

El manejo del fuego en Calakmul, Campeche: incendios forestales, gobernanza y variabilidad local de la precipitación

Monzón Alvarado, Claudia

Veröffentlichungsversion / Published Version

Zeitschriftenartikel / journal article

Empfohlene Zitierung / Suggested Citation:

Monzón Alvarado, C. (2018). El manejo del fuego en Calakmul, Campeche: incendios forestales, gobernanza y variabilidad local de la precipitación. *CIENCIA ergo-sum : revista científica multidisciplinaria de la Universidad Autónoma del Estado de México*, 25(3), 1-15. <https://doi.org/10.30878/ces.v25n3a1>

Nutzungsbedingungen:

Dieser Text wird unter einer CC BY-NC-ND Lizenz (Namensnennung-Nicht-kommerziell-Keine Bearbeitung) zur Verfügung gestellt. Nähere Auskünfte zu den CC-Lizenzen finden Sie hier:

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.de>

Terms of use:

This document is made available under a CC BY-NC-ND Licence (Attribution-Non Commercial-NoDerivatives). For more information see:

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0>

El manejo del fuego en Calakmul, Campeche: incendios forestales, gobernanza y variabilidad local de la precipitación

Monzón Alvarado, Claudia

El manejo del fuego en Calakmul, Campeche: incendios forestales, gobernanza y
variabilidad local de la precipitación

CIENCIA *ergo-sum*, vol. 25, núm. 3, noviembre 2018-febrero 2019 | e23

Universidad Autónoma del Estado de México, México

Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional.

Monzón Alvarado, C. (2018). El manejo del fuego en Calakmul, Campeche: incendios forestales, gobernanza y
variabilidad local de la precipitación. *CIENCIA ergo-sum*, 25(3). <https://doi.org/10.30878/ces.v25n3a1>

El manejo del fuego en Calakmul, Campeche: incendios forestales, gobernanza y variabilidad local de la precipitación

Fire management in Calakmul, Campeche: forest fires, governance and local rainfall variability

Claudia Monzón Alvarado
El Colegio de la Frontera Sur, México
cmonzon@ecosur.mx

Recepción: 08 de febrero de 2017
Aprobación: 04 de julio de 2017

RESUMEN:

Una buena quema agrícola se caracteriza por la combustión completa de biomasa y la propagación contenida del fuego. Partiendo de esta premisa, se documentan los conocimientos y prácticas de manejo de fuego agrícola en Calakmul, Campeche, además de analizar la medida en la que los campesinos ajustan sus prácticas según las variaciones en el patrón de precipitación, críticos para alcanzar una buena quema. La comparación de las prácticas y los registros meteorológicos evidencian el complejo entendimiento de los campesinos sobre el tiempo atmosférico, lo cual permite identificar prácticas de manejo de fuego en años secos y húmedos. Las conclusiones enfatizan en la importancia de considerar la variabilidad climática en el diseño de instituciones para un mejor ajuste con las condiciones locales claves para el manejo del fuego.

PALABRAS CLAVE: quemas agrícolas, saberes locales, cambio global, ajuste institucional.

ABSTRACT:

A good agricultural burn is characterized by a complete combustion of the biomass and the contained propagation of the fire. This article documents the local knowledge and practices of agricultural fire management in Calakmul, Campeche, and analyzes the extent to which farmers adjust their practices according to environmental conditions, particularly to variations in the precipitation pattern, critical for a good burn. The comparison of practices and meteorological registers suggests the complex understanding of farmers about the weather. Moreover, it allows the identification of the adjustments of fire management practices in dry and wet years. Finally, the paper emphasizes on the relevance of considering climate variability in the design of institutions that best fit the local conditions which are the key for fire management.

KEYWORDS: agricultural burns, local knowledge, global change, institutional fit.

INTRODUCCIÓN

El uso del fuego para la preparación de tierras es una práctica común en la agricultura tradicional de los trópicos (Hernández Xolocotzi *et al.*, 1995; Night y Diemont, 2013). A través de esta práctica, los seres humanos hemos tenido un importante impacto en el régimen del fuego; es decir, en la frecuencia, alcance e intensidad tanto a nivel local como global (Bowman *et al.*, 2011). El régimen de fuego está estrechamente vinculado con las condiciones atmosféricas, el clima regional y las características de los combustibles (Rodríguez-Trejo, 2008, Lavorel *et al.*, 2007). La continuidad de los combustibles está influenciada por la cobertura del suelo, mientras que su disponibilidad es resultado de la conjugación de la temperatura ambiental, humedad relativa, velocidad del viento y precipitación (Lavorel *et al.*, 2007). Dado que estas condiciones atmosféricas están cambiando a nivel global (IPCC; 2012, Jolly *et al.*, 2015), se esperan cambios en el comportamiento y régimen del fuego en el planeta (Flannigan *et al.*, 2009). El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) y el grupo de trabajo sobre adaptación al cambio climático han descrito posibles escenarios de la presencia del fuego en la tierra según diversos modelos de cambio climático (IPCC, 2012; Jolly *et al.*, 2015). De manera complementaria, la declaración de San Diego sobre el cambio climático y el manejo de fuego enfatiza sobre la importancia de diseñar e implementar políticas que consideren las variaciones de régimen del fuego asociadas al cambio climático (Oswald, 2007). A pesar de este reconocimiento, muchas de las

instituciones para el manejo de fuego son diseñadas sin considerar variables climáticas y atmosféricas ni su variación en el tiempo ni en el espacio (Carmenta *et al.*, 2013; Monzón-Alvarado *et al.*, 2014; Sorrensen, 2009). Siguiendo a Coughlan y Petty (2012), en este artículo se analiza el uso del fuego agrícola para entender los vínculos entre el conocimiento y adaptaciones locales para el manejo de fuego en Calakmul, México, pero además se incorpora un análisis institucional frente a la variación climática que incide en los resultados de las quemas agropecuarias. En este sentido se examina en qué medida los campesinos ajustan las prácticas de manejo de fuego según la variación interanual de las condiciones ambientales y en qué medida las instituciones para el manejo de fuego se ajustan a las condiciones ambientales locales. Para ello se analiza el marco institucional y se comparan las creencias, prácticas y condiciones ambientales alrededor del manejo de fuego agrícola que se realiza en años secos y en años húmedos.

1. ÉXITO DE LAS QUEMAS Y VARIABILIDAD ATMOSFÉRICA

Los usos tradicionales o locales del fuego han sido documentados en Bolivia (McDaniel *et al.*, 2005), Madagascar (Kull, 2002), Mali (Laris, 2002), Brasil (Mistry, 1998; Mistry *et al.*, 2005), Zambia (Eriksen, 2007), Canaima y Venezuela (Rodríguez, 2007). Aunque es común que los agricultores sean retratados como imprudentes y responsables de causar incendios forestales, todos estos estudios concluyen que los agricultores no queman sin pensarlo. Los agricultores que realizan quemas agropecuarias aspiran a tener una que sea buena, es decir, una en la que el fuego consuma la biomasa de manera homogénea y completa, así como una donde el fuego se mantenga contenido dentro del área de interés (Nigh y Diemont, 2013; Sorrensen, 2000; Monzón-Alvarado y Keys, 2016). El éxito de una quema agropecuaria depende de la implementación de actividades de organización y de monitoreo de las condiciones atmosféricas. Necesita también de una organización entre varias personas para contener focos secundarios que puedan surgir durante ésta. Además, requiere guardarrayas que aseguren la interrupción en la continuidad de los combustibles para contener el fuego dentro del área deseada. Además, precisa que la biomasa esté suficientemente seca y que haya vientos moderados que dispersen el fuego. El grado de humedad de la vegetación determina en buena medida el éxito de la quema (Sorrensen, 2000; Monzón-Alvarado y Keys, 2016). En consecuencia, las variaciones en los patrones de precipitación, temperaturas y humedad relativa que están asociados al cambio climático afectan los resultados de las quemas agropecuarias (Sorrensen, 2000; IPCC, 2012). En el mejor de los casos una quema agrícola consume el material combustible de manera homogénea y contenida dentro del área de interés. No obstante, los resultados de la quema caen en un continuo que abarca desde un mal quemado (vegetación chamuscada donde la combustión es incompleta) a un incendio (combustión descontrolada que abarca una superficie mayor a la planificada) (Monzón-Alvarado y Keys, 2016). Ambos extremos son dependientes de las condiciones atmosféricas, clima regional y formas de organización durante las quemas agropecuarias.

