



**CONSEJO NACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA -CONCYT-
SECRETARIA NACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA -SENACYT-
FONDO NACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA -FONACYT-
FUNDACIÓN DEFENSORES DE LA NATURALEZA -FDN-**

INFORME FINAL

**DETERMINACION Y EVALUACION DEL IMPACTO DE LAS QUEMAS
PRESCRITAS SOBRES SISTEMAS VEGETALES PINO-ENCINO EN LAS
CUENCAS DE PASABIEN Y RIO HONDO, ZACAPA, GUATEMALA**

PROYECTO FODECYT No. 072-2012

**Ing. Oscar Danilo Saavedra Morales
Investigador Principal**

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2015



AGRADECIMIENTOS:

La realización de esta investigación fue posible gracias al apoyo financiero del Fondo Nacional de Ciencia y Tecnología, -FONACYT-, otorgado por la Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología -SENACYT- y el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología -CONCYT-.

OTROS AGRADECIMIENTOS

Agradecimiento a todos los involucrados en la ejecución de este proyecto de investigación por su valioso apoyo y asesoramiento en el desarrollo metodológico del mismo, al Ing. Oscar Rojas, a la Licda. Raquel Leonardo, al Ing. Cesar Tot y al Lic. Jorge Jiménez, Agroecólogos: Francisco Mayorga, Edwin Sosa, Luis Marín, Alfredo Chajón y a todo el equipo técnico y administrativo de Fundación Defensores de la Naturaleza, Distrito Motagua, Reserva de Biosfera Sierra de las Minas, pues sin su apoyo los resultados logrados no hubieran sido posibles.

INDICE

RESUMEN	8
ABSTRACT	9
PARTE I	10
I.1 INTRODUCCIÓN	10
I.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	12
I.2.1 ANTECEDENTES EN GUATEMALA	12
I.2.2 JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN	13
I.3.1 OBJETIVOS	14
<i>I.3.1.1 General</i>	14
<i>I.3.1.2 Específicos</i>	14
I.3.2 HIPÓTESIS	14
I.4 METODOLOGIA	15
I.4.1 LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	15
I.4.2 DISEÑO.....	22
<i>I.4.2.1 Población y Muestra</i>	22
<i>I.4.2.2 Variables</i>	22
I.4.3 MATERIALES	23
I.4.4 METODOS	24
<i>I.4.4.1 Delimitación de Parcelas</i>	24
<i>I.4.4.2. Levantamiento de información</i>	30
<i>I.4.4.3. Tabulación y análisis de datos</i>	31
<i>I.4.4.4. Identificación de comunidades vegetales</i>	32
<i>I.4.4.5. Análisis de técnicas para realizar quemas</i>	32
PARTE II	34
II.1 MARCO TEÓRICO	34
II.1.1 <i>HISTORIA NATURAL DE GUATEMALA</i>	34
II.1.2 <i>LA DIVERSIDAD BIOLÓGICA DE GUATEMALA</i>	36
II.1.3 <i>ECOSISTEMA DE BOSQUE PINO-ENCINO</i>	37
II.1.4 <i>LAS PERTURBACIONES ANTROPOGÉNICAS, INCLUYENDO EL FUEGO, DESDE EL PUNTO DE VISTA DE LA ECOLOGÍA VEGETAL</i>	40
II.1.5 <i>MANEJO INTEGRADO DEL FUEGO</i>	42
II.1.5.1 <i>INCENDIOS EN SIERRA DE LAS MINAS</i>	46

PARTE III	49
III.1 RESULTADOS	49
III.1.2 DISCUSIÓN DE RESULTADOS	75
PARTE IV	88
IV.1 CONCLUSIONES	88
IV.2 RECOMENDACIONES	89
IV.3 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	90
IV.4 ANEXOS	93-94
PARTE V	95
V.1 INFORME FINANCIERO	95

INDICE DE MAPAS

Mapa No. 1 Ubicación de la Reserva de Biosfera Sierra de las Minas.....	15
Mapa No. 2 Zonas de Vida de la Reserva de Biosfera Sierra de las Minas.....	16
Mapa No. 3 Ubicación Subcuenca Río Pasabién.....	17
Mapa No. 4 Ubicación Subcuenca Río Hondo	18
Mapa No. 5 Zonas de vida: Subcuenca Pasabién y Río Hondo.....	19
Mapa No. 6 Hidrología Subcuenca Pasabién y Río Hondo.....	20
Mapa No. 7 Ubicación de parcelas Subcuenca Pasabién... ..	26
Mapa No. 8 Ubicación de parcelas Subcuenca Río Hondo.....	27
Mapa No. 9 Distribución de estratos de bosque Pasabién y Río Hondo.....	28
Mapa No. 10 Incidencia incendios forestales Subcuenca Pasabién y Río Hondo.....	47

