



*Al servicio
de las personas
y las naciones*

SERVICIO DE CONSULTORÍA PARA ELABORAR UN ESTUDIO SOBRE MANEJO DEL FUEGO CON ENFOQUE AL CONTROL Y COMBATE DE PLANTAS INVASORAS EN MÉXICO

**Informe General sobre manejo del fuego en México para el control de
Plantas Exóticas Invasoras (PEI) – Parte I –**

Abril 2017

Consultor: M. en C. Carlos Alberto Velázquez Sanabria

Consultoría: **SDC-32-2016**

“Servicios de consultoría para elaborar un estudio sobre manejo del fuego con enfoque al control y combate de plantas invasoras en México.”

Informe General

Manejo del fuego en México para el control de Plantas Exóticas Invasoras (PEI)



Título: Servicios de consultoría para elaborar un estudio, sobre manejo del fuego, con enfoque al control y combate de plantas invasoras en México.

Objetivo: Ampliar el conocimiento, sobre el manejo del fuego, con enfoque de uso para el control y combate de plantas invasoras, en México, a través de la definición de sitios experimentales, en los principales ecosistemas forestales.

Autor: Carlos Alberto Velázquez Sanabria

Modo de citar el informe: Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) 2016. Servicios de consultoría, para elaborar un estudio, sobre manejo del fuego, con enfoque al control y combate de plantas invasoras, en México. Informe general, sobre manejo de fuego en México, para control de plantas exóticas invasoras. elaborado en el marco del proyecto GEF “Aumentar las Capacidades Nacionales para el Manejo de las Especies Exóticas Invasoras (EEI), a través de la Implementación de la Estrategia Nacional de EEI”. 36 pp. Velázquez S., C. A.

Área objeto del informe: Nacional

Fecha de inicio y terminación del informe: Octubre – Diciembre 2016

Vínculo con las metas de la Estrategia Nacional sobre Especies Invasoras:

1.2. Información científica y técnica, relevante, oportuna y accesible, que genere capacidades en diversos sectores para atender las prioridades relacionadas con las especies invasoras.

2.1. Prioridades acordadas para el control o erradicación de especies invasoras.

2.2. Programas y planes de acción en operación para la erradicación, manejo de especies invasoras más nocivas y mitigación de sus impactos.

En este informe general, se ha realizado, una evaluación del fuego, como herramienta de control y erradicación de plantas exóticas invasoras (PEI); se ha hecho un recorrido desde la legislación y los conceptos sobre el uso de fuego prescrito, la relación de los ecosistemas con el fuego y la vinculación del hombre con el fuego, como herramienta de gestión de ecosistemas.

También se presentan argumentos para considerar el uso del fuego prescrito, en la estrategia nacional sobre especies invasoras; se expone de igual forma, experiencias nacionales o internacionales, sobre la implementación de quemas prescritas para control de algunas PEI.

Contenido:

Capítulo I. Introducción	4
---------------------------------	----------

Capítulo II. Marco de referencia	6
---	----------

2.1. Marco Institucional.	6
2.2. Marco Político y Jurídico.	7
2.3. Marco conceptual.	10
2.3.1. El fuego y la vegetación.	10
2.3.2. Papel ecológico del fuego.	10
2.3.2.1. Efecto del fuego en las comunidades de plantas y suelo.	11
2.3.3. Fuego y población.	13
2.3.4. Fuego como elemento de disturbio.	14
2.3.5. El fuego y la gestión de ecosistemas.	15
2.3.5.1. Clasificación de ecosistemas por su respuesta al fuego.	16
2.3.5.2. Uso de quemas prescritas como parte del manejo integral de un ecosistema.	18
2.3.5.3. Antecedentes del uso del fuego prescrito como herramienta de control para PEI.	19

Capítulo III. Diagnóstico de las PEI en México	22
---	-----------

3.1. Plantas exóticas invasoras.	22
3.1.1. Presencia.	23
3.1.2. Descripción.	24
3.1.3. Lista de especies.	24
3.1.4. Listado de PEI susceptibles de control mediante el uso de fuego prescrito.	26
3.1.5. Control de plantas exóticas invasoras con quemas prescritas.	29

IV. Literatura revisada	31
--------------------------------	-----------

V. Anexos	38
------------------	-----------

Anexo 1. Listado de especies susceptibles de control con fuego prescrito clasificadas por nombre científico y familia.	38
--	----

Índice de tablas

Tabla 1. Políticas públicas sobre el uso del fuego en México. _____	8
Tabla 2. Adaptaciones al fuego de los ecosistemas en México. _____	17
Tabla 3. Legislación Mexicana sobre PEI. _____	22
Tabla 4. Lista de especies de plantas exóticas invasoras con presencia reportada en México, ordenadas por familias. _____	24
Tabla 5. Clasificación de plantas invasoras por familias y hábito de crecimiento. _____	27
Tabla 6. Número de especies y familias susceptibles de control con fuego prescrito. ____	28
Tabla 7. Efectos del fuego en diferentes formas de vida de las plantas. _____	29

Índice de Ilustraciones

Ilustración 1. Política Nacional de Manejo del Fuego en Áreas Naturales Protegidas (ANP).6	
Ilustración 2. Modelo conceptual de régimen de fuego para Bosque de Pino. _____	16

Capítulo I. Introducción

Para tener una mejor gestión de los recursos naturales, y considerar, el papel ecológico del fuego, Rodríguez *et al.* (2000), proponen un manejo integrado del fuego, donde, se consideren acciones para prevenir y controlar incendios forestales, comprender el entorno cultural del uso del fuego rural, regular y normar su uso, investigar la ecología del fuego, investigar la ciencia del fuego y aplicarla; así como, educar e informar a los usuarios del fuego y a la opinión pública.

Para la FAO (2007), el manejo del fuego, es una disciplina dirigida a la utilización del fuego para lograr los objetivos de uso tradicional de la tierra y su manejo, junto con la protección de la vida, propiedades y recursos, mediante la prevención, detección, control, restricción y extinción del fuego, en el bosque y otros tipos de vegetación, en áreas rurales. Incluye tanto los incendios programados como los generados naturalmente, comprende la investigación y la transferencia de tecnología.

El término manejo del fuego, se ha ido aceptando cada vez más en el mundo, y constituye un cambio de concepción, al tratar el problema de los incendios forestales (Ramos, 2010).

Para Rodríguez *et al.* (2000), el concepto manejo del fuego, comprende todo lo que un país, estado y/o región hacen para:

- a) prevenir y combatir los incendios forestales;
- b) comprender cómo, cuándo y con qué objetivos las comunidades rurales, usan el fuego, en las diferentes regiones ecológicas;
- c) regular el uso del fuego;
- d) investigar la ecología del fuego y los impactos de los incendios y, en general, investigar la ciencia del fuego y aplicar el nuevo conocimiento en el manejo de la tierra;
- e) hacer uso del fuego en la administración de ecosistemas para preservarlos, restaurarlos o hacerlos producir (silvicultura, usos tradicionales);
- f) educar e informar a los usuarios del fuego y a la opinión pública en esta materia.

Es también, un conjunto de intervenciones, tanto técnicas como institucionales y comunicativas, que están dirigidas a lograr objetivos de conservación, aprovechamiento sustentable o restauración (Jardel-Peláez, 2010). Es la gama de decisiones y acciones técnicas posibles, dirigidas a la prevención, detección, control, contención, manipulación o uso del fuego, en un paisaje dado, para cumplir con metas y objetivos específicos (Myers, 2006a); implica intervenciones para mantener, restaurar o, en ocasiones, modificar los componentes del régimen de fuego (Jardel-Peláez, 2010).

Todo lo anterior, gira en el contexto de maximizar los efectos positivos del fuego, como son: diversidad, regeneración, crecimiento arbóreo, reciclaje de materia orgánica y nutrimentos, hábitat para la fauna y forraje para pastoreo no excesivo (Rodríguez-Trejo, 2006).

Considerando los efectos (positivos y negativos) del fuego en los ecosistemas, es posible planificar su presencia en ecosistemas seleccionados con Plantas Exóticas Invasoras (PEI),

mediante la aplicación de quemas prescritas. El uso del fuego, para mantener ecosistemas o eliminar vegetación no deseable, nativa o exótica, es una herramienta que el administrador del recurso forestal, tiene disponible, bajo condiciones específicas de capacidades humanas, financieras y materiales, y de acuerdo al manejo del paisaje que persiga.

Capítulo II. Marco de referencia

2.1. Marco Institucional.

En los últimos años, las dependencias públicas federales encargadas de la protección de los bosques, han abordado la problemática del uso del fuego agropecuario y los incendios forestales, bajo el concepto del manejo del fuego. La Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), quien se encarga de las acciones de protección contra incendios forestales, ejecuta anualmente, el Programa Nacional de Prevención de Incendios Forestales, actualmente bajo la dirección de la Gerencia de Manejo del Fuego.

Sin embargo, esta estrategia, se basa principalmente, en el control y ordenamiento del uso del fuego agropecuario, en la protección física de áreas de vegetación forestal y en la supresión de los incendios forestales. La CONAFOR no cuenta con un documento rector específico sobre manejo del fuego.

En contra parte, dentro de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), las políticas institucionales a seguir, son claras, para las Áreas Naturales Protegidas (ANP) (Ilustración 1) (Medina, 2014).



Fuente: Modificado de Medina, 2014.

Ilustración 1. Política Nacional de Manejo del Fuego en Áreas Naturales Protegidas (ANP).

La CONANP, cuenta con la Estrategia y Lineamientos de Manejo de Fuego, en Áreas Naturales Protegidas (2011), la guía para la “Elaboración de Programas de Manejo del Fuego en Áreas Naturales Protegidas y sitios de interés” (2011, 2012), y la guía para la

“Elaboración de un Plan Comunitario de Manejo Integral del Fuego, en Áreas Naturales Protegidas” (2009).

El Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza (FMCN), ejecuta el fondo para el manejo del fuego y restauración (Fomafur), siendo un fondo patrimonial, creado por el mismo FMCN, y mantenido por diversos donantes, con el objeto de fortalecer las capacidades de las organizaciones civiles y comunitarias, en la protección contra incendios catastróficos, manejo del fuego y restauración de áreas afectadas por el fuego.

Otras instancias públicas, del orden estatal o municipal, en México, también contemplan el uso del término Manejo del Fuego o Manejo Integral del Fuego, pero sin contemplar la totalidad del concepto, en las propuestas de acción reflejadas en los programas públicos.

Los administradores de recursos, con vegetación natural enfrentan, el desafío difícil de desarrollar una estrategia cohesiva de manejo de combustibles y vegetación, que aborde la amenaza de incendios forestales ampliamente reconocida (Bahro *et al.*, 2007).

Algunas organizaciones o asociaciones civiles, administran programas, donde, incluyen el manejo del fuego a la gestión de los recursos naturales, incluyendo, además de la coordinación con instancias públicas, la cooperación con los dueños y poseedores de los recursos y, sobre todo, la investigación aplicada sobre la ecología del fuego.

Los tratamientos -de manejo de combustibles y vegetación-, también deben ser compatibles, con una amplia variedad de otros objetivos de manejo de la tierra, tales como manejo para el hábitat de vida silvestre, cuencas hidrográficas y salud del bosque. Además, el financiamiento, siempre será un factor limitante para la gestión de los terrenos públicos (Bahro *et al.*, 2007).

7

2.2. Marco Político y Jurídico.

Históricamente, los campesinos han hecho uso, y mal uso, del fuego directamente en el bosque o en las zonas limítrofes con bosque, como herramienta agropecuaria (Rodríguez *et al.*, 2000). Estos usos del fuego son, generalmente, para actividades agropecuarias y son una de las principales causas de los incendios forestales, cuando se hace uso del fuego sin considerar lo estipulado en la 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.

La problemática de los incendios forestales, ha sido enfrentada con campañas y políticas públicas destacando los aspectos perjudiciales del fuego, afirmación que impide conocer los aspectos benéficos del fuego (Pantoja, 2008).

En la Tabla 1, se hace un análisis de instrumentos jurídicos sobre el uso del fuego y los incendios forestales en México. Se aprecia, la ausencia del concepto de manejo del fuego en todos ellos, aunque algunas acciones y normas están basadas, en esencia, en este concepto.

Tabla 1. Políticas públicas sobre el uso del fuego en México.