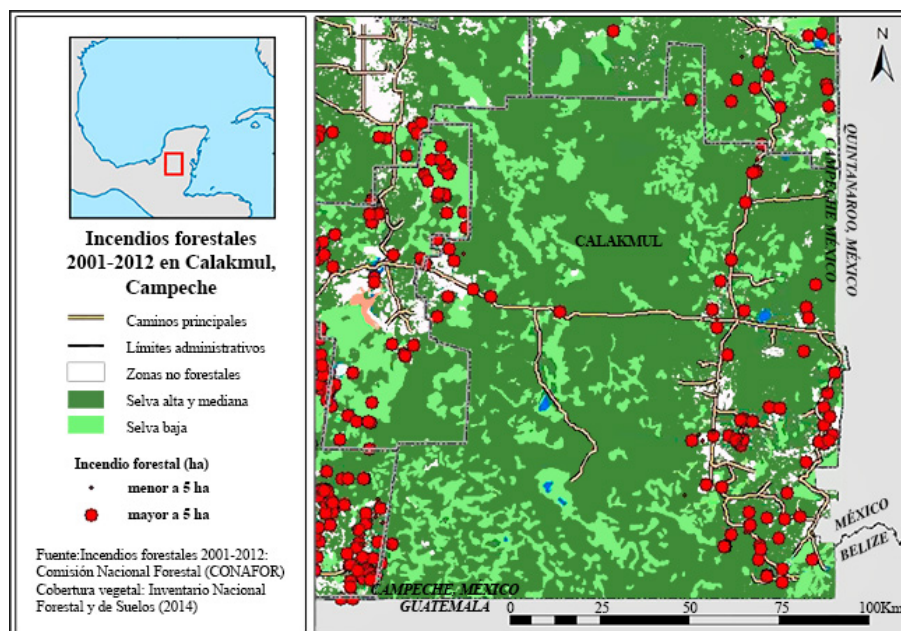
2. LA GOBERNANZA DEL MANEJO DE FUEGO FRENTE A LA VARIABILIDAD CLIMÁTICA

La gobernanza del manejo de fuego es entendida como el proceso de formulación, implementación, monitoreo y ajuste de las instituciones; es decir, las reglas, que promueven la prevención de incendios y el uso sustentable del fuego como herramienta de manejo (definición adaptada a partir de Ostrom, 2010; FAO, 2006). En otras palabras, estudia el sistema de reglas, pero también la forma como éstas son adoptadas, adaptadas o resistidas por la sociedad (Robbins, 1998). Las instituciones que regulan las quemas agropecuarias en el estado de Campeche son la Ley para hacer las quemas en el estado de Campeche (Gobierno del Estado de Campeche, 2015), así como la Norma Oficial Mexicana NOM-015 SEMARNAT/SAGARPA-2007 que establece las especificaciones técnicas de métodos de uso del fuego en

los terrenos forestales y en los terrenos de uso agropecuario. No obstante, el limitado grado de concordancia entre estas instituciones y las condiciones socio ambientales locales, conocido como el ajuste institucional (Folke *et al.*, 2007; Epstein *et al.*, 2015), tiene implicaciones significativas en las prácticas locales de manejo de fuego (Monzón-Alvarado *et al.*, 2014). El reto es diseñar e implementar reglas que se ajusten al contexto local, especialmente a las condiciones que influyen en la toma de decisiones de manejo de fuego. Con esta visión, analizo el desfase, o (des)ajuste institucional, entre las políticas públicas y las prácticas locales haciendo énfasis en la fuente de variación local asociada a la variación interanual de la precipitación.

3. METODOLOGÍA

El estudio se desarrolló en el municipio de Calakmul, localizado al sur de la península de Yucatán, en el estado de Campeche. Este municipio tiene una extensión de 13 839 km² (INEGI, 2010). Esta superficie se encuentra protegida en dos terceras partes mediante la Reserva de Biosfera de Calakmul (RBC) y los parques estatales de Balam-Ku y Balam-Kin. Una de las amenazas para la conservación de selvas altas y medianas del sureste mexicano es la ocurrencia de incendios (Rodríguez-Trejo, 2014). Los registros oficiales de incendios en la región indican que muchos de ellos son ocasionados por el uso del fuego agropecuario (Conafor, 2014). En consecuencia, es conveniente analizar la práctica de uso del fuego en el área de interés. Si bien ésta no es una de las áreas de mayor afectación por incendios de la región (mapa 1), es interesante para fines del estudio del manejo de fuego, ya que ha sido testigo de diversas iniciativas para la prevención de incendios. Muchas de estas intervenciones han sido enmarcadas dentro del objetivo de prevenir incendios para reducir esta fuente de presión sobre la biodiversidad y la conservación de hábitats.



MAPA 1

Localización del municipio de Calakmul y los incendios forestales de la región

Fuente: elaboración propia.

Se analizaron los patrones de precipitación, ocurrencia de incendios y las prácticas en torno a las quemas agropecuarias en dos niveles (tabla 1). A nivel municipal se incluyó un análisis regional del contexto de manejo de fuego en el municipio de Calakmul a partir de los registros de incendios, avisos de quemas y análisis de los patrones de precipitación durante la temporada de incendios (marzo a mayo). Se optó por analizar la

precipitación, aunque se reconoce que el éxito de una quema agropecuaria depende de la humedad relativa, velocidad del viento y la lluvia. Esta decisión fue sustentada por una investigación previa en la zona que documenta que la precipitación influye fuertemente sobre las otras condiciones para definir la probabilidad de éxito de una quema agropecuaria (Monzón-Alvarado *et al.*, 2014).

TABLA 1
Descripción de las variables consideradas en este análisis

Variable	Descripción	Fuente
Precipitación	Registros de la estación automatizada de Calakmul durante marzo, abril y mayo entre 2003 y 2012	Comisión Nacional del Agua
Incendios	Registros de incendios de 2003 a 2012 para el municipio de Calakmul	Departamento de incendios de Conafor
Avisos de quemas	Registro de los avisos de quema que campesinos tramitaron ante protección civil de Calakmul en 2012	Protección Civil, Calakmul
Institucional	Ley de quemas del estado de Campeche actualizada al 2015	Gaceta legislativa de Campeche, 11 de marzo de 2015
Institucional	NOM-015 SEMARNAT/SAGARPA-2007	Diario Oficial, 16 de enero de 2009
Institucional	Percepción sobre el marco institucional para el manejo de fuego por parte de diferentes actores de gobierno (Conanp, Conafor, municipio, Protección Civil), academia, ejidos y ONG	Entrevistas a autoridades del gobierno (14) y ejidales (12), así como participación en talleres y reuniones de trabajo (6)
Conocimiento local sobre manejo de fuego	Criterios para determinar el momento y la forma de quemar. Descripción de las actividades previas durante y posteriores a la quema	Observación participante de seis quemas, mapeo participativo y entrevistas a 18 productores

Fuente: elaboración propia.

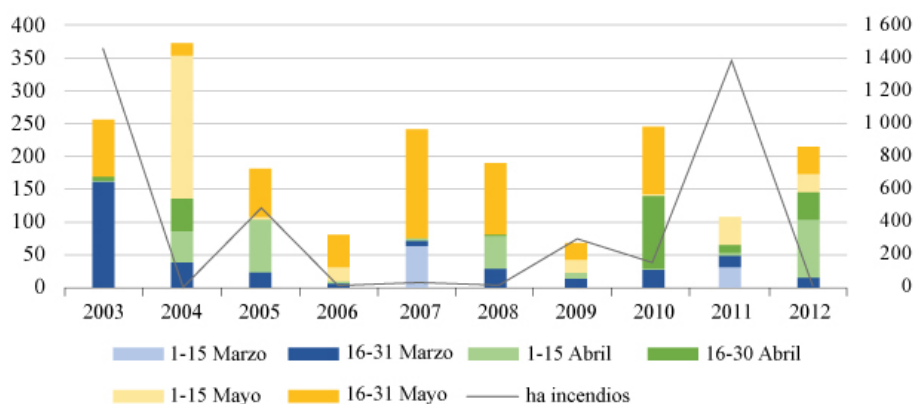
Se revisó la normatividad aplicable en materia de manejo de fuego y prevención de incendios, especialmente la Ley para hacer quemas en el estado de Campeche (Gobierno del Estado de Campeche, 1993; Congreso del Estado de Campeche 2015) y la Norma Oficial Mexicana para el uso del fuego en terrenos forestales y agropecuarios: NOM-015 SEMARNAT/SAGARPA-2007. A partir de estos dos instrumentos legales se elaboró una guía de observación de quemas y una guía para entrevista semiestructurada que permitieran identificar la medida en que las recomendaciones oficiales eran practicadas por los agricultores de Calakmul. La comprensión del contexto institucional sobre el manejo de fuego fue complementada con entrevistas y talleres de trabajo con actores del gobierno, academia, autoridades locales y representantes de ONG.

A nivel local se seleccionaron seis localidades al este de la RBC con diferente grado de afectación por incendios en el periodo 2003-2012. Las temporadas de incendios de 2011 y 2012 fueron contrastantes en términos de ocurrencia de incendios y variación en los patrones de precipitación. Al indagar sobre las prácticas de manejo de fuego en ambos años fue posible estudiar los ajustes que los campesinos hacen en sus prácticas según el patrón de las lluvias y el tiempo atmosférico. Se realizó la observación participativa de seis quemas agropecuarias que se llevaron a cabo entre abril y mayo de 2012 usando la guía de observación; de esta forma, fue posible identificar en qué medida los usuarios del fuego se apegan a las recomendaciones oficiales. Además, se entrevistó a 18 campesinos para indagar sobre sus prácticas, la lógica detrás de sus acciones y el grado de concordancia entre las prácticas locales de manejo de fuego y las recomendaciones oficiales. Las preguntas estaban orientadas a contrastar las prácticas que los usuarios del fuego hicieron en 2011 y 2012 para identificar los ajustes en el manejo del fuego.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4. 1. Los incendios forestales y las quemas agropecuarias en Calakmul

Entre 2003 y 2012, los incendios afectaron 3 956 ha en el municipio de Calakmul (Conafor, 2015). Durante los meses de mayo, 90% de las selvas resultó afectado. Además, se identifica que en la década de estudio se han registrado años con fuerte impacto de incendios: en 2003, 1 463 ha y 2011, 1 371 ha. En estos dos años se quemó 71% de la superficie y se presentó el mayor número de incendios, con 14 y 19 respectivamente (gráfica 1); le sigue 2005 con 10 incendios y 457 ha. El análisis de los registros permite también destacar que hay años con múltiples incendios, pero que no perjudicaron superficies extensas. En 2002 y 2010 se registraron nueve incendios que dañaron menos de 150 ha, en 2004 ninguno, mientras que en 2006, 2008 y 2012 la superficie anual fue inferior a 20 ha.



GRÁFICA 1

Superficies afectadas por incendios forestales y variación de la precipitación en Calakmul, Campeche

Fuente: elaboración propia a partir de registro de incendios de Conafor 2002-2015 (Conafor, 2015) para el municipio de Calakmul y datos de la Estación Meteorológica Automatizada de Calakmul (Comisión Nacional del Agua).

De acuerdo con los registros meteorológicos de la estación automatizada de Calakmul, entre 2002 y 2012, durante los meses de marzo a mayo, el promedio de precipitación fue de 197.4 mm [desviación estándar (DE) 92.2]. En este sentido, 2006 y 2009 fueron secos en particular dado que registraron una precipitación de 83 mm y 70 mm respectivamente. Por el contrario, 2004 fue húmedo, pues alcanzó 383 mm de precipitación entre marzo y mayo. Es interesante notar que no hay una relación aparente entre la precipitación acumulada entre marzo-mayo y la frecuencia de incendios. En 2006, a pesar de ser un año atípico seco, se registraron nada más dos incendios que afectaron 17 ha, en tanto que 2003, el año con mayor afectación del periodo de estudio, registró una precipitación por encima del promedio. Esto contradice el supuesto de que en años más secos habrá mayor ocurrencia de incendios.

Más allá de analizar la precipitación acumulada, es importante estudiar el patrón de lluvias y su efecto en la ocurrencia de incendios. Con base en las entrevistas, los campesinos consideran que es clave identificar el momento en el que caen las primeras lluvias, así como el número de días consecutivos sin ellas. Esto coincide con los elementos identificados por Sorrensen (2000) en la Amazonia, así como con los criterios a considerar para realizar quemas prescritas (Melton, 1996; Wade, 2013). El análisis en Calakmul evidencia que 2003 fue problemático porque, aunque la precipitación rebasó 250 mm, la mayor parte de la lluvia cayó en la última semana de marzo (163 mm) y en los últimos diez días de mayo (85 mm). En consecuencia, a lo largo de 52 días se registró una precipitación de 8.6 mm en cuatro episodios de lluvia.

5. LA PRÁCTICA DE LAS QUEMAS AGRÍCOLAS

El municipio de Calakmul, a través de la unidad de Protección Civil, lleva un registro de los avisos de quema que los habitantes de la entidad solicitan año con año. Durante 2012 hubo 2 871 avisos de quema agropecuaria (cuadro 1), de los cuales 61% fue para quemar vegetación secundaria, 33% de la superficie corresponde a potreros y un 6% a superficies agrícolas mecanizadas.

CUADRO 1
Avisos de quemas gestionados durante el 2012 en Calakmul, Campeche

Variable	Cantidad	Proporción (%)
Quemas en vegetación secundaria con menos de 1 año de reposo (ha)	4 215	26
Quemas en vegetación secundaria con más de 1 año de reposo (ha)	5 581	35
Quemas en pasto natural (ha)	1 019	6
Quemas en terrenos mecanizados (ha)	76	0
Quemas en potreros (ha)	5 331	33
Superficie total quemada (ha)	16 084	
Número de quemas (avisos)	2 871	
Superficie promedio a quemar por evento (ha)	6	

Fuente: elaboración propia de acuerdo con datos registrados en avisos de quemas (2012) proporcionados por la oficina de Protección Civil en el municipio de Calakmul, Campeche.