Objeto	Instrumento	Artículo (s)
Atribuciones de la federación en la prevención y combate de incendios forestales, así como para promover, difundir, capacitar y brindar asistencia técnica en MF.	LGDFS	12°, Fracc. XVI, XIX, XXIII y XXVI. 122°
Atribuciones de dependencias y entidades de la administración pública federal, las Entidades Federativas y los Municipios, para promover el diseño y la elaboración de políticas y acciones de mitigación para reducir emisiones.	LGCC	34, Fracc III, inc. f y g.
Atribuciones de los estados en la prevención y combate de incendios forestales.	LGDFS	13°, Fracc. XI, XIV, XV, XVI y XXVII
Atribuciones de los H. Ayuntamientos Municipales en la prevención y combate de incendios forestales.	LGDFS	15°, Fracc. XI, XVII y XVII
Personas obligadas a la prevención, combate y control de incendios forestales.	LGDFS	124°
Infracciones en materia de prevención y combate de incendios forestales.	LGDFS	163°, Fracc. VIII, IX, XVIII, XIX, XX y XXI.
Sanciones administrativas en materia de prevención y combate de incendios forestales.	LGDFS	164° 165°, Fracc. I, II
Delitos contra el ambiente	Código Penal federal	420 bis, Fracc. IV
Denuncia popular	LGDFS	159°
Especificaciones técnicas de métodos de uso del fuego, en los terrenos forestales y en los terrenos de uso agropecuarios.	NOM 015 SEMARNAT- SAGARPA/2007	
Promoción de la NOM 015 SEMARNAT-SAGARPA	LGDFS	13° Fracc. XIV, X
	LGEEPA	7° Fracc. VII 8° Fracc. XII 15° Fracc. XI
	LGEEPA	8° Fracc XV 10°
Desarrollar, expedir y aplicar Planes Municipales de MF	LGDFS	15° Fracc. I, II
Descentralización de recursos y funciones en el tema de MF	LGEEPA	7° Fracc. III 11°, Fracc IV 13°
	LGDFS	3° Fracc. XV 12°, Fracc. XIII 15°, Fracc. VIII 24°, Fracc II
Sistemas de Información Forestal	LGDFS	40° 42°
Orientación y seguimiento de programas gubernamentales	LGDFS (Reglamento)	46° 48° Fracc IV 57° Fracc II y III
	LGEEPA	66°

Promover la participación social	LGDFS	2° Fracc. XVI 3° Fracc. XXV 13° Fracc. XXVII
Difusión de mejores prácticas de MF	LGDFS	22° Fracc. XXVIII 23° 123°
Homologar y coordinar usos del suelo	LGEEPA	7° 8° Fracc. VIII 23° 49°
	Constitución Mexicana	115° Fracc. V
	LGDFS	117°
	NOM 015 SEMARNAT-SAGARPA/2007	
	LDRS	164° 173° 191°
Apoyo institucional y con equipo especializado	LGDFS	12° 123°
Fomento a la capacitación especializada	LGDFS	148° Fracc V
	LGEEPA	8° Fracc. XI
Gestión ambiental y promoción del MF	LGDFS	12° Fracc. I, XII, XVI 23° 37°

Fuente: modificado de BIOMASA, 2011.

Las políticas públicas, sobre el tema del fuego, en México, se centran en la supresión, asignando responsabilidades a dueños y poseedores de recursos naturales, gobiernos locales, estatales y federal, sin reconocer el papel ecológico del fuego.

Es necesaria la planificación del manejo del fuego, como requisito en los Programas de Manejo Ambiental, en general (forestal, ANP, etc.), con base en lo dispuesto en los artículos 66¹ de la LGEEPA y 46², 48 fracc IV³, 57 fracc II⁴ y III⁵ del reglamento de la LGDFS. (CEMDA-FMCN, 2010). Aunque existen ANP, que tienen planes de manejo del fuego, y otras, con planes en elaboración, las políticas públicas siguen considerando el fuego como amenaza, sin contemplar sus efectos positivos, en la vegetación, y solo priorizan los efectos negativos.

¹ Sobre el contenido del programa de manejo de las áreas naturales protegidas.

² Sobre el contenido del programa de manejo de plantaciones forestales comerciales simplificado.

³ Sobre los anexos que considera el programa de manejo de plantaciones forestales comerciales.

⁴ Sobre los programas de manejo simplificado de recursos forestales no maderables con respecto a especies de familias *Cactaceae*, *Cyatheaceae*, *Dicksoniaceae*, *Orchidaceae* y *Zamiaceae*.

⁵ Sobre los programas de manejo simplificado de recursos forestales no maderables con respecto al género *Yucca*.

En un estudio del CEMDA (2012), se concluye, que hace falta la definición y la inclusión de conceptos relacionados, tales como, manejo integral del fuego como práctica de desarrollo sustentable (CEMDA, 2012). Para CEMDA-FMCN (2010) es muy importante que la legislación ambiental, forestal, y especialmente la legislación agraria y de desarrollo rural, regulen el uso del fuego de manera integral.

2.3. Marco conceptual.

2.3.1. El fuego y la vegetación.

El fuego, es un proceso dinámico, predecible pero incierto, que varía con el tiempo y el paisaje (Brown, 2000a). Es un proceso físico, así como un proceso ecológico (Sugihara & Barbour, 2006), que influye significativamente en la estructura de los ecosistemas, composición de especies, dinámica sucesional y funcionamiento (Rodríguez, 1996; Shlisky *et al.*, 2007), y en la funcionalidad de los ecosistemas, como fuentes y reservorios de carbono (Girón, 2010). Determina los nutrientes y las propiedades de retención del agua de los suelos (Shlisky *et al.*, 2007), tiene un papel clave en el origen y adaptación de las plantas y la distribución de los ecosistemas (Pausas & Keeley, 2009). En general, se puede decir que, el fuego ha sido -y continúa siendo- una fuerza evolutiva mayor que define el tipo de vida en la tierra (TNC, 2004; Bond & Keeley, 2005).

En muchos ecosistemas forestales, el fuego, actúa como agente regulador de la composición de especies (Rodríguez, 1996). Con excepción de los bosques lluviosos tropicales, el fuego ha jugado un rol natural importante en el desarrollo de virtualmente todos los bosques, tierras arboladas y ecosistemas de sabanas (Chandler *et al.*, 1983 citado por Ramos, 2010).

10

2.3.2. Papel ecológico del fuego.

El fuego, cumple una función en las comunidades vegetales, ya sea, como una perturbación o como una herramienta de gestión; desde una visión ecológica, los fuegos, naturales, negligentes o planificados, benefician y mantienen a los ecosistemas que han evolucionado con el fuego. El reciclaje de carbono y nutrientes, depende de la descomposición biológica y del fuego (Brown, 2000a). El fuego recicla el carbono directamente de la vegetación viva o muerta (Brown, 2000b).

También, tiene un papel importante, en la fauna asociada, con los ecosistemas. La pérdida de especies herbáceas, en bosques sin presencia de fuego, por mucho tiempo se ha asociado con una menor diversidad de mariposas en comparación con los bosques quemados más frecuentemente (Huntzinger, 2003 citado por Ryan *et al.*, 2013).

La mayoría de las especies vegetales y animales que existen en áreas con un historial de incendios, relativamente frecuentes de baja a moderada intensidad, son resistentes a sus efectos (Knapp *et al.*, 2009).

El fuego en la naturaleza, se presenta bajo regímenes específicos, para cada asociación vegetal o ecosistema. Un régimen de fuego, se define como un conjunto de condiciones recurrentes relacionadas con el fuego, que caracterizan un ecosistema dado; estas

condiciones están inscritas en un rango específico de frecuencia, comportamiento del fuego, severidad, momento, tamaño y modelo de quema (Myers, 2006b). De los elementos que integran un régimen de fuego, la frecuencia y la severidad, se destacan por su influencia en el nivel de afectación (Ávila-Flores, 2013).

Las clasificaciones de los regímenes de incendios, pueden basarse en las características del propio fuego o en los efectos producidos por el fuego (Agee, 1993). En muchos sitios, los regímenes naturales, han sido alterados por los seres humanos; en algunos casos, el intervalo de frecuencia de fuego, se acorta, y en otros, los intervalos se han alargado (Brown, 2000b; DiTomaso, 2006). Lo anterior, es el resultado de la supresión del fuego o del exceso de uso del fuego, en las asociaciones vegetales.

Los regímenes alterados de fuego, pueden reducir la diversidad de especies nativas, alterar las funciones del ecosistema e incrementar las amenazas del fuego a las poblaciones y vegetación natural (Smith *et al.*, 2008).

Las consecuencias de los regímenes de incendio alterados, por supresión, incluyen una reducción o pérdida de los servicios ecosistémicos, así como, combustibles muy alterados y futuros comportamientos del fuego potenciales (Ryan *et al.*, 2013). Es decir, en bosques donde se ha excluido el fuego, la carga de combustible aumenta, y en algún momento, el reciclaje de materia orgánica deja de efectuarse, aunado a esto, el combustible cubre totalmente el suelo, por lo que no hay posibilidades de individuos nuevos que utilicen el CO₂ para crecer.

2.3.2.1. Efecto del fuego en las comunidades de plantas y suelo.

11

Los efectos del fuego, dependen de la interacción del comportamiento del fuego y las características del sitio específico, tales como, las especies, la edad de la vegetación y el tipo de suelo (De Ronde *et al.*, 1990, citados por Ramos, 2010). Si los efectos son negativos, se relacionarán por los daños o desventajas de los ecosistemas, si son positivos, serán relacionados con beneficios o ventajas del ecosistema.

La respuesta de la planta al fuego, es el resultado de la interacción entre la severidad del fuego y las características de las plantas en el fuego, tanto su resistencia inherente a las lesiones como su capacidad de recuperación (Miller, 2000).

El fuego, forma parte de la dinámica ecológica de ciertos ecosistemas tropicales que requieren o están favorecidos por su presencia (como sabanas, bosques de pinos, bosques tropicales caducifolios, con habilidad rebrotadora, etc.) (Román-Cuesta *et al.*, 2013). En México, el proyecto Ajusco ha demostrado que las quemas prescritas de baja intensidad generan gran diversidad de especies en el sotobosque, no causan una mortalidad adicional significativa en el sitio, reducen el riesgo de incendios de alta intensidad y producen forraje para el ganado (Rodríguez-Trejo *et al.*, 2011). El proyecto Ajusco se desarrolla principalmente en bosques de pino mexicano de montaña (*Pinus hartwegii* Lindl) de la región central de México.

Sin duda, el fuego, también provoca efectos negativos, principalmente cuando se presenta como incendio forestal y, en determinadas condiciones atmosféricas y de combustible, podrá generar una gran cantidad de energía. Los incendios de gran extensión y severidad, o repetidos en un corto espacio de tiempo, pueden dejar profundas huellas en el ecosistema y desencadenar procesos erosivos y degradativos (Fernández *et al.*, 2010). Tiene el potencial de transformar grandes áreas de bosque tropical en matorral o sabana, cambiando la composición esencial de los ecosistemas (Cochrane *et al.*, 1999).

Los incendios, producen una pérdida de nitrógeno y azufre, debido a la volatilización y mineralización instantánea de la materia orgánica (De Rouw, 1994); propician la pérdida de estabilidad de los agregados del suelo, que puede reducir el número de poros grandes y reducir la tasa de infiltración (Bond *et al.*, 2005). Como efecto, la reducción en las tasas de infiltración, puede llevar a grandes cantidades de erosión laminar y erosión en surcos (Benavides-Solorio y MacDonald, 2001), causando aumento en la sedimentación de arroyos y baja productividad del ecosistema (Swanson, 1981; Peterson *et al.*, 2007).

En algunos ecosistemas (bosques tropicales), el fuego genera reacciones positivas en la susceptibilidad futura, carga de combustible y la intensidad (Cochrane *et al.*, 1999). Es decir, el impacto de incendios recurrentes es mucho peor que el del primer incendio, debido a una menor cobertura de copa (10 a 40 %), que tiene como consecuencia mayor cantidad de combustible disponible, debido a una deshidratación más rápida por mayor exposición al sol.

El fuego, es un proceso ecológico que desencadena una increíble red de otros procesos y condiciones asociadas, clasificados como efectos de primer y segundo orden. Los efectos de primer orden, son las acciones inmediatas del fuego e incluyen la mortalidad de las plantas, el consumo de materia orgánica, la creación de humo y los cambios en el entorno físico-químico. Los efectos de segundo orden, son muchos, y dependen de la naturaleza de los efectos de primer orden y del ambiente post fuego, especialmente el suelo, el clima y la actividad animal (Brown, 2000b).

En muchos ecosistemas forestales -con especies adaptadas al fuego- la supresión del fuego, puede considerarse como una forma de alteración que genera cambios en la composición de especies, estructura y funcionamiento (Pyne *et al.*, 1996). El exceso de incendios, es a todas luces perjudicial, sin embargo, la exclusión del fuego implica eventuales acumulaciones de combustibles que imprimirán mayor intensidad al fuego (Rodríguez, 2001), favoreciendo el aumento de la severidad de los efectos del fuego, así como, el deterioro de las condiciones sanitarias de la vegetación (Pyne *et al.*, 1996).

La falta o exceso de fuego en los ecosistemas forestales, pueden ser causas de alteraciones de patrones y procesos ecológicos, en ambos casos, la investigación y experimentación sobre la ecología del fuego y el manejo del fuego, son necesarias, para entender el papel ecológico del fuego, en los bosques mexicanos (Jardel *et al.*, 2006).

La reintroducción del fuego, en ecosistemas adaptados y el manejo de combustibles (mecanizado o manual), en ecosistemas susceptibles al fuego, es la principal actividad para reducir el riesgo de impactos negativos a la funcionalidad del ecosistema. Para

ecosistemas adaptados al fuego, puede convertirse en una relación directamente proporcional, a menor combustible, menor intensidad calórica y menor daño a la vegetación; si estas acciones no se realizan, la relación será inversa, a mayor combustible, mayor intensidad calórica y mayor daño a la vegetación.; en otros ecosistemas, como el reportado por Cochrane (1999), podría modificar la disponibilidad del combustible (menor contenido de humedad) para incendios más intensos.

Como ejemplo, puede enunciarse el caso del Parque Nacional Yellowstone, ubicado al noroeste del estado de Wyoming, en los Estados Unidos de América (USA); como se relata en el Plan de Manejo del Fuego (NPS & YNP, 2012), que permitirá al fuego continuar con su papel ecológico en el parque, mientras se protege las vidas humanas, el desarrollo y los recursos naturales y culturales sensibles.

Otro ejemplo, en tierras privadas, en Nuevo México, USA, dentro de las propiedades de una fundación sin fines de lucro, donde se ha elaborado un plan de quema prescrita (Kearney, 2015); los objetivos de este plan, se basan en el conocimiento del papel de fuego en los bosques nativos de *Pinus ponderosa*, la quema prescrita se planifica en un área pequeña de 150 acres (60.79 ha), dentro de los principales objetivos de la quema prescrita están.