Como dato complementario es importante recalcar que en el municipio de Calakmul las zonas de producción agropecuaria se encuentran inmersas en una matriz de selvas medianas, bajas y bajos inundables. Esto resulta en una importante interface entre zonas productivas y zonas forestales que ante una posible pérdida de control de la quema agropecuaria puede conducir a un incendio forestal. De las 18 quemas agropecuarias estudiadas, 13 colindan con selvas y acahuales de más de 15 años. En este contexto del paisaje productivo de Calakmul se evidencia la baja incidencia de incendios forestales comparado con el número de quemas que se hacen en la región. Estos datos ponen de manifiesto el conocimiento local sobre las quemas agrícolas que permite la prevención de incendios.

6. PREPARACIÓN DEL TERRENO Y ESTABLECIMIENTO DE LA GUARDARRAYA

Los agricultores se dedican a preparar su terreno meses antes de la quema. El momento en que se corta la vegetación de la parcela es determinante en el resultado. Los agricultores coinciden en que la vegetación debe estar completamente seca para alcanzar la combustión completa. Sin embargo, según las entrevistas, el tiempo destinado al secado de la roza varía entre dos hasta diez semanas. Esto depende del tipo de vegetación a quemar, del grado de avance con las actividades de preparación del terreno (tumba y roza de vegetación y el establecimiento de guardarrayas) y del tiempo y mano de obra disponible del agricultor.

Antes de la quema, los agricultores establecen guardarrayas; es decir, hacen franjas desprovistas de vegetación que interrumpen la continuidad del combustible y previenen la propagación del fuego. En la Amazonia brasileña se ha documentado una importante variación en las tasas de adopción del establecimiento de guardarrayas (Bowman *et al.*, 2008; Carmenta *et al.*, 2013; Sorrensen, 2000). En Calakmul, 61% de los entrevistados estableció una guardarraya alrededor de todo el perímetro del terreno a quemar y un 28% adicional estableció su guardarraya en al menos la mitad del perímetro. Un agricultor dijo: “El problema si no hacemos la guardarraya es para nosotros mismos. La mayoría de la gente aquí hace su guardarraya porque si no el problema es más grande cuando el fuego se pasa a una zona de reforestación o si quema el terreno del vecino”. Además, los entrevistados con superficies de pastos y apiarios mencionan que mantienen limpias de vegetación las áreas alrededor de los cercos y las colmenas para protegerlos de posibles incendios.

7. LA ELECCIÓN DEL MOMENTO DE LA QUEMA

Los agricultores eligen cuidadosamente el momento para hacer su quema. Monitorean las condiciones atmosféricas, sobre todo el viento y la lluvia. Si las condiciones son demasiado húmedas, el fuego no se extiende. Por el contrario, las condiciones secas son más propensas a dar lugar a focos de fuego secundarios, en especial en condiciones de viento cambiantes. Los agricultores monitorean las condiciones climáticas locales a través de la observación directa. Un agricultor manifestó que “en 2011 no hubo ni una llovizna en abril o mayo. El monte estaba muy seco. Yo esperé a que cayera un poco de agua porque si no la lumbre se va, aunque haya guardarraya se va. Es mejor así, sabemos que después de dos o tres días de lluvia, ya no llueve por unas semanas y allí es que podemos quemar, y es como aquí no pasó nada”.

Los agricultores utilizan indicadores prácticos y costo-efectivos, por ejemplo, mediante la identificación de cambios en el comportamiento de ciertas aves y hormigas. Como se documenta en la Amazonia brasileña (Sorrensen, 2000), alrededor de una cuarta parte de los agricultores esperan la primera lluvia antes de quemar y así reducir la inflamabilidad del combustible. Esta práctica es particularmente referida durante los años más secos. Según los campesinos esta lluvia “disminuye el calor del desmonte”.

Otra creencia sostenida por muchos es que las primeras lluvias son siempre alrededor del Día de la Cruz (el 3 de mayo). Por el contrario, los registros meteorológicos de la Estación Automatizada de Calakmul indican que entre 2003 y 2012 para el trimestre marzo-abril-mayo se registraron los mayores volúmenes de precipitación durante mayo en sólo cinco de diez años. A su vez, en 2004 y 2011 se registraron lluvias significativas (mayores a 25% de la precipitación del periodo) durante la primera semana de mayo. No obstante, durante 2012 se registraron lluvias en las primeras tres semanas de abril que reflejan 61% de la precipitación del trimestre.

La variación en el momento de las lluvias afecta la elección del momento para la quema. Por lo general, las quemas deben quedar concluidas antes de que inicie la temporada de lluvias, alrededor de la segunda quincena de mayo. Sin embargo, una de las autoridades ejidales entrevistadas a fines de mayo de 2012 estimaba, para ese entonces, que la mitad de los agricultores no había podido hacer su quema debido a las lluvias que se presentaron en abril y la impidieron.

Otra creencia identificada está asociada al momento de la quema y las fases de la luna. Dos agricultores comentaron que la fase de la luna es un indicador de tiempo apropiado para plantar las semillas, ya que influye en la tasa de crecimiento y frondosidad de las plantas. Asimismo, explicaban que también observan la luna para decidir cuándo quemar dado que el viento es afectado por el ciclo lunar. En consistencia con estudios similares en la Amazonia brasileña (Mistry, 1998; Mistry *et al.*, 2005), estos dos campesinos mencionaron que después de la luna llena los vientos son más favorables para una buena quema. Mistry (1998) reporta que los campesinos de la Amazonia brasileña consideran que quemar durante la fase creciente de la luna o en luna nueva conlleva a tasas más rápidas de crecimiento de los cultivos, aunque con poca frondosidad. Si queman en la fase menguante de la luna, los cultivos desarrollan más hojas, pero a una tasa de crecimiento más lenta. La etnia Kraho', en la Amazonia, considera además que quemar en la luna llena conlleva a mejores quemas que producen mucha ceniza para fertilizar el suelo. Los pastos y cultivos crecen rápido y con menos malezas y enfermedades (Mistry *et al.*, 2005). En Calakmul, la relación entre la luna y las quemas nada más la mencionaron dos personas, pero coincide con los hallazgos en otras áreas. Dado que este factor interviene en las decisiones de manejo de fuego, podría estudiarse con mayor detalle.

8. LA IGNICIÓN DE LA QUEMA

Los agricultores entrevistados mencionaron que se organizan para realizar su quema; por ejemplo, 61% de los participantes quemó en grupos de dos o tres personas. En todos los casos prenden fuego a la vegetación usando cerillos o antorchas improvisadas hechas de hojas de palma guano. Por lo regular dos personas

inician la ignición en un punto en común y avanzan a lo largo del perímetro en direcciones opuestas para hacer una quema circular. Una vez concluida la ruta de ignición, los participantes se ubican en puntos convenidos para monitorear la quema (figura 1). La quema circular, descrita en la NOM-015 SEMARNAT/SAGARPA-2007, permite alcanzar quemas intensas indicadas para la preparación de suelos previo a siembras o procesos de regeneración (Brenner *et al.*, 2014). Este método de ignición se describe también en las quemas agropecuarias de Brasil para agricultores indígenas y no indígenas (Mistry *et al.*, 2005; Carmenta *et al.*, 2013). Respecto a la dirección de la quema en relación con el viento, un poco más de la mitad de agricultores (56%) comienza la quema circular a favor del viento. Un campesino menciona en la entrevista: “Sabemos que la quema contra el viento es más segura, pero, como quemamos en grupos y hacemos guardarrayas, este año quemé con el viento”. Otro agricultor mencionó que para el mantenimiento de pastos es importante quemar a favor del viento para promover una quema rápida que no afecta a las raíces de los pastos. Quienes queman en contra del viento mencionan que esto resulta en una quema más lenta y homogénea, pero solamente si la dirección del viento es constante. Una vez que se enciende todo el perímetro del terreno, la quema modifica los patrones del viento.