- a) Reducir exceso de combustibles muertos y caídos de aclareos anteriores.
- b) Reducir la densidad de *Pinus ponderosa*, eliminando ejemplares de diámetros pequeños.
- c) Reducir de 20 a 90 % de vegetación leñosa de las praderas para restaurar/mantener la vegetación deseada.
- d) Mejorar la calidad y cantidad de los forrajes, quemando de 50 a 80% de pastos.
- e) Quemar de 50 a 60% de árboles maduros de *Cercocarpus*, *Quercus*, y otras especies de matorrales para rejuvenecer y mejorar alimento para alces y ciervos.

13

Dos ejemplos específicos de uso del fuego prescrito para control de PEI son:

En California Dye Creek & Vina Plains Preserves, implementan quemas prescritas, que ayudan a controlar la propagación del pasto invasor (*Taeniatherum caput-medusae*); este proyecto ha reportado el 95% de mortalidad de este pasto y *Centaurea solstitialis* mediante la aplicación de quemas prescritas (Tu *et al.*, 2001).

En Nebraska, en los condados de Custer, Loup y Valley, se ha planificado una quema prescrita con fines de manejo ecológico; una de las metas es la eliminación del Cedro Rojo (*Juniperus virginiana*), previendo una mortalidad del 90% de ejemplares de menos de 3 pies, de 50% de ejemplares de 3 a 6 pies y del 20% de ejemplares de más de 6 pies (TNC, 2017).

2.3.3. Fuego y población.

La manipulación del fuego, ha constituido uno de los avances más importantes dentro de la evolución humana (Gómez de la Rúa & Diez, 2009). El fuego, fue un agente de primera magnitud a la hora de cohesionar un grupo; alrededor de él, se intercambiaban ideas y se transmitían conocimientos, acelerando indirectamente la capacidad de comunicación y de

aprendizaje (Diez Martín, 2005, citado por Gómez de la Rúa & Diez, 2009). Los ancestros del hombre utilizaron el fuego: *Homo erectus*, *H. sapiens*, *H. neanderthalensis* y *H. floresiensis* (Rodríguez-Trejo, 2012). El fuego, fue la primera transición ecológica que produjeron los seres humanos (Juárez y Cano, 2007). Es una de las primeras herramientas que los humanos utilizan para volver a dar forma a su mundo (Bond & Keeley, 2005).

No hay tribu primitiva que desconozca el uso del fuego y la manera de producirlo (Frazer, 1986; citado por Gómez de la Rúa & Diez, 2009). Su uso se remonta a tiempos prehistóricos, cuando se utilizaba para manipular vegetación para mejorar las oportunidades de cacería de vida, y aumentar, la producción de especies de plantas que se usaron para alimentos, textiles, refugio y otras aplicaciones prácticas (Vale, 2002, citado por Brooks, 2006a).

El crecimiento de la población rural y de los usos locales del suelo, tales como, el pastoreo, las prácticas agrícolas y el uso tradicional del fuego, pueden ser tanto fuentes importantes de alteración, como métodos de mantenimiento, ecológicamente apropiado de los ecosistemas dependientes del fuego o influidos por éste, y de los ecosistemas sensibles al fuego (TNC, 2004).

El fuego, ha sido parte de las prácticas agrícolas y forestales, utilizadas por las sociedades durante milenios, y en muchas zonas todavía se utiliza; desde el punto de vista del manejo del fuego, generalmente, no hay diferencia en el uso del fuego, en cultivos o para fomentar el desarrollo de fuentes naturales de alimentación para el consumo de la población o del ganado (FAO, 2007).

Los regímenes de fuego influenciados antropológicamente, han ayudado tanto a preservar como a degradar los ecosistemas dependientes del fuego (Rodríguez-Trejo, 2008).

2.3.4. Fuego como elemento de disturbio.

Cada día, en algún lugar en la tierra, miles de hectáreas de bosques, selvas, sabanas, pastizales, matorrales, tundra, desiertos, humedales y campos de cultivo, se están quemando, en todos los continentes excepto en la Antártida (TNC, 2004).

El fuego, es una perturbación común en diferentes ecosistemas (Lloret, 2004) que tiene efectos (positivos y negativos) en los organismos de una comunidad (Juárez & Cano, 2007).

Los ecosistemas, son conjuntos de organismos y microorganismos, vegetales y animales; interactúan entre sí, y con el ambiente físico. Las perturbaciones, hacen variar tanto los componentes vivos como la disponibilidad de recursos y las interacciones (Rodríguez-Trejo, 2014). Se considera al fuego, como una perturbación de origen natural o antrópico que interrumpe el equilibrio de un ecosistema, con efectos positivos o negativos, dependiendo del nivel de la perturbación y la resiliencia del mismo ecosistema.

La riqueza de especies, debe maximizarse bajo niveles intermedios de perturbación, debido a que, en niveles bajos de perturbación, las especies competidoras superiores monopolizan los recursos y excluyen a otras especies, mientras que, a niveles altos de perturbación, sólo las especies más resistentes sobreviven (Dornelas, 2010).

Las PEI, también contribuyen a potenciar el papel del fuego como disturbio; por ejemplo: las gramíneas invasoras alteran el régimen del fuego, aumentando las oportunidades de incendios (D’Antonio & Vitousek 1992; citado por Sampaio & Schmidt, 2013). Las especies invasoras como las del género *Pteridium*, que además de crecer abundantemente después de fuego recurrente, favorece la ocurrencia de incendios por la gran cantidad de hojarasca que generan y por su alta inflamabilidad (Ramírez *et al.*, 2007); las especies leñosas invasoras, también son capaces de alterar procesos ecosistémicos, inclusive, el régimen de fuego (Mandle *et al.*, 2011; citado por Sampaio & Schmidt, 2013).

2.3.5. El fuego y la gestión de ecosistemas.

Recientemente, el concepto de manejo del ecosistema, ha llevado a una comprensión mucho más amplia del papel ecológico del fuego y su importancia en el funcionamiento de los ecosistemas (Brown, 2000b). El fuego, está siendo reintroducido en muchos ecosistemas que históricamente experimentaron incendios frecuentes para reducir los combustibles peligrosos que se han acumulado, y restaurar importantes funciones ecológicas (Knapp *et al.*, 2009). La revisión de literatura hecha por Knapp *et al.* (2009) se basa en investigaciones hechas en los Estados Unidos de América; en México se tienen algunos antecedentes, por ejemplo, la Universidad Autónoma Chapingo (UACH) inició en el año 2000 el proyecto Ajusto, que incluye ecología del fuego, manejo integral del fuego y restauración de áreas quemadas, en bosques de pino mexicano de montaña (*Pinus hartwegii* Lindl) (Rodríguez-Trejo *et al.*, 2011).

El fuego, es un fenómeno natural importante, en la dinámica de la mayoría de los ecosistemas y sus asociaciones, con animales y vegetales (FAO, 2000); es un elemento esencial y natural, en el funcionamiento de numerosos ecosistemas forestales (Nasi *et al.*, 2002). También, es una herramienta esencial en el manejo humano de tales sistemas, ya que, suele ser, un instrumento necesario para mantener la diversidad y la productividad en el tiempo (FAO, 2000).

El uso moderno del fuego, en áreas naturales, aumentó durante la última parte de los años 90’s; el fuego prescrito, se ha utilizado para reducir la carga de material combustible peligroso, restaurar los regímenes históricos de perturbación, mejorar el forraje y el hábitat para las especies de caza y ganado, y promover la biodiversidad. En algunos casos, el fuego también se ha utilizado para manejar especies invasoras de plantas (Brooks, 2006a). Los administradores de recursos naturales, deben saber cómo planificar y llevar a cabo estrategias de gestión de incendios que incorporen con éxito el papel ecológico del fuego (Brown, 2000b).

El mantenimiento de ecosistemas sostenibles que funcionen correctamente, debe ser una meta de todos los programas de manejo del fuego (FAO, 2007). El fuego es un componente integral de los ecosistemas, que pueden afectar todos los aspectos de la gestión de los ecosistemas (Brown, 2000b).

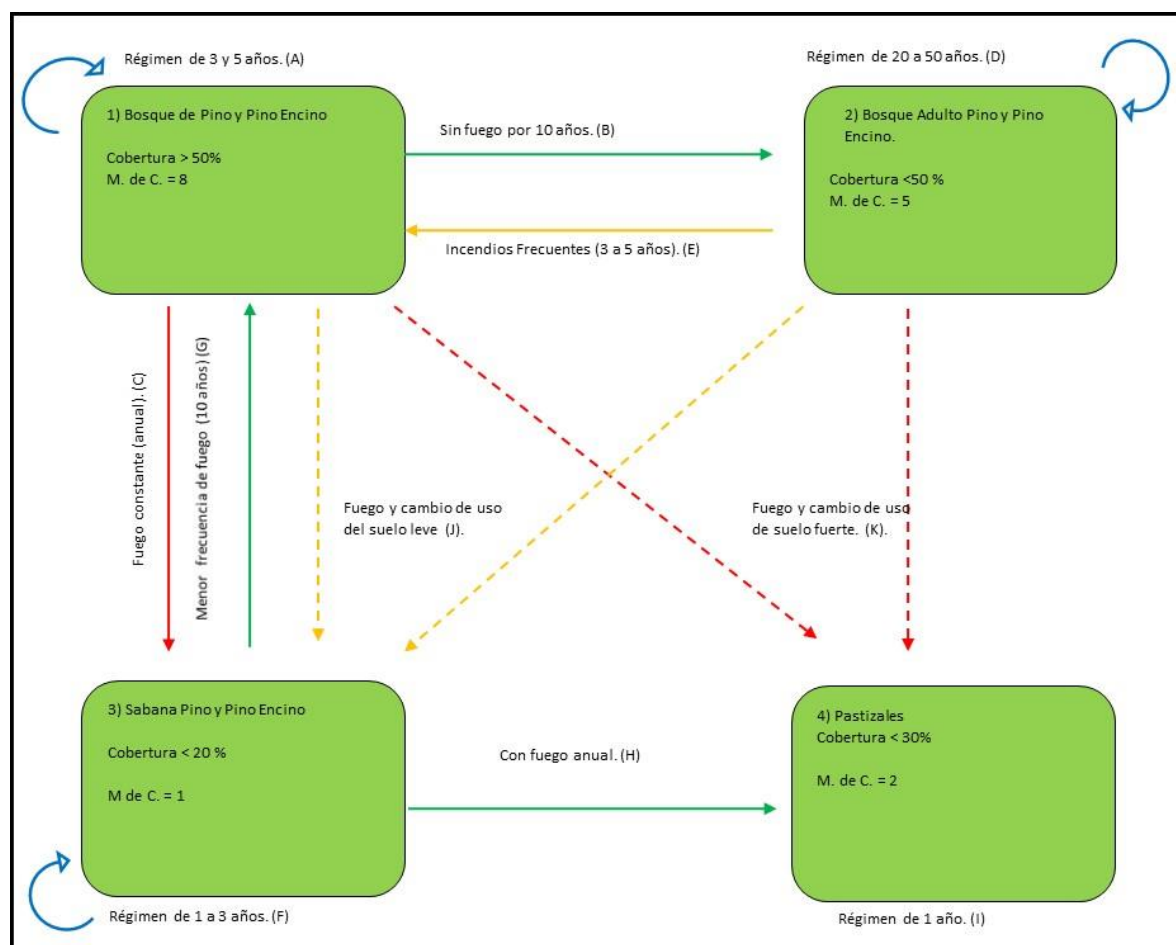
El fuego prescrito y los incendios forestales manejados, han sido, y deben seguir siendo, las principales herramientas para disminuir la influencia de los seres humanos en la conformación del paisaje (Ryan *et al.*, 2013).

2.3.5.1. Clasificación de ecosistemas por su respuesta al fuego.

The Nature Conservancy (TNC), identificó cuatro categorías de clasificación de acuerdo a las respuestas de la vegetación al fuego: Dependientes, sensibles, influenciados e independientes (TNC, 2004; Myers, 2006a):

- “Dependientes: En estos ecosistemas, los incendios son fundamentales para sostener las plantas y los animales nativos, tan fundamental como los son la luz del sol y la lluvia” (TNC, 2004). Se considera que las especies han evolucionado en presencia del fuego y éste es un proceso esencial para conservar la biodiversidad (Shlisky *et al.*, 2007).

Por ejemplo, en bosques del municipio de Villaflores, Chiapas, dentro del ANP La Frailesca (FMCN-CONANP-BIOMASA, 2015) se desarrollaron modelos conceptuales de régimen del fuego, para describir la influencia de la alteración de los regímenes de fuego y su relación con el ecosistema.



Fuente: Modificado de FMCN-CONANP-BIOMASA (2015).

Ilustración 2. Modelo conceptual de régimen de fuego para Bosque de Pino.

Estado ecológico 1: Bosque de Pino, cobertura mayor a 50%, modelo conceptual de combustible 8, cargas de combustibles promedio, con mayor presencia de combustibles finos (1 y 10 h). **Estado ecológico 2:** Bosque adulto de pino, cobertura menor al 50%, modelo conceptual de combustible 5, carga de

combustible mayor al promedio, con mayor presencia de combustibles de 100 h, con poca regeneración natural. **Estado ecológico 3:** Sabanas de pino, cobertura menor al 30%, presencia de pastos y arbustos, modelo conceptual de combustible 2, carga de combustible menor a la carga promedio, mayor presencia de combustibles de 1 h y 10 h. **Estado ecológico 4:** Pastizales, sin estrato arbóreo presente, modelo conceptual de combustibles 1, con carga de combustible menor a la carga promedio, combustibles de 1 h y 10 h.