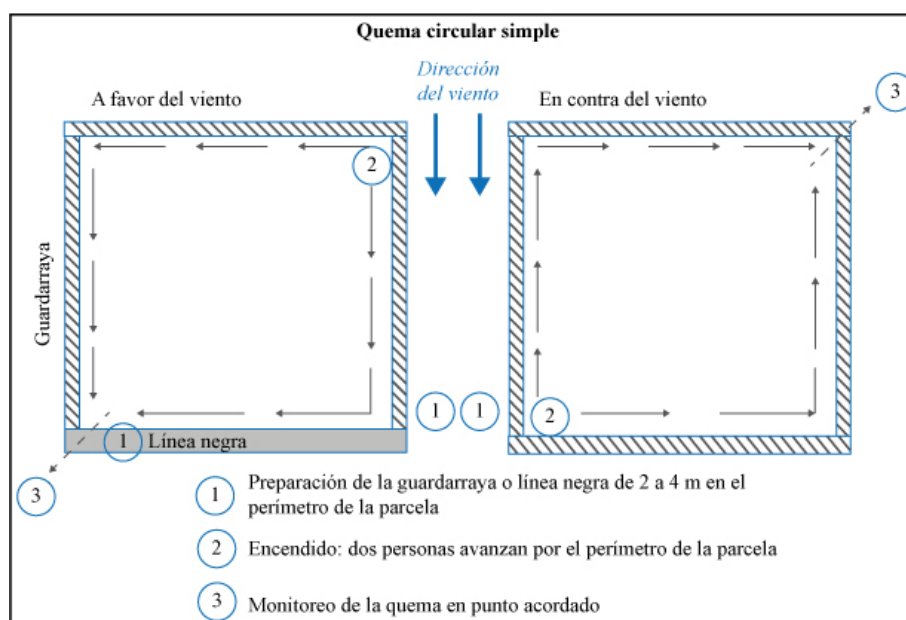


FIGURA 1

Fases de una quema circular simple realizada a favor y en contra del viento

Fuente: elaboración propia a partir de observaciones y entrevistas.

Todos coinciden en que la quema circular permite un mayor control del fuego. Una vez que se consume el combustible en el perímetro, el área quemada sirve como una barrera y reduce la probabilidad de focos de fuego secundarios. Además, el calor se concentra en medio del terreno lo que promueve el control de la quema. Si bien este es el caso para la conducción del fuego en el suelo, no es el caso para la dispersión por aire. La alta intensidad de la quema, los vientos erráticos y la concentración de calor incrementan la posibilidad de focos secundarios esparcidos en el aire mediante pavesas.

En este sentido, un agricultor agregó: “Es común que una quema se salga de control, pero no afecta más de media hectárea porque la gente se organiza y apaga el fuego”. Una vez encendido, los agricultores monitorean la quema revisando el perímetro para apagar cualquier chispa. Consideran que esos primeros momentos son críticos y están pendientes por cerca de una hora. Dejan la parcela ardiendo y se van a sus casas a descansar y a refrescarse. Regresan en la noche o el día siguiente para evaluar la quema.

9. EL AJUSTE INSTITUCIONAL: ENTRE LAS REGLAS Y LA PRÁCTICA

La evidencia de campo a partir de observaciones y entrevistas refleja que los campesinos de Calakmul consideran diversas actividades de manejo de fuego para lograr quemas homogéneas y controladas. Las secciones anteriores describen cómo dentro de sus prácticas consideran el monitoreo del tiempo atmosférico y la humedad de la biomasa para encontrar el momento idóneo. Además, consideran las actividades de preparación del terreno previo a la quema y otras actividades asociadas con la ignición y la organización para prevenir los incendios forestales. Durante las entrevistas se pudo constatar que los campesinos hacen ajustes en sus prácticas de manejo de fuego según las condiciones atmosféricas. La tabla 2 compara las prácticas de manejo de fuego en años secos (usando como referencia el 2011) y años normales (referencia 2012). Estas son comparadas también con la práctica que especifica la Ley para hacer las quemas en el estado de Campeche y la NOM-015 SEMARNAT/SAGARPA-2007 para el manejo de fuego agropecuario y forestal.

TABLA 2
Instituciones y prácticas de manejo de fuego considerando la variabilidad climática interanual

Actividad	Regulación	Práctica en años secos	Práctica regular	Frecuencia observada en 2012
Establecer la guardarraya (GR)	Debe ser de 5 a 10 m de ancho	GR de 2-4 m	GR de 1-2 m	GR 1-2 m = 88% GR > 2 m = 12%
	Debe hacerse en todo el perímetro de la parcela	Especialmente cerca de vegetación inflamable (pastos, helechos). Efectividad de GR cuestionada en años secos	No siempre en todo el perímetro, creencia de que ciertos tipos de vegetación fungen como barrera natural	61% hace GR en todo el perímetro y 89% hace GR en más de la mitad del perímetro
Momento de la quema	Debe quemar entre 4 y 11 am	La mayoría evita quemar en las horas más calurosas	La mayoría quema entre 1 y 5 pm	83% quema entre 2 y 5 pm
	Debe quemar según calendario de quemas	No siempre coinciden fechas Depende de lluvias	En general coincide en Calakmul, pero no para el resto del estado	94% quemó durante periodo oficial
	Debe quemar en la fecha marcada en el aviso de quemas	Muchos esperan algunas lluvias ligeras para reducir la inflamabilidad del combustible	Todos esperan las condiciones atmosféricas propicias, aunque no coincidan con la fecha del aviso	En 16% de las quemas sí coincidió la fecha del aviso y la de la quema
Método de quema	Debe ser en contra de la dirección del viento	Todos hacen quemas circulares Algunos empiezan a favor del viento	Todos hacen quemas circulares Algunos empiezan a favor del viento	100% hace quema circular 56% empieza a favor del viento
	Deben participar cinco personas en áreas < 5 ha, en áreas de 6-20 ha, diez personas	La mayoría quema en grupos de tres y cinco personas	La mayoría quema en grupos de dos o tres personas	Grupos de dos o tres personas = 61% grupos > tres personas = 33%

Fuente: elaboración propia de acuerdo con especificaciones de la ley de quema y resultados del trabajo de campo.

Durante las entrevistas y visitas a las parcelas se pudo constatar que durante el año de trabajo de campo (2012) en Calakmul la tasa de adopción de guardarrayas fue elevada. No obstante, existen inconsistencias con las recomendaciones oficiales respecto al ancho de la guardarraya: en años normales o húmedos es de 1-2 m. Aún en años secos los campesinos hacen guardarrayas de 2-4 m, aunque la recomendación es hacerla de 5-10 m. Para los campesinos no tiene sentido dada la inversión de tiempo y recursos para establecer una

guardarraya de esa amplitud. Por ejemplo, en una parcela de 2 ha (100 x 200 m) establecer una guardarraya de 5-10 m implicaría limpiar de 3 000 a 6 000 m², comparado con los 600-1 200 m² que se requieren para limpiar una guardarraya de 1-2 m. Si bien muchos agricultores en Calakmul reconocen la importancia de establecer las guardarrayas (61% la establece en todo el perímetro de su parcela), también cuestionan su eficacia para prevenir incendios, sobre todo en años secos. Un agricultor mencionó que “cuando el clima es muy seco y se dispara una ráfaga de viento, no hay guardarraya que sirva porque la pavesa alcanza a volar lejos, unos 50 metros”. En ese contexto de sequía prolongada, muchos esperan la llegada de las primeras lluvias o bien quemar en las horas menos calurosas de manera que se atenúe la inflamabilidad de los combustibles.

Respecto al momento de la quema, es regulado por la Ley para hacer las quemas en el estado de Campeche y la NOM-015 SEMARNAT/SAGARPA-2007 a través de tres aspectos. Recomiendan quemar temprano, antes del mediodía. No obstante, pocos siguen esta práctica, en especial en años normales o húmedos, dado que los campesinos buscan alcanzar una quema intensa que consuma el material vegetal y la humedad relativa de las primeras horas del día no permite la combustión (véase Monzón-Alvarado, Keys y Waylen, 2014, para una descripción detallada). Por el contrario, en años secos los usuarios del fuego aprovechan más esas primeras horas del día para hacer la quema, ya que al mediodía, dada las condiciones de sequía generalizada, hay mayor riesgo de provocar un incendio.

Un segundo mecanismo es mediante el calendario de quemas del estado de Campeche que especifica los periodos en los que las regiones del estado deben realizar sus quemas. Este es revisado cada año por un comité técnico integrado por funcionarios de la Comisión Nacional Forestal (Conafor), el Centro Estatal de Emergencias de Campeche (Cenecam) y la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales de Campeche (Semarnat-Cam). El calendario de quemas en Calakmul ha tenido ajustes. En 2002 hubo una modificación en el calendario, como resultado de movilizaciones indígenas, para hacerlo coincidir mejor con el inicio de la temporada de lluvias (Mathews, 2005). Los ajustes del calendario también son dictados por el estado cuando las condiciones climáticas se comportan de modo inesperado. En 2011 el calendario de quemas se suspendió durante las primeras semanas de mayo debido a la ausencia total de lluvias y al incontrolable número de incendios.

Es importante notar que las fechas especificadas en el calendario coinciden bien con las condiciones ambientales necesarias para una buena quema en Calakmul, pero no en otros municipios del Estado. Basta con ver un mapa de puntos de calor de inicios de mayo en cualquier año para observar que hay quemas en todo el estado, independientemente de lo estipulado en el calendario. Se invierten miles de pesos en la difusión de un calendario de quemas que no se ajusta a las condiciones locales necesarias para una buena quema (Monzón-Alvarado *et al.*, 2014). Una mayor capacidad de las instituciones de ajustarse a los contextos locales mejoraría la capacidad adaptativa del sistema (Holling, 2001). En otras palabras, en la gestión de los recursos naturales, un régimen probablemente fracasará si carece de la flexibilidad necesaria para ajustarse (Mathews, 2005). Es necesario reflexionar sobre la importancia de proponer instituciones de manejo de fuego que respondan a las variaciones espacio-temporales de las condiciones atmosféricas de los combustibles, así como elementos socio productivos.

Un mecanismo adicional que regula el momento de la quema está vinculado a los avisos de quema. Previo a la temporada de quemas, las autoridades ejidales y municipales en Calakmul convocan a reuniones para que los usuarios del fuego indiquen a sus autoridades locales el día en que realizarán su quema, la superficie y tipo de vegetación a quemar. A partir de esta información se generan listados por ejidos que son llevados a las oficinas de protección civil. Posteriormente los responsables municipales revisan la información y emiten cartas a cada uno de los solicitantes. En estos oficios se especifica la información asociada a cada solicitud (nombre del solicitante, ejido de procedencia, día y hora de la quema, superficie y tipo de vegetación a quemar), así como un recordatorio de las implicaciones de incumplir con la ley.

Al comparar el número de avisos de quemas con el número de productores de maíz (según INEGI, 2010), se estimó que en tres de los seis ejidos estudiados, 100% de los productores da aviso a las autoridades municipales. En los otros tres ejidos esta proporción oscila entre 40 y 75%. Muchos comentaban que lo hacían porque era un trámite sencillo que les permitía estar “del buen lado de la ley”. Incluso, algunos entrevistados mencionaban que llevaban consigo su permiso de quemas al momento de quemar en caso de que hubiera alguna operación de monitoreo por parte del gobierno.

La gestión del aviso de quemas por parte de los usuarios del fuego evidencia el deseo de hacer un uso responsable del fuego. Si bien el trámite en el municipio es relativamente sencillo, el hecho de que se requiera que los usuarios especifiquen una fecha y hora probable no parece ser funcional. Según las entrevistas, solamente en 16% de los casos los campesinos quemaron en la fecha indicada en su aviso. Esto se debe a que los usuarios del fuego hacen ajustes debido a variaciones meteorológicas para aumentar la seguridad y efectividad.

ANÁLISIS PROSPECTIVO

Los resultados de esta investigación proporcionan elementos de interés para discutir sobre el diseño e implementación de mejores instituciones para el manejo del fuego. Tanto la NOM-015 como la Ley para hacer las quemas en el estado de Campeche pueden ser fortalecidas mediante ciertos ajustes que se sustentan con los resultados de esta investigación, como las especificaciones sobre la hora de la quema o el ancho de la guardarraya. No obstante, más que hacer recomendaciones puntuales sobre los ajustes de estos instrumentos, deseo discutir sobre la dirección hacia donde debería de transitar el uso del fuego agropecuario.

La Ley para hacer las quemas en el estado de Campeche indica en el artículo 21 que “será obligación de las autoridades del Estado y de los municipios efectuar todos los trabajos que estén a su alcance a fin de que sea desterrada la costumbre de usar el sistema de roza, tumba y quema, tecnificando la agricultura”. Esta visión está lejos de ser alcanzada, ya que a nivel local no se perciben alternativas viables para el abandono del uso del fuego agropecuario (Eastmond y Faust, 2006; Monzón Alvarado *et al.*, 2016). Un escenario deseable para el manejo del fuego agropecuario y la sustentabilidad de esta práctica es que se logre transitar de una premisa de “desterrar el uso del fuego agropecuario” hacia una de “uso responsable del fuego agropecuario”. Pero, ¿qué implica el uso responsable del fuego agropecuario? Consiste en alcanzar los objetivos de una quema agropecuaria en la que se logra una quema de alta intensidad que consume todo el combustible y a la vez se logra contener el fuego dentro del área de interés teniendo control del fuego y previniendo incendios.

Estos objetivos se relacionan con elementos de producción, reproducción cultural y protección al patrimonio y ambiente. Ello implica que el diseño e implementación de políticas y programas de manejo del fuego deben ser abordadas por equipos intersectoriales que garanticen la protección ambiental, la producción de alimentos y la reproducción cultural asociada al manejo del fuego. Si bien hay algunas tendencias hacia la inclusión de estos elementos, por ejemplo mediante el concepto de manejo integrado de fuego (Rodríguez Trejo, 2008) o la gradual incorporación del concepto de “uso responsable del fuego”. En el gobierno del estado de Campeche a partir de 2016 y hasta este momento el manejo de fuego se aborda exclusivamente desde la óptica de protección. Este sesgo queda reflejado en la NOM-015 y las leyes de uso del fuego agropecuario de Campeche centradas en prevenir incendios sin considerar aspectos productivos o culturales.

Desde un punto de vista académico, se ha propuesto que el manejo del fuego sea abordado como un sistema socioambiental complejo que debe ser estudiado de manera integral y multidisciplinaria para comprender mejor la dimensión humana del manejo del fuego (Bowman *et al.*, 2011; Carmenta *et al.*, 2011; Coughlan y Petty, 2012). De tal suerte, el manejo de fuego debe partir de reconocer que las decisiones sobre su uso

y los efectos en el paisaje se rigen por elementos físicos, biológicos, económicos, políticos y culturales. En particular, es necesario abordar el manejo de fuego desde la perspectiva productiva en la que se reconoce su uso como una herramienta eficaz y que el alcanzar una buena quema es el primer paso para una buena cosecha. Esta aseveración es resultado del trabajo que se realizó, pero coincide con lo que académicos en otras latitudes han propuesto (véase Sorrensen, 2009, para un análisis de las políticas de manejo de fuego en Brasil). A su vez, el uso del fuego representa un mecanismo de reproducción cultural asociado a la producción de diversos alimentos mediante las milpas (Hernández Xolocotzi *et al.*, 1995; Nigh y Diemont, 2013). Esta práctica debe ser respetada como tal por todas las autoridades. Desde el punto de vista político, transitar hacia el uso responsable del fuego implica el co-manejo en el que autoridades, implementadores y usuarios participan en el diseño de las instituciones que promueven el uso responsable del fuego agropecuario.