- **Sensibles:** en estos ecosistemas, los incendios intensos, frecuentes y de larga duración eran, hasta hace poco tiempo, ocurrencias raras. Estas áreas son frescas o húmedas, y poseen una vegetación y una estructura del ecosistema que inhibe el inicio o la propagación del fuego (TNC, 2004). La mayoría de las especies no han evolucionado de manera considerable en adaptaciones al fuego (Shlisky *et al.*, 2007).
- **Independientes:** no hay incendios, en gran parte, debido a la falta de vegetación o de fuentes de encendido (TNC, 2004), o fuentes de ignición que permitirían al fuego actuar como una fuerza evolutiva (Shlisky *et al.*, 2007).
- **Influídos:** Están vinculados jerárquicamente a ecosistemas dependientes o sensibles al fuego, se encuentran como transición entre éstos. Son ecosistemas sensibles que contienen especies que pueden responder positivamente al fuego, o ecosistemas que podrían subsistir, sin la presencia del fuego; el fuego puede ser un factor en la creación de ciertos hábitats, al abrir los doseles del bosque o de los arbustos, iniciando una sucesión y manteniendo la vegetación de transición (Myers, 2006a).

Esta clasificación, puede entenderse, por las adaptaciones que presentan los organismos vegetales, en cada ecosistema (Tabla 2), características que hacen que un ecosistema sea más resiliente que otro, con respeto a la presencia del fuego, natural, prescrito o negligente.

Tabla 2. Adaptaciones al fuego de los ecosistemas en México.

Ecosistema	Adaptación al fuego
Selva Alta Perennifolia	La mayoría de plantas no muestran adaptaciones al fuego. Es un ecosistema sensible, dada la delgadez de su corteza, sin embargo, las especies arbóreas que están presentes en selvas y sabanas si presentan adaptaciones, como la capacidad de rebrote o la necesidad de escarificación de la semilla con las altas temperaturas.
Selva Mediana Subperennifolia	
Selva Baja Caducifolia	Estos bosques, son considerados sensibles al fuego. En selvas bajas más secas, con menor diversidad arbórea, tiende a haber más especies adaptadas al fuego, que en selvas más húmedas y diversas en árboles; las principales adaptaciones, son la resistencia al fuego gracias a la corteza gruesa, la tolerancia vía capacidad de rebrote y la eliminación de la latencia física de la semilla.

Bosque de Pino	<p>En general, son resistentes al fuego, pero diversas especies cuentan con características de tolerancia a las llamas, como corteza gruesa, el estado cespitoso, la poda natural y el rápido crecimiento juvenil, enraizamiento profundo, maduración rápida, espaciamento y yemas grandes protegidas con escamas.</p> <p>En el sotobosque se encuentran especies herbáceas tolerantes a los incendios, que se recuperan mediante rebrotes a partir de rizomas, estolones, bulbos o raíces; las especies arbustivas suelen rebrotar de su base, o bien, de yemas epicórmicas a lo largo de su tallo y ramas; diversas especies arbustivas o herbáceas se regeneran por semilla sobre sitios recientemente incendiados.</p> <p>De manera general, se puede decir, que en la sección Haploxyton prevalecen pinos sensibles al fuego y en la sección Diploxyton están los adaptados al fuego.</p>
Bosque de Encino	<p>La mayoría de los encinos, en México, presentan adaptaciones al fuego, como capacidad de rebrote y corteza gruesa, los encinos, son tolerantes al fuego más que resistentes, al contrario de los Pinos, que son más resistentes que tolerantes.</p> <p>Las especies con bellota pequeña o mediana, tienden a estar más adaptadas al fuego que aquellas de bellota grande.</p>
Bosque Mesófilo de Montaña	<p>La mayoría de las especies arbóreas tienen corteza delgada y sufren una elevada mortalidad por fuego; son sensibles a este factor, y no pueden rebrotar. Los individuos juveniles y en regeneración son aún más susceptibles; entre los adultos, las especies que logran rebrotar, lo hacen más vigorosamente.</p> <p>El fuego es un elemento raro, en el ambiente de este tipo de vegetación, por lo que no se han desarrollado adaptaciones de especies para resistirlo o tolerarlo.</p>
Pastos Inducidos/Cultivados	<p>Tipo de vegetación adaptado a diversas perturbaciones, como sequías, heladas, fuego, herbivoría e inundaciones, algunos están adaptados a elevada salinidad o suelos yesosos, su intervalo altitudinal, es el más alto, encontrándose desde nivel del mar hasta más de 4300 msnm, pueden estar solos o pertenecer a otras asociaciones, como bosques abiertos, matorrales, sabanas, palmares y selvas abiertas, el fuego es un factor ecológico a lo largo de todo el intervalo altitudinal y asociaciones.</p> <p>Las adaptaciones al fuego, en los pastos, son semejantes a las del pastoreo y sequía: entrenudos basales cortos, crecimiento vegetativo por rizomas y estolones, meristemas basales en las hojas lineales que protegen puntos de crecimiento, hábitos de crecimiento anual, abundante producción de semillas, adaptación de frutos para una rápida dispersión y fijación en el suelo, pequeños periodos para una rápida elongación vigorosa de los tallos y maduración (Cantú, 1984; citado por Rodríguez-Trejo, 2014).</p>

Fuente: Rodríguez-Trejo (2014).

2.3.5.2. Uso de quemas prescritas como parte del manejo integral de un ecosistema.

La quema prescrita, es una herramienta para reducir los combustibles y restaurar un proceso de perturbación a los paisajes que históricamente experimentaron el fuego (Knapp *et al.*, 2009).

La investigación ha mejorado nuestra comprensión de la ecología asociada con las quemas prescritas, y seguirá desempeñando un papel importante en el manejo exitoso del fuego (Ryan *et al.*, 2013).

La respuesta de los organismos al fuego prescrito, depende de complejas interacciones entre factores, tales como, el momento de la quema prescrita, en relación con la temporada histórica de incendios, la etapa fenológica de los organismos en el momento

de la quema, las diferencias en la severidad del fuego entre las etapas de la combustión y la variación del clima, dentro y entre las etapas de la quema (Knapp *et al.*, 2009).

El fuego prescrito y la silvicultura, pueden ir de la mano para la restauración de los bosques y de los ecosistemas (Brown, 2000b). Un aspecto importante del uso del fuego como herramienta de restauración del hábitat, es su papel en el manejo de plantas invasoras, que pueden incluir plantas anuales, perennes y especies leñosas (DiTomaso, 2006).

2.3.5.3. Antecedentes del uso del fuego prescrito como herramienta de control para PEI.

El fuego, es un factor natural de control de PEI, que ha convivido a través del tiempo de manera natural con los pastizales (Miranda-Baeza *et al.*, 2009). Sin embargo, la investigación, sobre el fuego, como herramienta para el manejo de las áreas naturales, es reciente y el número de especies estudiadas en comparación con la multitud de especies (invasoras) de preocupación, es pequeño (LeQuire, 2009).

La historia de vida de las plantas invasoras, a menudo, puede determinar su susceptibilidad directa al fuego (DiTomaso, 2006). Plantas con yemas localizadas en la capa orgánica combustible, pueden sobrevivir, si la materia orgánica no se quema, plantas con yemas en el suelo mineral, tienen gran potencial para sobrevivir; cuanto más profundo es el tejido perenne, más probable es su supervivencia. Las yemas latentes o adventicias pueden encontrarse en estolones, coronas de raíces, rizomas, raíces, bulbos y cormos (Zouhar *et al.*, 2008).

En el oeste de los Estados Unidos, el fuego (prescrito) es más efectivo en especies anuales de pastos y hierbas de hoja ancha. Sin embargo, muchos pastos anuales y herbáceas de praderas o bosques, en el oeste, son anuales de invierno, que generalmente germinan con las primeras lluvias del otoño y maduran a mediados o finales de la primavera (DiTomaso, 2006). La quema prescrita, es una herramienta valiosa en el esfuerzo para manejar las plantas invasoras, el fuego puede reducir el volumen de material vegetal, y se ha demostrado que reduce el restablecimiento de las plantas invasoras (Minnich, 2006).

La respuesta de las comunidades de plantas al fuego, dependen de una serie de factores, incluyendo la frecuencia y severidad del fuego, extensión temporal y espacial de la quema, vegetación de sucesión de quemados anteriores (incluyendo exóticas) y su fenología, condiciones de sitio (particularmente humedad, nutrientes disponibles, luz, e historial de disturbios), y condiciones después del fuego, incluyendo tiempo atmosférico y disponibilidad de semillas de plantas invasoras (Klinger *et al.*, 2006a; Pyke *et al.*, en revisión; Stohlgren *et al.*, 2005; citados por Smith *et al.*, 2008).

En México, existe poca información, sobre el uso del fuego para control de PEI. Uno de estos ejemplos, tuvo lugar en el Municipio de Satevo, Chihuahua, en una propiedad particular, se realizó un estudio con fuego prescrito, con el objetivo de controlar una especie invasora y aumentar la producción de forraje, en específico, fue con zacate rosado (*Melinis repens*). En este estudio Miranda-Baeza *et al.* (2009), concluyen que el uso de fuego controlado, no es una alternativa que frene drásticamente la población cada vez más rápida de la especie invasora (*Melinis repens*); sin embargo, recomiendan aplicar el

fuego prescrito en diferentes temporadas para determinar la reacción que tenga el zacate rosado, ya que, en esta ocasión, solo se utilizó en la primavera. Las quemas prescritas, pueden ser una alternativa para eliminar la cantidad de materia seca que produce el zacate rosado y dar oportunidad de rebrotar a las especies nativas. Miranda-Baeza *et al.* (2009) también encontraron que, a mayor intensidad de fuego, se frena un poco la propagación del zacate rosado, propiciando la rehabilitación de los pastos nativos.

El fuego prescrito, es una fuente de contaminación puntual y, por lo tanto, fácil de regular (Ryan *et al.*, 2013); lo que significa, que las emisiones de gases de efecto invernadero, no podrán verse como un problema, considerando que la combustión de la biomasa ha formado parte del ciclo de carbono durante millones de años (Bowman *et al.*, 2009, Scott & Glaspool, 2006; citados por Jardel *et al.*, 2015) y que las quemas prescritas pueden mantener el balance de carbono (Hurteau, 2008 Wiedinmeyer & Hurteau, 2010; citados por Jardel *et al.*, 2015).

Investigaciones muestran que los incendios forestales contribuyen mucho más en la contaminación de aire que las quemas prescritas (Bidwell *et al.*, 2004); quemando bajo condiciones atmosféricas relativamente moderadas, un fuego prescrito produce baja intensidad de quema y generalmente, menos emisiones de carbono comparadas con un fuego que quema bajo condiciones de un incendio forestal (Heikkilä *et al.*, 2010).

Por ejemplo, en Australia, como parte de una estrategia para la disminución de emisiones de gases de efecto invernadero, se realizan quemas prescritas estratégicas al inicio de la temporada seca, ya que los fuegos al final de la temporada seca emiten 52% más emisiones por unidad de área que los fuegos al inicio de la temporada seca (Russell-Smith *et al.*, 2009; citado por Maraseni *et al.*, 2016).

El factor de emisión del combustible quemado está en función de la eficiencia de combustión y la biomasa consumida (factor de consumo); estos factores están fuertemente influenciados por el comportamiento del fuego, principalmente intensidad calórica y velocidad de propagación.

En una quema prescrita, estos dos elementos del comportamiento del fuego se pueden controlar mediante la ventana de prescripción, que indica los parámetros necesarios para que el fuego tenga un comportamiento específico, de acuerdo a los objetivos de la quema prescrita. Los patrones de ignición (técnicas de ignición), también pueden influenciar el comportamiento del fuego.

Teniendo en cuenta que más del 99% de las quemas prescritas (en Estados Unidos), se llevan a cabo con éxito dentro de los perímetros previstos (Dether & Black 2006; citados por Ryan *et al.*, 2013), el fuego prescrito podrá ser una herramienta de mucha ayuda en el control y erradicación de PEI, siempre y cuando se desarrollen programas específicos a cargo de técnicos con experiencia en elaboración de planes de quemas prescritas y en la ejecución de las mismas.

LeQuire (2009) ha encontrado 4 factores claves para comprender el alcance del uso del fuego prescrito como herramienta de control y erradicación de especies invasoras.

1. El fuego (prescrito) por sí solo, rara vez alcanzará los objetivos a largo plazo de supresión de plantas invasoras, será más efectivo como parte de una estrategia integrada que combine otros métodos de control, incluyendo herramientas mecánicas, culturales y biológicas.
2. Las quemas repetidas o incendios intensos pueden tener efectos negativos en la vegetación, pero en general, el uso cuidadoso del fuego puede ser menos destructivo que algunas otras formas de control.
3. Históricamente, muchos de las investigaciones del uso del fuego como control de invasoras ha sido conducido en terrenos agrícolas y en solo algunas especies. Mas investigaciones sobre el uso del fuego en terrenos forestales son necesarias.
4. Los métodos de control alternativos como corte, herbicidas, y pastoreo puede ser usado para manipular la intensidad del fuego y optimizar los efectos positivos de la quema prescrita.

Estos hallazgos son importantes para que los administradores de recursos puedan establecer una estrategia integral considerando el fuego prescrito como una herramienta más para cumplir con el propósito del control y erradicación de PEI.

Capítulo III. Diagnóstico de las PEI en México

3.1. Plantas exóticas invasoras.

Para efectos del presente documento, se considerarán las siguientes definiciones:

Especies nativas: También llamadas autóctonas o indígenas. Se refiere a especies, subespecies o taxones menores que se presentan dentro de su área natural de distribución, y su área de dispersión potencial (i.e., dentro del área que ocupan naturalmente o que pudieran ocupar sin la intervención directa o indirecta de los humanos) (IUCN, 2000).