Finalmente, estas instituciones deben transitar de una visión autoritaria y restrictiva hacia una que permita que los usuarios maximicen su capacidad para adaptarse a las condiciones ambientales y alcancen una quema segura y efectiva. El diseño e implementación de tales instituciones debe de reconocer y promover la diversidad de conocimientos locales respecto al manejo de fuego agropecuario, como los que se evidencian en esta investigación. Además, dichas instituciones deben estar basadas en el fortalecimiento de instrumentos que promuevan y maximicen la capacidad de los usuarios del fuego a hacer los ajustes necesarios para alcanzar sus objetivos de las quemas. Las políticas y programas de manejo de fuego agropecuario deben promover las capacidades de monitoreo ambiental (por ejemplo, el monitoreo de combustibles y el tiempo atmosférico), la capacidad de organización y de definición de reglas locales, así como la definición de sistemas de sanciones e incentivos graduales.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La práctica y el conocimiento del uso del fuego agropecuario se han estudiado en diferentes contextos y tales investigaciones han llegado a la conclusión de que los agricultores tienen un complejo entendimiento sobre el manejo de fuego. Sin embargo, vivimos en un mundo dinámico, con cambios climáticos y medioambientales constantes, así como fuerzas políticas volubles y aspectos socioeconómicos variables. Por lo tanto, el manejo de fuego efectivo debe considerar el conocimiento local sobre cómo utilizarlo, pero además responder a la pregunta sobre cómo los agricultores lo pueden manejar de manera adaptativa en años críticos.

Este documento describe varias medidas que los agricultores consideran para ajustarse a la incertidumbre climática como el método de quema circular que permite una quema de alta intensidad. El monitoreo de las condiciones atmosféricas locales descrito en este artículo (véase la sección de la práctica de las quemas agrícolas) permite a los agricultores ajustar sus prácticas de acuerdo con las condiciones percibidas. Se adaptan a las diferentes condiciones climáticas entre años y emplean diferentes medidas preventivas para evitar los incendios no controlados, especialmente en los años más secos, cuando hay más combustible disponible y mayores peligros y riesgo de incendio. En años más secos los agricultores identifican sus mejores prácticas para prevenir incendios: *a)* establecen guardarrayas más amplias para interrumpir los combustibles y la dispersión del fuego. Mencionan que es recomendable hacer guardarrayas de 2 m de ancho en lugar de 1 m. Además, *b)* queman más temprano en la mañana para beneficiarse de la mayor humedad y los vientos por lo general más lentos y *c)* esperan algunas lluvias ligeras antes de las quemas para reducir la inflamabilidad del combustible.

El factor climático curiosamente se identifica como parte del problema en los incendios forestales, pero rara vez se menciona como parte de la solución (Carmenta *et al.*, 2013). Desde una perspectiva de gestión, es crucial entender qué condiciones conducen a quemas controladas y combustión completa. La creación de sistemas de monitoreo de alerta temprana basados en la predicción de condiciones climáticas de peligro podría reducir la probabilidad de incendios forestales, siempre y cuando esta información sea accesible con la facilidad para los usuarios. Además, debe ser relevante para ellos y, por tanto, la importancia de

comprender la realidad local y la necesidad de información del agricultor. México tiene diversas agencias federales y estatales que monitorean las condiciones climáticas y la actividad de incendios a partir de sensores remotos. Sin embargo, como lo discutió Eakin (2005), existe un desafío importante de generar información que capture la variación espacial en la precipitación y otras variables climáticas importantes, así como hacer que estos pronósticos estén disponibles de manera oportuna para los agricultores que utilizan el fuego. En este sentido, la investigación futura podría examinar los umbrales meteorológicos que conducen a resultados de quemas deseables utilizando un enfoque que considere tanto la localidad como la variación interanual de las condiciones climáticas.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a las autoridades ejidales y campesinos de las seis comunidades que donaron su tiempo y energías para documentar y compartir su conocimiento sobre el manejo de fuego agropecuario. También a quienes me apoyaron durante el trabajo de campo y participaron en talleres y al enriquecimiento de esta investigación: Angélica Padilla Hernández (Pronatura Península de Yucatán), Pánfilo Fernández Flores (Conafor), José Zúñiga Morales y Miguel Álvaro Méndez (Reserva de Biosfera de Calakmul), Baltazar González Zapata y Carmelo Javier Cornelio (municipio de Calakmul). Extiendo mi agradecimiento a quienes me orientaron durante el proceso de investigación: Eric Keys, Peter Waylen, Karen Kainer, Mickie Swisher y Bette Loiselle, así como a las organizaciones que financiaron esta investigación: El programa de Tropical Conservation and Development y el Geography Alumni Fellowship, ambos de la Universidad de Florida en Gainesville, la Fundación Rufford y la Fundación Interamericana. Finalmente agradezco a los dos revisores externos que con sus recomendaciones contribuyeron en la claridad y calidad de este manuscrito.

REFERENCIAS

- Bowman, D. M., Balch, J. K., Artaxo, P., Bond, W. J., Cochrane, M. A., D'Antonio, C. M., DeFries, R. S., Johnston, F. H., Keeley, J. E., Krawchuk, M. A., Kull, C. A., Mack, M., Moritz, M. A., Pyne, S. J., Roos, C. I., Scott, A. C., Sodhi, N. S. y Swetnam, T. W. (2011). The human dimension of fire regimes on Earth. *Journal of Biogeography*, 41, 833-836.
- Bowman, M. S., Amacher, G. S. y Merry, F. D. (2008). Fire use and prevention by traditional households in the Brazilian Amazon. *Ecological Economics*, 67(1), 117-130.
- Brenner, J., Wade, D., Schortemeyer, J. L., Dye, R., Proctor, T., Rittenberry, D., Myers, R., y Coulliette, B. (2014). *Florida Certified Prescribed Burning Training Manual*.
- Carmena, R., Parry, L., Blackburn, A., Vermeulen, S. y Barlow, J. (2011). Understanding human-fire interactions in tropical forest regions: a case for interdisciplinary research across the natural and social sciences. *Ecology and Society*, 16(1), 53.
- Carmena, R., Vermeulen, S., Parry, L. y Barlow, J. (2013). Shifting cultivation and fire policy: Insights from the Brazilian Amazon. *Human Ecology*, 41, 603-614. DOI: 10.1007/s10745-013-9600-1
- Conafor (Comisión Nacional Forestal). (2014). Programa estratégico de manejo de fuego región sureste. Centro Regional de Manejo de Fuego.
- Conafor (Comisión Nacional Forestal). (2015). Registro de incendios forestales en el estado de Campeche 2002-2015 (base de datos revisada en 2015)
- Congreso del Estado de Campeche, México. (2015). Ley para hacer las quemas en el Estado de Campeche. *Gaceta Legislativa*, año III, número 235.
- Coughlan, M. R. y Petty, A. M. (2012). Linking humans and fire: a proposal for a transdisciplinary fire ecology. *International Journal of Wildland Fire*, 21, 477-487.