Especies exóticas: También llamadas alóctonas, no nativas, no indígenas o alienígenas. Se refiere a especies, subespecies o taxones menores que se presentan fuera de su área natural de distribución y su área de dispersión potencial (ejemplo: fuera del área que ocupan naturalmente o que pudieran ocupar sin la intervención directa o indirecta de los humanos). Incluyen, cualquier parte del organismo, gametos o propágulos de la especie que pudieran sobrevivir y reproducirse subsecuentemente (IUCN, 2000).

La Ley General de Vida Silvestre (LGVS), señala que una especie exótica invasora: Es aquella especie o población que no es nativa, que se encuentra fuera de su ámbito de distribución natural, que es capaz de sobrevivir, reproducirse y establecerse en hábitats y ecosistemas naturales, y que amenaza la diversidad biológica nativa, la economía o la salud pública (DOF, 2016a). En específico, para especies vegetales, la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS) define a la vegetación exótica como el Conjunto de plantas arbóreas, arbustivas o crasas ajenas a los ecosistemas naturales (DOF, 2016b).

El control y la erradicación de las especies invasoras, no representan un objetivo de conservación en sí mismo, sino un instrumento fundamental para alcanzar la conservación de la biodiversidad y mantener el funcionamiento de los procesos ecológicos que son el sustento de los bienes y servicios que requerimos para nuestra vida diaria (CANEI, 2010).

Una revisión de las políticas públicas, que influyen en el control y erradicación de las EEI, en México, así como los vacíos y conflictos que se presentan en la tarea del control de especies invasoras, se describe en la Tabla 3.

Tabla 3. Legislación Mexicana sobre PEI.

Instrumento legal	Relación con las EEI	Autoridades competentes	Vacíos o conflictos
Ley Federal de Sanidad Vegetal	Su enfoque principal, es la gestión preventiva de la sanidad vinculada con la producción primaria de vegetales (agricultura). Desarrolla de manera extensa los aspectos conceptuales y operativos relacionados con el monitoreo y vigilancia, la detección temprana, la respuesta rápida y las acciones de control y erradicación. Regula además los traslados internos y movimientos transfronterizos. Cuenta con disposiciones derivadas (NOM, lineamientos, acuerdos).	SENASICA DGSV	Otras leyes como la LGDFS y la LGVS remiten a ella para la regulación de los aspectos sanitarios y probablemente existan vacíos o conflictos por falta de normas específicas.

Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente	<p>Se trata de una ley amplia en materia ambiental. Sus disposiciones más relevantes para EEI:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Establecen el procedimiento de evaluación de impactos y riesgos ambientales en todo el territorio nacional. • Ordenan la existencia de un sistema de ANP. • Determinan la consideración de criterios para la preservación y el aprovechamiento sustentable de la flora y fauna silvestre, y en la protección y conservación de la flora y fauna del territorio nacional contra la acción perjudicial de especies exóticas invasoras, plagas y enfermedades. 	SEMARNAT DGIRA DGVS CONANP	Suele criticarse su aplicación en cuanto a la prevención de impactos y riesgos. Dentro de ANP, sólo para subzonas de recuperación señala el uso preferente de especies nativas o especies compatibles con los ecosistemas originales.
Ley General de Vida Silvestre	<ul style="list-style-type: none"> • Trata el tema desde julio de 2000, como: <ol style="list-style-type: none"> a) Ejemplares y poblaciones exóticos, que deben sujetarse a un manejo en confinamiento controlado, definiendo medidas de contingencia en el plan de manejo correspondiente. b) Ejemplares y poblaciones que se tornen perjudiciales, susceptibles de medidas de manejo, control y erradicación/remediación. • Desde las modificaciones de abril de 2010, hace referencia textual a las EEI, enfatizando lo anterior y previendo la publicación de listas y disposiciones para la prevención de su importación, así como para su manejo, control y erradicación. • Establece desde sus orígenes, además, requisitos para el movimiento de ejemplares de especies silvestres en el territorio nacional y para su importación. • Otorga atribuciones a los gobiernos de las entidades federativas, sobre ejemplares y poblaciones ferales. 	SEMARNAT DGVS	Sería conveniente que esta ley relacionara explícitamente los distintos conceptos que incluye vinculados con EEI. Tanto en ella como en su reglamento podrían fortalecerse la prevención, la detección temprana, la respuesta rápida y los mecanismos de control y erradicación.
Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable	<ul style="list-style-type: none"> • Establece disposiciones en materia de sanidad forestal. • Obliga a la CONAFOR a establecer un sistema permanente de evaluación y alerta temprana de la condición sanitaria de los terrenos forestales. • Da prioridad a la utilización de especies nativas que “tecnológica y económicamente sean viables” para el desarrollo de plantaciones comerciales y acciones de reforestación. 	SEMARNAT DGGFS CONAFOR	<ul style="list-style-type: none"> • Permite establecer plantaciones forestales comerciales con especies exóticas que vegetación primaria nativa. • Deja abierta la posibilidad de utilizar especies exóticas para reforestar.

Fuente: Modificado de Ortiz Monasterio, 2014.

3.1.1. Presencia.

En México, se han identificado 1,789 especies invasoras, clasificadas en los grupos de Algas, Bacterias, Protoctistas (158), Anfibios (5), Aves (23), Hongos (10), Invertebrados (388), Mamíferos (25), Peces (158), Plantas (960), Reptiles (56) y Virus (6) (CONABIO, comunicación personal, 2016).

La Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO, 2015), reporta la presencia de 578 especies de plantas en México, de las cuales, 116 son invasoras y tres se encuentran en segunda evaluación, el resto, se reporta como presente, pero sin estatus. Adicionalmente, se reportan 4 especies por confirmar su presencia en México (CONABIO, 2016).

3.1.2. Descripción.

En términos generales, las especies exóticas presentan características intrínsecas que se distinguen fundamentalmente de las especies nativas y que posiblemente favorecen su éxito, mencionándose como las principales: el alto número de semillas, las altas tasas de germinación y sobrevivencia, así como las altas tasas relativas de crecimiento (Mack & Pyke, 1983; Arredondo *et al.*, 1998; Esqueda *et al.*, 2005; James & Drenovsky, 2007; citados por Carrillo *et al.*, 2009).

3.1.3. Lista de especies.

De las 116 especies reportadas para México (Tabla 4), se pueden agrupar en dos divisiones, tres clases, 29 órdenes y 39 familias (CONABIO, 2015).

Tabla 4. Lista de especies de plantas exóticas invasoras con presencia reportada en México, ordenadas por familias.

División	Clase	Orden	Familia	Nombre científico
Magnoliophyta	Magnoliopsida	Lamiales	Acanthaceae	<i>Thunbergia alata</i>
Magnoliophyta	Magnoliopsida	Caryophyllales	Aizoaceae	<i>Carpobrotus edulis</i>
Magnoliophyta	Magnoliopsida	Caryophyllales	Aizoaceae	<i>Mesembryanthemum crystallinum</i>
Magnoliophyta	Magnoliopsida	Caryophyllales	Amaranthaceae	<i>Atriplex semibaccata</i>
Magnoliophyta	Magnoliopsida	Apiales	Apiaceae	<i>Centella asiatica</i>
Magnoliophyta	Magnoliopsida	Apiales	Apiaceae	<i>Conium maculatum</i>
Magnoliophyta	Magnoliopsida	Apiales	Apiaceae	<i>Foeniculum vulgare</i>
Magnoliophyta	Magnoliopsida	Gentianales	Apocynaceae	<i>Catharanthus roseus</i>
Magnoliophyta	Magnoliopsida	Gentianales	Apocynaceae	<i>Cryptostegia grandiflora</i>
Magnoliophyta	Liliopsida	Arales	Araceae	<i>Zantedeschia aethiopica</i>
Magnoliophyta	Magnoliopsida	Apiales	Araliaceae	<i>Hedera helix</i>
Magnoliophyta	Liliopsida	Asparagales	Asphodelaceae	<i>Asphodelus fistulosus</i>
Magnoliophyta	Magnoliopsida	Asterales	Asteraceae	<i>Anaphalis margaritacea</i>
Magnoliophyta	Magnoliopsida	Asterales	Asteraceae	<i>Anthemis cotula</i>
Magnoliophyta	Magnoliopsida	Asterales	Asteraceae	<i>Centaurea calcitrapa</i>
Magnoliophyta	Magnoliopsida	Asterales	Asteraceae	<i>Centaurea melitensis</i>
Magnoliophyta	Magnoliopsida	Asterales	Asteraceae	<i>Cirsium vulgare</i>
Magnoliophyta	Magnoliopsida	Asterales	Asteraceae	<i>Cotula australis</i>
Magnoliophyta	Magnoliopsida	Asterales	Asteraceae	<i>Cynara cardunculus</i>
Magnoliophyta	Magnoliopsida	Asterales	Asteraceae	<i>Chrysanthemum coronarium</i>
Magnoliophyta	Magnoliopsida	Asterales	Asteraceae	<i>Emilia fosbergii</i>
Magnoliophyta	Magnoliopsida	Asterales	Asteraceae	<i>Emilia sonchifolia</i>
Magnoliophyta	Magnoliopsida	Asterales	Asteraceae	<i>Guizotia abyssinica</i>
Magnoliophyta	Magnoliopsida	Asterales	Asteraceae	<i>Helminthotheca echioides</i>
Magnoliophyta	Magnoliopsida	Asterales	Asteraceae	<i>Hypochaeris radicata</i>
Magnoliophyta	Magnoliopsida	Asterales	Asteraceae	<i>Senecio inaequidens</i>
Magnoliophyta	Magnoliopsida	Asterales	Asteraceae	<i>Senecio madagascariensis</i>
Magnoliophyta	Magnoliopsida	Asterales	Asteraceae	<i>Soliva sessilis</i>

Proyecto GEF-Invasoras_ **SDC-32-2016** “Servicios de consultoría para elaborar un estudio sobre manejo del fuego con enfoque al control y combate de plantas invasoras en México.”

Magnoliophyta	Magnoliopsida	Boraginales	Boraginaceae	<i>Cynoglossum amabile</i>
Magnoliophyta	Magnoliopsida	Capparales	Brassicaceae	<i>Brassica tournefortii</i>
Magnoliophyta	Magnoliopsida	Capparales	Brassicaceae	<i>Camelina sativa</i>
Magnoliophyta	Magnoliopsida	Capparales	Brassicaceae	<i>Cardamine hirsuta</i>
Magnoliophyta	Magnoliopsida	Capparales	Brassicaceae	<i>Hirschfeldia incana</i>
Magnoliophyta	Magnoliopsida	Capparales	Brassicaceae	<i>Lepidium draba</i>
Magnoliophyta	Magnoliopsida	Capparales	Brassicaceae	<i>Lepidium latifolium</i>
Magnoliophyta	Magnoliopsida	Euphorbiales	Buxaceae	<i>Buxus microphylla</i>
Magnoliophyta	Magnoliopsida	Caryophyllales	Caryophyllaceae	<i>Agrostemma githago</i>
Magnoliophyta	Magnoliopsida	Casuarinales	Casuarinaceae	<i>Casuarina cunninghamiana</i>
Magnoliophyta	Magnoliopsida	Casuarinales	Casuarinaceae	<i>Casuarina equisetifolia</i>
Magnoliophyta	Liliopsida	Commelinales	Commelinaceae	<i>Commelina benghalensis</i>
Magnoliophyta	Magnoliopsida	Solanales	Convolvulaceae	<i>Ipomoea aquatica</i>
Magnoliophyta	Magnoliopsida	Rosales	Crassulaceae	<i>Bryophyllum delagoense</i>
Magnoliophyta	Magnoliopsida	Violales	Cucurbitaceae	<i>Cucumis dipsaceus</i>
Magnoliophyta	Liliopsida	Cyperales	Cyperaceae	<i>Cyperus papyrus</i>
Magnoliophyta	Magnoliopsida	Caryophyllales	Chenopodiaceae	<i>Bassia scoparia</i>
Pteridophyta	Equisetopsida	Equisetales	Equisetaceae	<i>Equisetum arvense</i>
Magnoliophyta	Magnoliopsida	Malpighiales	Euphorbiaceae	<i>Euphorbia esula</i>
Magnoliophyta	Magnoliopsida	Malpighiales	Euphorbiaceae	<i>Euphorbia terracina</i>
Magnoliophyta	Magnoliopsida	Malpighiales	Euphorbiaceae	<i>Mercurialis annua</i>
Magnoliophyta	Magnoliopsida	Geraniales	Geraniaceae	<i>Erodium malacoides</i>
Magnoliophyta	Magnoliopsida	Lamiales	Lamiaceae	<i>Leonotis nepetifolia</i>
Magnoliophyta	Magnoliopsida	Fabales	Leguminosae	<i>Abrus precatorius</i>
Magnoliophyta	Magnoliopsida	Fabales	Leguminosae	<i>Acacia melanoxylon</i>
Magnoliophyta	Magnoliopsida	Fabales	Leguminosae	<i>Albizia lebeck</i>
Magnoliophyta	Magnoliopsida	Fabales	Leguminosae	<i>Alhagi maurorum</i>
Magnoliophyta	Magnoliopsida	Fabales	Leguminosae	<i>Cajanus cajan</i>
Magnoliophyta	Magnoliopsida	Fabales	Leguminosae	<i>Crotalaria retusa</i>
Magnoliophyta	Magnoliopsida	Fabales	Leguminosae	<i>Mucuna pruriens utilis</i>
Magnoliophyta	Magnoliopsida	Fabales	Leguminosae	<i>Pueraria phaseoloides</i>
Magnoliophyta	Magnoliopsida	Fabales	Leguminosae	<i>Securigera varia</i>
Magnoliophyta	Magnoliopsida	Fabales	Leguminosae	<i>Senna siamea</i>
Magnoliophyta	Magnoliopsida	Fabales	Leguminosae	<i>Sesbania grandiflora</i>
Magnoliophyta	Magnoliopsida	Fabales	Leguminosae	<i>Spartium junceum</i>
Magnoliophyta	Magnoliopsida	Myrtales	Lythraceae	<i>Lythrum salicaria</i>
Magnoliophyta	Magnoliopsida	Malvales	Malvaceae	<i>Abutilon theophrasti</i>
Magnoliophyta	Magnoliopsida	Myrtales	Myrtaceae	<i>Callistemon citrinus</i>
Magnoliophyta	Magnoliopsida	Myrtales	Myrtaceae	<i>Eucalyptus camaldulensis</i>
Magnoliophyta	Magnoliopsida	Myrtales	Myrtaceae	<i>Eucalyptus globulus</i>
Magnoliophyta	Magnoliopsida	Myrtales	Myrtaceae	<i>Melaleuca quinquenervia</i>
Magnoliophyta	Liliopsida	Liliales	Orchidaceae	<i>Oeceoclades maculata</i>
Magnoliophyta	Magnoliopsida	Geraniales	Oxalidaceae	<i>Oxalis articulata</i>
Magnoliophyta	Magnoliopsida	Geraniales	Oxalidaceae	<i>Oxalis pes-caprae</i>
Magnoliophyta	Magnoliopsida	Malpighiales	Passifloraceae	<i>Passiflora mollissima</i>
Magnoliophyta	Magnoliopsida	Plantaginales	Plantaginaceae	<i>Digitalis purpurea</i>
Magnoliophyta	Magnoliopsida	Plantaginales	Plantaginaceae	<i>Veronica arvensis</i>
Magnoliophyta	Liliopsida	Poales	Poaceae	<i>Aegilops cylindrica</i>
Magnoliophyta	Liliopsida	Poales	Poaceae	<i>Agrostis gigantea</i>
Magnoliophyta	Liliopsida	Poales	Poaceae	<i>Agrostis stolonifera</i>
Magnoliophyta	Liliopsida	Poales	Poaceae	<i>Alopecurus myosuroides</i>
Magnoliophyta	Liliopsida	Poales	Poaceae	<i>Andropogon gayanus</i>
Magnoliophyta	Liliopsida	Poales	Poaceae	<i>Anthoxanthum odoratum</i>

Magnoliophyta	Liliopsida	Poales	Poaceae	<i>Arthraxon hispidus</i>
Magnoliophyta	Liliopsida	Poales	Poaceae	<i>Arundo donax</i>
Magnoliophyta	Liliopsida	Poales	Poaceae	<i>Bambusa vulgaris</i>
Magnoliophyta	Liliopsida	Poales	Poaceae	<i>Bromus rubens</i>
Magnoliophyta	Liliopsida	Poales	Poaceae	<i>Bromus tectorum</i>
Magnoliophyta	Liliopsida	Poales	Poaceae	<i>Cenchrus ciliaris</i>
Magnoliophyta	Liliopsida	Poales	Poaceae	<i>Coix lacryma-jobi</i>
Magnoliophyta	Liliopsida	Poales	Poaceae	<i>Cortaderia selloana</i>
Magnoliophyta	Liliopsida	Poales	Poaceae	<i>Dactylis glomerata</i>
Magnoliophyta	Liliopsida	Poales	Poaceae	<i>Dactyloctenium aegyptium</i>
Magnoliophyta	Liliopsida	Poales	Poaceae	<i>Digitaria abyssinica</i>
Magnoliophyta	Liliopsida	Poales	Poaceae	<i>Digitaria sanguinalis</i>
Magnoliophyta	Liliopsida	Poales	Poaceae	<i>Digitaria velutina</i>
Magnoliophyta	Liliopsida	Poales	Poaceae	<i>Eleusine indica brachystachya</i>
Magnoliophyta	Liliopsida	Poales	Poaceae	<i>Elymus repens</i>
Magnoliophyta	Liliopsida	Poales	Poaceae	<i>Eragrostis curvula</i>
Magnoliophyta	Liliopsida	Poales	Poaceae	<i>Hordeum murinum glaucum</i>
Magnoliophyta	Liliopsida	Poales	Poaceae	<i>Hyparrhenia hirta</i>
Magnoliophyta	Liliopsida	Poales	Poaceae	<i>Hyparrhenia rufa</i>
Magnoliophyta	Liliopsida	Poales	Poaceae	<i>Melinis minutiflora</i>
Magnoliophyta	Liliopsida	Poales	Poaceae	<i>Melinis repens</i>
Magnoliophyta	Liliopsida	Poales	Poaceae	<i>Panicum repens</i>
Magnoliophyta	Liliopsida	Poales	Poaceae	<i>Pennisetum clandestinum</i>
Magnoliophyta	Liliopsida	Poales	Poaceae	<i>Pennisetum purpureum</i>
Magnoliophyta	Liliopsida	Poales	Poaceae	<i>Pennisetum setaceum</i>
Magnoliophyta	Liliopsida	Poales	Poaceae	<i>Poa pratensis</i>
Magnoliophyta	Liliopsida	Poales	Poaceae	<i>Polypogon monspeliensis</i>
Magnoliophyta	Liliopsida	Poales	Poaceae	<i>Rottboellia cochinchinensis</i>
Magnoliophyta	Magnoliopsida	Polygonales	Polygonaceae	<i>Polygonum nepalense</i>
Magnoliophyta	Liliopsida	Pontederiales	Pontederiaceae	<i>Eichhornia crassipes</i>
Magnoliophyta	Magnoliopsida	Rubiales	Rubiaceae	<i>Richardia brasiliensis</i>
Magnoliophyta	Magnoliopsida	Solanales	Solanaceae	<i>Solanum (Leptostemomum) marginatum</i>
Magnoliophyta	Magnoliopsida	Violales	Tamaricaceae	<i>Tamarix aphylla</i>
Magnoliophyta	Magnoliopsida	Violales	Tamaricaceae	<i>Tamarix ramosissima</i>
Magnoliophyta	Liliopsida	Zingiberales	Zingiberaceae	<i>Hedychium coronarium</i>

Fuente: Modificado de CONABIO (2015).

3.1.4. Listado de PEI susceptibles de control mediante el uso de fuego prescrito.

Para determinar qué especies de plantas pueden ser controladas a través del uso del fuego prescrito, es preciso determinar los hábitos de crecimiento de cada una. Para enfocar este estudio, en primera instancia solo se contemplarán especies herbáceas o arbustivas que pertenezcan al grupo de combustibles ligeros, ya que, este tipo de combustibles, serán mayormente afectados por el fuego en su estructura y sobrevivencia. Además, como indica DiTomaso (2006), la mayoría de las especies leñosas son difíciles de controlar con una quema prescrita.

Un principio clave en el control de las plantas invasoras con fuego, es interrumpir el ciclo reproductivo matando a la planta objetivo antes de que produzca semillas viables o destruyendo las semillas antes de que puedan germinar o dispersarse (LeQuire, 2009).

El total de especies de la tabla 4, se dividen en tres clases: Magnoliopsida, Liliopsida y Equisetopsida, con 39 familias, de acuerdo a los hábitos de crecimiento (Tabla 5).

Tabla 5. Clasificación de plantas invasoras por familias y hábito de crecimiento.

Familia	Habito de crecimiento	Especies ⁶
Acanthaceae	Plantas herbáceas	1
Aizoaceae	Plantas herbáceas o subarborescentes	2
Amaranthaceae	Plantas herbáceas o subarborescentes, pocos árboles y trepadoras	1
Apiaceae	Plantas herbáceas y arbustivas	3
Apocynaceae	Plantas arbustivas, arbustos, lianas o hierbas	2
Araceae	Plantas herbáceas terrestres a acuáticas, o enredaderas con raíces aéreas, epífitas, o acuáticas flotantes	1
Araliaceae	Plantas leñosas o raramente herbáceas, a menudo lianas.	1
Asphodelaceae	Plantas herbáceas o raramente árboles	1
Asteraceae	plantas herbáceas, raramente árboles, arbustos o lianas	16
Boraginaceae	Plantas arbóreas, arbustos, bejucos, trepadoras o hierbas	1
Brassicaceae	Plantas herbáceas	6
Buxaceae	Plantas arbustivas o árboles, raramente subarborescentes	1
Caryophyllaceae	Plantas herbáceas, más raramente arbustos o subarborescentes	1
Casuarinaceae	Plantas leñosas, arbóreas o arbustivas	2
Commelinaceae	Plantas herbáceas	1
Convolvulaceae	Plantas herbáceas a veces leñosas	1
Crassulaceae	Plantas herbáceas o raramente subarborescentes	1
Cucurbitaceae	Plantas típicamente trepadoras por zarcillos, en general herbáceas	1
Cyperaceae	Plantas herbáceas, raramente arbustos o lianas	1
Chenopodiaceae	plantas herbáceas (salvo algunos arbustos y trepadoras)	1
Equisetaceae	Plantas herbáceas	1
Euphorbiaceae	Plantas herbáceas, arbustos y árboles con látex	3
Geraniaceae	Plantas herbáceas o subarborescentes	1
Lamiaceae	Plantas herbáceas, también plantas arbustivas y más infrecuentemente enredaderas e incluso árboles	1
Leguminosae	Plantas herbáceas, trepadoras, arbóreas o arbustivas	12
Lythraceae	Plantas herbáceas, arbustos o árboles pequeños	1
Malvaceae	Plantas herbáceas, leñosas o arbustos	1
Myrtaceae	Plantas arbóreas o arbustos, raramente subarborescentes	4
Orchidaceae	Plantas herbáceas, terrestres o epífitas, ocasionalmente trepadoras	1
Oxalidaceae	Plantas herbáceas o raramente leñosas	2
Passifloraceae	Planta arbóreas, arbustos o lianas, a veces herbáceas	1
Plantaginaceae	Plantas herbáceas u ocasionalmente pequeños arbustos o semiarborescentes	2
Poaceae	Plantas herbáceas, o muy raramente leñosas	34
Polygonaceae	Plantas herbáceas, bejucos herbáceos y leñosos, arbustos o árboles	1
Pontederiaceae	Plantas herbáceas, perennes o raramente anuales, flotantes a emergentes acuáticas	1
Rubiaceae	Plantas arbustivas, arbustos, sufrutices, hierbas, enredaderas o lianas	1
Solanaceae	Plantas herbáceas, subarborescentes, arbustos, árboles o lianas	1
Tamaricaceae	Plantas leñosas, arbustos o pequeños arbolillos	2
Zingiberaceae	Plantas herbáceas	1

⁶ Número de especies exóticas invasoras reportadas en México (ver Tabla 4)

Según LeQuire (2009), el conocimiento práctico de la historia de vida de las plantas nativas y no nativas, es esencial, para lograr el objetivo de controlar o eliminar las plantas invasoras, haciendo el menor daño posible a las plantas nativas deseables.

Para el control y erradicación de las PEI, con fuego prescrito, se presume que todas las plantas, con excepción de las acuáticas o semiacuáticas, podrían tener una reacción negativa al fuego, dependiendo de la intensidad calórica y del tiempo de residencia del fuego. Sin embargo, para un primer acercamiento de esta técnica de control, se trabajará solo sobre las plantas herbáceas y algunas arbustivas o subarbustivas que estén presentes en ecosistemas adaptados al fuego.

Estos dos criterios, el conocimiento de los ciclos biológicos de las plantas herbáceas y el daño potencial en este tipo de vegetación, son los que se han utilizado de manera prioritaria para generar el universo de especies que podrán ser tratadas con el uso de fuego prescrito.

El número total de especies que podrán ser testeadas para control con fuego prescrito, de acuerdo a estos dos criterios primarios, es de 64, procedentes de 12 familias (Tabla 6). El listado con los nombres científicos de las 64 especies se presenta en el Anexo 1.

Tabla 6. Número de especies y familias susceptibles de control con fuego prescrito.

<i>Familia</i>	<i>Especies</i>
<i>Acanthaceae</i>	1
<i>Asphodelaceae</i>	1
<i>Asteraceae</i>	16
<i>Brassicaceae</i>	5
<i>Caryophyllaceae</i>	1
<i>Commelinaceae</i>	1
<i>Crassulaceae</i>	1
<i>Chenopodiaceae</i>	1
<i>Equisetaceae</i>	1
<i>Oxalidaceae</i>	2
<i>Poaceae</i>	33
<i>Zingiberaceae</i>	1

La cantidad final de especies que serán testadas para el control con fuego prescrito, estará determinada, principalmente, por su presencia y distribución en los ecosistemas adaptados al fuego, es decir, que la vegetación asociada con PEI presente adaptaciones al fuego: por ejemplo, los bosques de encinos o pino con especies de corteza gruesa. Este criterio corresponde a un primer acercamiento de las pruebas del uso del fuego prescrito, como herramienta para el control de PEI.

3.1.5. Control de plantas exóticas invasoras con quemas prescritas.

Como es mencionado arriba, aunque el fuego se ha utilizado desde la prehistoria para manejar la vegetación, el uso actual del fuego para controlar las plantas (invasoras), es una ciencia incipiente (LeQuire, 2009), que en comparación de otros métodos de control de PEI, no tiene más de 20 años en uso. La eficacia del fuego, en el control de plantas invasoras puede estar muy influenciada por la cantidad de material vegetal que se consume (Brooks, 2006b).

Una preocupación importante, al usar fuegos prescritos, para el manejo de especies invasoras, son los potenciales efectos negativos no deseados del fuego, en las propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo (Allen, 2006). La misma preocupación se mantiene para las especies nativas, con énfasis en las que son de especial interés por características especiales de conservación.