- Eakin, H. (2005). Institutional change, climate risk, and rural vulnerability: cases from Central Mexico. *World Development*, 33(11), 1923-1938.
- Eastmond, A. y Faust, B. (2006). Farmers, fires, and forests: a green alternative to shifting cultivation for conservation of the Maya forest? *Landscape and urban planning*, 74(3), 267-284.
- Epstein, G., Pittman, J., Alexander, S. M., Berdej, S., Dyck, T., Kreitmair, U., Rathwell K. J., Villamayor-Tomas, S., Vogt, J., y Armitage, D. (2015). Institutional fit and the sustainability of social-ecological systems. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 14, 34-40.
- Eriksen, C. (2007). Why do they burn the 'bush'? Fire, rural livelihoods, and conservation in Zambia. *The Geographical Journal*, 173(3), 242-256.
- FAO (Food and Agriculture Organization). (2006). Fire management: voluntary guidelines. Principles and strategic actions. *Fire Management Working Paper*, 17. Disponible en <http://fao.org/forestry/en/>
- Flannigan, M. D., Krawchuk, M. A., de Groot, W. J., Wotton, B. M. y Gowman, L. M. (2009). Implications of changing climate for global wildland fire. *International journal of wildland fire*, 18(5), 483-507.
- Folke, C., Pritchard, L., Berkes, F., Colding, J. y Svedin, U. (2007). The problem of fit between ecosystems and institutions: ten years later. *Ecology and society*, 12(1), 30.
- Gobierno del Estado de Campeche (1993). Ley para hacer las quemas en el Estado de Campeche. Decreto 188, P.O.N #563.
- Hernández Xolocotzi, E., Bello, B. E. y Levy, T. S. (1995). *La milpa en Yucatán: un sistema de producción agrícola tradicional*. México: Colegio de Postgraduados.
- Holling, C. S. (2001). Understanding the complexity of economic, ecological, and social systems. *Ecosystems*, 4, 390-405.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática). (2010). Marco Geoestadístico Municipal INEGI 2010. Versión 5. Censo de Población y Vivienda 2010. México.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). (2012). Summary for policymakers. Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation en C. B. Field, V. Barros, T. F. Stocker, D. Qin, D. J. Dokken, K. L. Ebi, M. D. Mastrandrea, K. J. Mach, G. K. Plattner, S. K. Allen, M. Tignor, y P. M. Midgley (eds.). *A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (pp. 3-21). Cambridge: Cambridge University Press.
- Jolly, W. M., Cochrane, M. A., Freeborn, P. H., Holden, Z. A., Brown, T. J., Williamson, G. J. y Bowman, D. M. (2015). Climate-induced variations in global wildfire danger from 1979 to 2013. *Nature communications*, 6. DOI: 10.1038/ncomms8537
- Kull, C. A. (2002). Empowering pyromaniacs in Madagascar: ideology and legitimacy in community-based natural resource management. *Development and Change*, 33, 57-78.
- Laris, P. (2002). Bruning the seasonal mosaic: Preventative burning strategies in the wooded savanna of Southern Mali. *Human Ecology*, 30(2), 155-186.
- Lavorel, S., Flannigan, M. D., Lambin, E. F. y Scholes, M. C. (2007). Vulnerability of land systems to fire: Interactions among humans, climate, the atmosphere, and ecosystems. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 12(1), 33-53.
- Mathews, A. S. (2005). Power/Knowledge, Power/Ignorance: Forest Fires and the State in Mexico. *Human Ecology*, 33(6), 795-820. DOI: 10.1007/s10745-005-8211-x
- McDaniel, J., Kennard, D. y Fuentes, A. (2005). Smokey the Tapir: traditional fire knowledge and fire prevention campaigns in lowland Bolivia. *Society and Natural Resources*, 18(10), 921-931.
- Melton, M. (1996). Keetch-Byram Drought Index revisited: Pre-scribed fire applications. *Fire Management Notes*, 50(4), 7-11.
- Mistry, J. (1998). Decision-making for fire-use among farmers in savannas: an exploratory study in the Distrito Federal, central Brazil. *Journal of Environmental Management*, 54, 321-334.
- Mistry, J., Berardi, A., Andrade, V., Krahô, T., Krahô, P. y Leonardos, O. (2005). Indigenous fire management in the cerrado of Brazil: the case of the Krahô of Tocantins. *Human ecology*, 33(3), 365-386.
- Monzón-Alvarado, C. M., Cortina-Villar, S., Schmoock, B., Flamenco-Sandoval, A., Christman, Z. y Arriola, L. (2012). Land-use decision-making after large-scale forest fires: Analyzing fires as a driver of deforestation in Laguna del Tigre National Park, Guatemala. *Applied Geography*, 35(1), 43-52. DOI:10.1016/j.apgeog.2012.04.008

- Monzón-Alvarado, C. M, Waylen, P., Keys, E. (2014). Fire management and climate variability: Challenges in designing environmental regulations. *Land Use Policy*, 39, 12-21. DOI: 10.1016/j.landusepol.2014.03.003
- Monzón-Alvarado, C. M. y Keys, E. (2016) Synergistic vulnerabilities: climate variability and fire management policy increase farming challenges in southeastern Mexico. *Regional Environmental Change*, 1-12.
- Nigh, R. y Diemont, S. A. (2013). The Maya milpa: fire and the legacy of living Soil. *Frontier Ecology and Environment*, 11(1), e45-e54. DOI: 10.1890/120344
- Ostrom, E. (2010). Beyond markets and states: Polycentric governance of complex economic systems. *The American Economic Review*, 100(3), 641-672.
- Oswald, B. P. (2007). *San Diego declaration on climate change and fire management: Ramifications for fuels management*.
- Robbins, P. (1998). Authority and environment: institutional landscapes in Rajasthan, India. *Annals of the association of American Geographers*, 88(3), 410-435.
- Rodríguez, I. (2007). Pemon perspectives of fire management in Canaima National Park, southeastern Venezuela. *Human Ecology*, 35(3), 331-343.
- Rodríguez-Trejo, D. A. (2008). Fire regimes, fire ecology, and fire management in Mexico. *AMBIO: a Journal of the Human Environment*, 37(7), 548-556.
- Rodríguez-Trejo, D. (2014). Selvas alta y mediana, en D. Rodríguez-Trejo (ed.), *Incendios de vegetación: su ecología, manejo e historia* (pp. 539-609). Guadalajara: Biblioteca Básica de Agricultura.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat)/Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (Sagarpa). (2007). Norma Oficial Mexicana NOM-15-SEMARNAT/SAGARPA-Especificaciones técnicas de métodos de uso del fuego en los terrenos forestales y en los terrenos de uso agropecuario.
- Sorrensen, C. (2000). Linking smallholder land use and fire activity: examining biomass burning in the Brazilian Lower Amazon. *Forest Ecology and Management*, 128(1), 11-25.
- Sorrensen, C. (2004). Contributions of fire-use study to land use/cover change frameworks: Understanding landscape change in agricultural frontiers. *Human Ecology*, 32(4), 395-420.
- Sorrensen, C. (2009). Potential hazards of land policy: Conservation, rural development and fire-use in the Brazilian Amazon. *Land Use Policy*, 26, 782-791.
- Wade, D. (2013). Fuel moisture and prescribed burning. Southern Fire Exchange. SFE Fact Sheet 2013-5. Disponible en http://southernfireexchange.org/SFE_Publications/factsheets/2013_5.pdf

CC BY-NC-ND

INFORMACIÓN ADICIONAL

Cátedra CONACYT: El Colegio de la Frontera Sur, Av. Rancho Polígono 2-A, Ciudad Industrial, Lerma, Campeche 24500, México.