Para desarrollar un plan efectivo y hacer una buena toma de decisiones, los administradores o manejadores del recurso, necesitan entender cómo se maneja la relación entre fuego y plantas exóticas invasoras o plantas exóticas invasoras y fuego (Smith *et al.*, 2008).

Bond & Keeley (2005) hacen una analogía del papel del fuego en los ecosistemas y describen el paralelismo entre el fuego y la herbivoría como consumidor de control, es decir, el fuego cumple el papel de consumidor en una cadena trófica, al igual que los herbívoros, cuando altera significativamente la biomasa, la mezcla de hábitos de crecimiento de las plantas y la composición de especies en un ecosistema.

Cuando un ecosistema es alterado en sus características potenciales, el uso del fuego o herbivoría puede ser necesario para mantener el equilibrio en la cadena trófica del ecosistema. Si se consideran a las PEI como una alteración de las propiedades potenciales del ecosistema, el uso del fuego prescrito puede considerarse como un consumidor de control.

Para considerar la relación entre el fuego y las PEI, es necesario considerar los efectos que el fuego prescrito puede tener en las diferentes formas de vida de las plantas (Tabla 7).

Tabla 7. Efectos del fuego en diferentes formas de vida de las plantas.

Forma de vida	Tejido regenerativo	Exposición del tejido regenerativo a los daños por fuego
Plantas anuales	Semillas que residen en el suelo o bajo el o sobre plantas muertas.	Depende de si la semilla se encuentra sobre el suelo en la planta madre, o debajo del suelo después de la dispersión desde la planta madre.
Bulbos o cormos	Tejido vivo por debajo del suelo.	Protegidos del fuego debido a la protección del suelo sobre ellos.
Plantas rizomáticas	Tejido vivo sobre o debajo del suelo.	Depende del porcentaje de desechos quemados y de la cantidad de combustión lenta.

Arbustos	Tejido vivo sobre el suelo.	Los arbustos no adaptados al fuego pueden ser matados por el fuego debido a su posicionamiento directamente en la zona de llama de fuegos superficiales.
Arboles	Tejido vivo sobre el suelo.	Pueden ser matados por fuego de copa que se transfiere a través de la copa de los árboles o por el fuego superficial que los rodea.

Fuente: Tomado de Brooks & Lusk, 2008.

Para las especies perennes, tanto herbáceas como leñosas, las quemas efectivas deben prevenir la recuperación vegetativa, debido al rebrote de la base de los tallos, raíces o estructuras subterráneas del tallo (DiTomaso, 2006).

Además de suprimir especies invasoras, el fuego prescrito, con regímenes de fuego precisos, en el entorno de zonas forestales, puede beneficiar a las plantas nativas deseables presentes en el sistema, o preparar un sitio para los esfuerzos de revegetación (LeQuire, 2009).

Cuando se piensa en usar el fuego prescrito para control de PEI, para DiTomaso, (s/f citado por LeQuire, 2009), el objetivo no es sólo eliminar a las invasoras (plantas), sino convertir el sistema en uno deseable, ya sea para proporcionar un buen forraje para el ganado o la fauna silvestre, para promover la alta diversidad de especies nativas, raras y en peligro de extinción, o para fines recreativos. Para este estudio en específico, y por la falta de experiencias en México sobre el tema, el objetivo se centra en el control de PEI y la recuperación de la vegetación nativa.

Al respecto, una planificación adecuada de las quemas prescritas permitirá considerar oportunamente todos los factores que favorecen o limitan la realización de estos trabajos. Para ello, será muy importante considerar el cumplimiento cabal de la legislación en la materia, la obtención de los permisos correspondientes, el cumplimiento de estándares de calificación y experiencia del personal involucrado y la coordinación interinstitucional, como premisas fundamentales para alcanzar los objetivos del proyecto.

Por ejemplo, los fuegos más eficaces para controlar las especies de plantas invasoras son, típicamente, los que se administran justo antes de la fijación de las flores o de las semillas, o en la etapa de plántula (Tu *et al.*, 2001).

La restauración de ecosistemas a través del control y erradicación de PEI utilizando el fuego prescrito tendrá éxito si las especies de plantas nativas responden de mejor manera al fuego y/o si las especies de plantas nativas tienen una ventaja competitiva sobre las PEI en el escenario post fuego (Guthrie *et al.*, 2016).

IV. Literatura revisada

Agee, J. K. 1993. Fire ecology of pacific northwest forests. Washington D. C., USA: Island Press.

Allen, E. B. 2006. Effects of Fire on Chemical, Physical, and Biotic Properties of Soil. In: The Use of Fire as a Tool for Controlling Invasive Plants. Cal-IPC Publication 2006-01. DiTomaso, J. M. & Johnson, D. W. (eds.). California Invasive Plant Council: Berkeley, CA. 56 pp.

Ávila-Flores, D. Y. 2013. Régimen de fuego y sus efectos ecológicos en un bosque de coníferas en la Sierra Madre Oriental, México. Tesis Doctoral. Universidad Autónoma de Nuevo León.

Bahro, B., Barber, K. H., Sherlock, J. W. & Yasuda, D. A. 2007. Stewardship and fireshed assessment: a process for designing a landscape fuel treatment strategy. Pages 41–54. In: Powers, R. F. editor. Restoring fire-adapted ecosystems. Proceedings of the 2005 National Silviculture Workshop, June 6–10, 2005, Tahoe City, CA. General Technical Report PSW-GTR-203. USDA Forest Service, Pacific Southwest Research Station. Albany, California, USA.

Benavides-Solorio, J. & MacDonald, L. H. 2001. Post-fire runoff and erosion from simulated rainfall on small plots, Colorado Front Range. Hydrological Processes 15: 2931–2952.

Bidwell, T.G., Engle, D. M., Weir, J. R., Masters, R. E. & Carlson, J. D. 2004. Fire Prescriptions for Maintenance and Restoration of Native Plant Communities. OSU Extension Fact Sheet NREM-2878, Oklahoma Cooperative Extension Service, Oklahoma State University, 8 pp.

BIOMASA. 2011. Programa de Manejo Integral del Fuego de la APRN "La Frailescana". BIOMASA-CONANP-Conservación Internacional. Inédito.

Bond, W. J. & Keeley, J. E. 2005. Fire as global 'herbivore': The ecology and evolution of flammable ecosystems. Trends in Ecology and Evolution 20: 387–394.

Bond, W. J., Woodward, F. I. & Midgley, G. F. 2005. The global distribution of ecosystems in a world without fire. New Phytologist 165: 525–538.

Brooks, M. L. 2006a. Introduction. In: The Use of Fire as a Tool for Controlling Invasive Plants. Cal-IPC Publication 2006-01. DiTomaso, J. M. & Johnson D. W. (eds.). California Invasive Plant Council: Berkeley, CA. 56 pp.

Brooks, M. L. 2006b. Effects of Fire on Plant Communities. In: The Use of Fire as a Tool for Controlling Invasive Plants. Cal-IPC Publication 2006-01. DiTomaso, J. M. & Johnson D. W. (eds.). California Invasive Plant Council: Berkeley, CA. 56 pp.

Brooks, M. & Lusk, M. 2008. Fire Management and Invasive Plants: A Handbook. United States Fish and Wildlife Service, Arlington Virginia, 27 pp.

Brown, J. K. 2000a. Introduction and Fire Regimes. In: Brown, J. K. & Smith, J. K. (eds.). Wildland fire in ecosystems: effects of fire on flora. Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR-42-vol. 2.

Ogden, UT: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. 257 p.

Brown, J. K. 2000b. Ecological Principles, Shifting Fire Regimes and Management Considerations. In: Brown, J. K. & Smith, J. K. (eds.). Wildland fire in ecosystems: effects of fire on flora. Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR-42-vol. 2. Ogden, UT: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. 257 p.

CANEI. 2010. Estrategia nacional sobre especies invasoras en México, prevención, control y erradicación. Comité Asesor Nacional sobre Especies Invasoras, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Comisión Nacional de Áreas Protegidas, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México.

Carrillo S., S. M., Arredondo, T. M., Huber-Sannwald, E. & Flores, J. R. 2009. Comparación en la germinación de semillas y crecimiento de plántulas entre gramíneas nativas y exóticas del pastizal semiárido. Tec Pecú Méx 2009; 47(3): 299–312.

CEMDA. 2012. Estudio para la Identificación y Eliminación de Barreras para la Implementación de Medidas de Mitigación de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero y de Adaptación al Cambio Climático. CEMDA- INECC-PNUD.

CEMDA-FMCN. 2010. Reforma del marco institucional y políticas Públicas municipales en materia de uso y Manejo del fuego en el sureste de México: Recomendaciones de política y legislación para el Manejo del fuego recomendaciones de política y Legislación para el manejo del fuego (MF). CEMDA-FMCN-CEPF-CI-Pronatura.

Cochrane, M. A., Alencar, A., Schulze, M. D., Souza, C. M., Nepstad, D. C., Lefebvre, P. & Davidson, E. A. 1999. Positive feedbacks in the fire dynamic of closed canopy tropical forests. Science 284(5421): 1832-1835.

CONABIO. 2015. Sistema de información sobre especies invasoras en México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.

CONABIO. 2016. Sistema de información sobre especies invasoras en México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.

CONANP. 2011. Estrategia y Lineamientos de Manejo del Fuego en Áreas Naturales Protegidas, Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. México: Semarnat.

CONANP & TNC. 2009. Guía para la elaboración de un Programa de manejo integral del fuego en Áreas Naturales Protegidas y Regiones Prioritarias para la Conservación. CONANP - SEMARNAT. Chiapas, México. 28 pp.

CONANP, CONAFOR, FMCN, USFS, CMF & GIZ. 2011. Guía para la elaboración de programas de manejo del fuego en áreas naturales protegidas y sitios de interés (Contenido del Guion Modelo) México. 107 pp.

CONANP, CONAFOR, FMCN, USFS, CMF & GIZ. 2012. Guía para la Elaboración de Programas de Manejo del Fuego en Áreas Naturales Protegidas y Sitios de Interés (Guía Rápida), México. 60 pp.

De Rouw, A. 1994. Effect of fire on soil, rice, weeds and forest regrowth in a rain forest zone (Côte d'Ivoire). *Catena* 22(2): 133-152.

DOF. 2009. 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.

DOF. 2016a. Ley General de Vida Silvestre. 13 de mayo de 2016.

DOF. 2016b. Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable. 10 de mayo de 2016.

DiTomaso, J. M. 2006. Control of Invasive Plants with Prescribed Fire. In: *The Use of Fire as a Tool for Controlling Invasive Plants*. Cal-IPC Publication 2006-01. DiTomaso, J. M. & Johnson D. W. (eds.). California Invasive Plant Council: Berkeley, CA. 56 pp.

Dornelas, M. 2010. Disturbance and change in biodiversity. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 365(1558): 3719-3727.

FAO. 2000. Tema 7 del programa provisional - Prevención y control de incendios forestales. Vigésimo primera reunión. Comisión Forestal para América Latina y el Caribe. 4-8 de septiembre de 2000, Bogotá, Colombia. FAO: LACFC/2000/8.

FAO. 2007. Manejo del Fuego: principios y acciones estratégicas. Directrices de carácter voluntario para el manejo del fuego. Documento de Trabajo sobre el Manejo del Fuego No.17. Roma.

Fernández, I. C., Olivares, L., Morales, N., Salvatierra, J., Gómez, M. & Montenegro, G. 2010. Restauración Ecológica para Ecosistemas Nativos Afectados por Incendios Forestales. PUC-CONAF. Santiago, Chile. 162 pp.

FMCN-CONANP-BIOMASA. 2015. Programa de Manejo del Fuego (PROMAFU): Área de Protección de Recursos Naturales en los terrenos que se encuentran en los municipios de La Concordia, Ángel Albino Corzo, Villa Flores y Jiquipilas del Estado de Chiapas. Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza/Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas/Biodiversidad, Medio Ambiente, Suelo y Agua A. C. Inédito.

Gómez de la Rúa, D. & Diez M., F. 2009. La domesticación del fuego durante el Pleistoceno inferior y medio: estado de la cuestión. *Veleia: Revista de prehistoria, historia antigua, arqueología y filología clásicas* (26): 189-216.

Guthrie, S. G., Crandall, R. M. & Knight, T. M. 2016. Fire indirectly benefits fitness in two invasive species. *Biological Invasions*, 18, 1265–1273.

Heikkilä, T. V., Grönqvist, R. & Jurvélius, M. 2010. *Wildland Fire Management Handbook for Trainers*. FAO - MFAA – TNC – GFMC. Rome. Italy. 251 pp.

IUCN. 2000. Guidelines for the prevention of biodiversity loss caused by alien invasive species. SSC Invasive Species Specialist Group, Gland, Suiza.

Jardel-Peláez, E. J. 2010. Planificación del Manejo del Fuego. Universidad de Guadalajara-Fundación Manantlán para la Biodiversidad de Occidente-Consejo Civil Mexicano para la Silvicultura Sostenible-Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza. Autlán, Jalisco, México.

Jardel P., E. J., Ramírez V., R., Castillo N., F., García R., S., Balcázar M., O. E., Chacón M., J. C. & Morfín R., J. E. 2006. Manejo del Fuego y Restauración de Bosques en la Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán, México. En: Flores-Garnica, J. G. & Rodríguez-Trejo, D. A. (Eds.). Incendios Forestales. Mundi-Prensa-CONAFOR. México y Madrid. pp. 216-242.

Jardel P., E. J., Balcázar M., O. E., Rodríguez G., J. M., Rodríguez Ch., O. G., Ponce M., O., Quintero G., S. D., Cuevas G., R. & Pizano P., A. 2015. Plan de manejo del fuego de la Junta Intermunicipal de Medio Ambiente para la Gestión Integral de la Cuenca Baja de Río Ayuquila, Jalisco. V 1.2 (documento final en revisión). Inédito.

Juárez, O. S. & Cano, S. Z. 2007. El cuarto elemento y los seres vivos: Ecología del fuego. Ciencias 85, 4-12. Universidad Nacional Autónoma de México, Distrito Federal, México.

Kearney, D. 2015. Cottonwood Gulch-Pratt Prescribed fire plan. Forest Guild. New Mexico. USA. 55 pp.

Knapp, E. E., Estes, B. L. & Skinner, C. N. 2009. Ecological effects of prescribed fire season: a literature review and synthesis for managers. Gen. Tech. Rep. PSW-GTR-224. Albany, CA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Southwest Research Station. 80 p.

LeQuire, E. 2009. Using Fire to Manage Invasive Vegetation: The State of the Art. *Fire Science Brief*, JFSP Briefs. Paper 137. Issue 37-1. 1-6.

Lloret, F. 2004. Régimen de incendios y regeneración. En: Valladares, F. 2004. Ecología del bosque mediterráneo en un mundo cambiante. Páginas 101-126. Ministerio de Medio Ambiente, EGRAF, S. A., Madrid. ISBN: 84-8014-552-8.

Maraseni, T. N., Reardon-Smith, K., Griffiths, G. & Apan, A. 2016. Savanna burning methodology for fire management and emissions reduction: a critical review of influencing factors. Carbon Balance Management. 11:25. 1-11.

Medina G., F. J. 2014. Políticas de manejo del fuego en áreas naturales protegidas. Subdirección de Proyectos Estratégicos, Dirección Regional de Operación Regional, CONANP. SEMARNAT.

Miller, M. 2000. Fire Autecology. In: Brown, J. Smith, K. & Kapler, J. (eds.). Wildland fire in ecosystems: effects of fire on flora. Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR-42-vol. 2. Ogden, UT: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. 257 p.

Minnich, R. 2006. Planning and Implementing Prescribed Burns. In: The Use of Fire as a Tool for Controlling Invasive Plants. Cal-IPC Publication 2006-01. En DiTomaso, J. M. & Johnson D. W. (eds.). California Invasive Plant Council: Berkeley, CA. 56 pp.

Miranda-Baeza, R. Ortega-Ochoa, C. Sandoval-Reyes, R. Quintana-Martínez, R. M. Rivero-Hernández, O. & Viramontes-Olivas, O. 2009. Aplicación de fuego prescrito para el control del zacate rosado (*Melinis repens*). En: Memorias de IV Simposio Internacional de Pastizales. 4 al 7 de noviembre de 2009. UANL-ITESM. Monterrey, N. L.

Myers, R. L. 2006a. Convivir con el fuego – manteniendo los ecosistemas y los medios de subsistencia mediante el Manejo Integral del Fuego. Iniciativa Global para el Manejo del Fuego, The Nature Conservancy.

Myers, R. L. 2006b. Incendios y ecosistemas: Un enfoque integral del manejo de fuego en América Latina. En: Memorias del Cuarto Simposio Internacional sobre Manejo Sostenible de los Recursos Forestales y Primer Taller Internacional sobre Manejo del Fuego. Universidad de Pinar del Río. Cuba.

Nasi, R., Dennos, R., Meijaard, E., Applegate G. & Moore, P. 2002: Los incendios forestales y la diversidad biológica. Revista Internacional de Silvicultura e Industrias Forestales (FAO). 53: 36-40.

NPS - YNP. 2012. Yellowstone National Park Wildland Fire Management Plan: Environmental Assessment. U. S. National Park Service. Wyoming. USA. 159 pp.

Pantoja C., V. 2008. Las dos caras del fuego:-Invitando a reflexionar sobre la "cara buena" y la "cara mala" del fuego. Informe Técnico del Equipo Global para el Manejo del Fuego 2008-1. The Nature Conservancy. Arlington, VA.

Pausas, J. G. & Keeley, J. E. 2009. A burning story: the role of fire in the history of life. BioScience, 59(7): 593-601.

Peterson, D. W., Dodson, E. K. & Harrod, R. J. 2007. Assessing the effectiveness of seeding and fertilization treatments for reducing erosion potential following severe wildfires. In: Butler, B. W., Cook, W. (comps.). 2007. The fire environment -innovations, management, and policy; conference proceedings. 26-30 March 2007; Destin, FL. Proceedings RMRS-P-46CD. Fort Collins, CO: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. 662 p.

Pyne, S. J., Andrews, P. L. & Laven, R. D. 1996. Introduction to wildland fire. John Wiley Nueva York, 769 pp.

Ramírez, M., Pérez B. & Orozco, A.D. 2007. Helechos invasores y sucesión secundaria post-fuego. Ciencias, 85, 18-25.

Ramos R., M. P. 2010. Manejo del fuego. Editorial Félix Varela, la Habana, 243 p.

Rodríguez T., D. A. 1996. Incendios forestales. Universidad Autónoma de Chapingo – MundiPrensa. México, D.F. 630 pp.

Rodríguez T., D. A. 2001. Ecología del fuego en el ecosistema de Pinus hartwegii Lindl. Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente 7(2): 145- 151.

Rodríguez-Trejo., D. A. 2006. Ecología del fuego y manejo integral del fuego en las montañas del Valle de México (bosque de coníferas). En: Flores G., J. G., Rodríguez-Trejo, D. A., Estrada M., O. & Sánchez Z., F. 2006. Incendios Forestales: Definiendo el problema, ecología y manejo, participación social, fortalecimiento de capacidades, educación y divulgación. CONAFOR-MundiPrensa. México, D. F. pp. 43-56.

Rodríguez-Trejo, D. A. 2008. Fire regimes, fire ecology, and fire management in Mexico. AMBIO 37: 548–56.

Rodríguez-Trejo, D. A. 2012. Génesis de los incendios forestales. Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente 18(3): 357-373.

Rodríguez-Trejo, D. A. 2014. Incendios de vegetación: su ecología, manejo e historia, Volumen I. Biblioteca Básica de Agricultura No 58. Editorial del Colegio de Postgraduados, Colegio de Posgraduados, Montecillos, Estado de México, México 891 pp. ISBN: 978-607-715-237-8.

Rodríguez T., D. A., Rodríguez Aguilar, M., Fernández Sánchez, F. & Pyne, S. J. 2000. Educación e Incendios Forestales. Mundi Prensa. México, D. F. pp. 189-194.

Rodríguez-Trejo, D. A., Martínez-Hernández, P. A., Ortiz-Contla, H., Chavarría-Sánchez, M.R. & Hernández-Santiago, F. 2011. The present status of fire ecology, traditional use of fire, and fire management in Mexico and Central America. *Fire Ecology* 7(1): 40-56.

Román-Cuesta, R. M., Retana, J. & Gracia, M. 2013. Caracterización del régimen de incendios forestales en el trópico mexicano: el caso de Chiapas. pp. 337-349. En: La biodiversidad en Chiapas: Estudio de Estado. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) y Gobierno del Estado de Chiapas, México.

Ryan, K. C., Knapp, E. E. & Varner, J. M. 2013. Prescribed fire in North American forests and woodlands: history, current practice, and challenges. *Frontiers in Ecology and the Environment* 11: e15-e24.

Sampaio, A. B. & Schmidt, I. B. 2013. Espécies Exóticas Invasoras em Unidades de Conservação Federais do Brasil. *Biodiversidade Brasileira* 3:32-49.

Shlisky, A., Waugh, J., Gonzalez, P., Gonzalez, M., Manta, M., Santoso, H., Alvarado, E., Ainuddin Nuruddin, A., Rodríguez-Trejo, D. A., Swaty, R., Schmidt, D., Kaufmann, M., Myers, R., Alencar, A., Kearns, F., Johnson, D., Smith, J., Zollner, D. & Fulks, W. 2007. Fire, ecosystems and People: Threats and Strategies for Global Biodiversity Conservation. GFI Technical Report 2007-2. The Nature Conservancy. Arlington, VA.

Smith J. K., Zouhar, K., Sutherland, S. & Brooks, M. I. 2008. Fire and Nonnative Invasive Plants—Introduction In: Zouhar, K., Smith, J. K., Sutherland, S. & Brooks, M. L. (eds.) 2008. Wildland fire in ecosystems: fire and nonnative invasive plants. Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR-42-vol. 6. Ogden, UT: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. 355 p.

Sugihara, N. G. & Barbour, M. G. 2006. Fire and California vegetation. In 'Fire in California's Ecosystems.' (eds.) Sugihara, N., Wagtendonk, J. V., Shaffer, K. E., Fites-Kaufman, J., Thode A. E. pp. 1-9. (University of California Press: Berkeley, CA).

Swanson, F. J. 1981. Fire and geomorphic processes. In: Mooney, H. A., Bonnicksen, T. M., Christensen, N. L. & Lotan, J. E., 401-444.

TNC. 2004. El fuego, los ecosistemas y la gente. Una evaluación preliminar del fuego como un tema global de conservación. Iniciativa Mundial sobre el Fuego. The Nature Conservancy.

TNC. 2017. Loup River 2017: Burn Plan. Pheasants forever – The Nature Conservancy – USFS – Nebraska Environmental Trust. Nebraska. USA. (Inédito).

Proyecto GEF-Invasoras_ **SDC-32-2016** "Servicios de consultoría para elaborar un estudio sobre manejo del fuego con enfoque al control y combate de plantas invasoras en México."

Tu, M., Hurd, C. & Randall, J. M. 2001. Weed Control Methods Handbook, The Nature Conservancy.

V. Anexos

Anexo 1. Listado de especies susceptibles de control con fuego prescrito clasificadas por nombre científico y familia.

No.	Nombre científico	Familia
1	<i>Thunbergia alata</i>	Acanthaceae
2	<i>Asphodelus fistulosus</i>	Asphodelaceae
3	<i>Anaphalis margaritacea</i>	Asteraceae
4	<i>Anthemis cotula</i>	Asteraceae
5	<i>Centaurea calcitrapa</i>	Asteraceae
6	<i>Centaurea melitensis</i>	Asteraceae
7	<i>Cirsium vulgare</i>	Asteraceae
8	<i>Cotula australis</i>	Asteraceae
9	<i>Cynara cardunculus</i>	Asteraceae
10	<i>Chrysanthemum coronarium</i>	Asteraceae
11	<i>Emilia fosbergii</i>	Asteraceae
12	<i>Emilia sonchifolia</i>	Asteraceae
13	<i>Guizotia abyssinica</i>	Asteraceae
14	<i>Helminthotheca echiioides</i>	Asteraceae
15	<i>Hypochaeris radicata</i>	Asteraceae
16	<i>Senecio inaequidens</i>	Asteraceae
17	<i>Senecio madagascariensis</i>	Asteraceae
18	<i>Soliva sessilis</i>	Asteraceae
19	<i>Brassica tournefortii</i>	Brassicaceae
20	<i>Camelina sativa</i>	Brassicaceae
21	<i>Cardamine hirsuta</i>	Brassicaceae
22	<i>Hirschfeldia incana</i>	Brassicaceae
23	<i>Lepidium draba</i>	Brassicaceae
24	<i>Agrostemma githago</i>	Caryophyllaceae
25	<i>Commelina benghalensis</i>	Commelinaceae
26	<i>Bryophyllum delagoense</i>	Crassulaceae
27	<i>Bassia scoparia</i>	Chenopodiaceae
28	<i>Equisetum arvense</i>	Equisetaceae
29	<i>Oxalis articulata</i>	Oxalidaceae
30	<i>Oxalis pes-caprae</i>	Oxalidaceae
31	<i>Aegilops cylindrica</i>	Poaceae
32	<i>Agrostis gigantea</i>	Poaceae
33	<i>Agrostis stolonifera</i>	Poaceae
34	<i>Alopecurus myosuroides</i>	Poaceae
35	<i>Andropogon gayanus</i>	Poaceae

36	<i>Anthoxanthum odoratum</i>	Poaceae
37	<i>Arthraxon hispidus</i>	Poaceae
38	<i>Arundo donax</i>	Poaceae
39	<i>Bromus rubens</i>	Poaceae
40	<i>Bromus tectorum</i>	Poaceae
41	<i>Cenchrus ciliaris</i>	Poaceae
42	<i>Coix lacryma-jobi</i>	Poaceae
43	<i>Cortaderia selloana</i>	Poaceae
44	<i>Dactylis glomerata</i>	Poaceae
45	<i>Dactyloctenium aegyptium</i>	Poaceae
46	<i>Digitaria abyssinica</i>	Poaceae
47	<i>Digitaria sanguinalis</i>	Poaceae
48	<i>Digitaria velutina</i>	Poaceae
49	<i>Eleusine indica brachystachya</i>	Poaceae
50	<i>Elymus repens</i>	Poaceae
51	<i>Eragrostis curvula</i>	Poaceae
52	<i>Hordeum murinum glaucum</i>	Poaceae
53	<i>Hyparrhenia hirta</i>	Poaceae
54	<i>Hyparrhenia rufa</i>	Poaceae
55	<i>Melinis minutiflora</i>	Poaceae
56	<i>Melinis repens</i>	Poaceae
57	<i>Panicum repens</i>	Poaceae
58	<i>Pennisetum clandestinum</i>	Poaceae
59	<i>Pennisetum purpureum</i>	Poaceae
60	<i>Pennisetum setaceum</i>	Poaceae
61	<i>Poa pratensis</i>	Poaceae
62	<i>Polypogon monspeliensis</i>	Poaceae
63	<i>Rottboellia cochinchinensis</i>	Poaceae
64	<i>Hedychium coronarium</i>	Zingiberaceae