INDICE DE CUADROS

Cuadro No. 1 Diseño y distribución de la muestra.....	21
Cuadro No. 2 Equipo utilizado en el muestreo de parcelas	22
Cuadro No. 3 Esquematización reducida de la tercera base de datos.....	30
Cuadro No. 4 Especies vegetales de cada uno de los regímenes de fuego.....	61
Cuadro No. 5 Actividades por instancias participantes.....	71
Cuadro No. 6 Medios utilizados para divulgar los resultados del proyecto.....	73

INDICE DE FIGURAS

Figura No. 1 Parcela modificada de hittaker.....	24
Figura No. 2 Espécimen del Herbario USCG número 39,319.....	29
Figura No. 3 Proporción de especies, por forma de vida o hábito, observadas.....	48
Figura No. 4 Curva de acumulación de especies observadas	49
Figura No. 5 Curva de especies detectadas por visita	50
Figura No. 6 Curva de acumulación de especies observadas	51
Figura No. 7 Planta juvenil de pino.....	51
Figura No. 8 Plántulas de pino en el ecosistema de pino y encino	52
Figura No. 9 Riqueza de especies observada en los sitios de estudio.....	53
Figura No. 10 Riqueza de especies en los sitios de estudio a lo largo de los meses.....	54
Figura No. 11 Riqueza de especies detectada en las parcelas de la muestra.....	55
Figura No. 12 Análisis de agrupación por el medio de unión promedio de las parcela....	56
Figura No. 13 Área basal (cm ²) de especies arbóreas.....	57
Figura No. 14 Riqueza de especies arbóreas observada.....	57
Figura No. 15 Dominancia y equidad en las especies arbóreas	58
Figura No. 16 Cantidad de especies con características asociadas a la adaptación.....	59
Figura No. 17 Porcentaje de cobertura, detectado en subparcelas anidadas	60
Figura No. 18 Porcentaje de especies vegetales con características asociadas a la adaptación	60
Figura No. 19 Esquema General de las Medidas de mitigación.....	69
Figura No. 20 Alianzas estratégicas.....	70
Figura No. 21 Comunidad de pino y encino,.....	74
Figura No. 22 Comunidad de encino.....	75
Figura No. 23 Area afectada por incendio.....	76
Figura No. 24 Plantas exclusivas de las áreas sujetas a eventos de fuego anuales	81
Figura No. 25 Plantas exhibiendo distintas características.....	81
Figura No. 26 Plantas que cuyos órganos aéreos se queman y resisten el fuego	82

RESUMEN

Los bosques de pino encino son una ecorregión altamente amenazada que ha perdido cerca del 74% de su tamaño original; en ellos habitan diversas especies de flora y fauna, entre las que destacan coníferas y encinos tropicales.

Con esta investigación se generó información para fortalecer el manejo y prevención del fuego en este ecosistema, a partir del análisis del impacto de las quemas controladas en los sistemas vegetales de las cuencas de Pasabién y Río Hondo, en la Reserva de la Biosfera Sierra de las Minas.

Las quemas prescritas, a pesar de constituir una práctica cotidiana en otros países del mundo, principalmente para reducir los riesgos de incendios forestales y favorecer la regeneración natural, en Guatemala no son utilizadas por el temor a los posibles efectos negativos del fuego. Unido a lo anterior, las investigaciones realizadas al respecto son limitadas e insuficientes.

Durante el presente proyecto de investigación se diseñó la metodología para evaluar la respuesta de la vegetación a diferentes regímenes de fuego, a través de parcelas donde se midió la riqueza y abundancia de especies de flora para determinar el efecto en la regeneración, desarrollo, sucesión y diversidad florística en bosques de pino-encino.

Los resultados obtenidos serán aplicados para redefinir los criterios y prácticas de aplicación de las quemas prescritas, de manera que se asegure el mantenimiento de las funciones ecosistémicas, así como el mantenimiento de la estructura y composición vegetal en las cuencas estudiadas, que además, servirá de base para otras áreas con condiciones similares.

A partir del presente proyecto se obtuvieron los siguientes resultados: a) caracterización de los impactos del fuego, principalmente los asociados a las quemas controladas, sobre el ecosistema de bosque de pino y encino de Guatemala, los cuales se caracterizan principalmente por la pérdida de diversidad biológica inmediata, pero sostenible en el tiempo dependiendo del régimen de fuego y las características de la vegetación de cada sitio; a) evaluación de los efectos del fuego en el ecosistema de bosque de pino y encino de la Sierra de las Minas en función de la frecuencia del régimen de fuego, c) identificación de las diferentes especies vegetales adaptadas, o favorecidas por el fuego, y no adaptadas, o no favorecidas por el fuego; d) Definición de las medidas de manejo apropiadas para mitigar los impactos negativos del fuego en los sistemas vegetales de pino-encino; e) Propuesta del plan de manejo para implementar quemas controladas; f) divulgación de los resultados con autoridades, actores locales e instituciones.

ABSTRACT

The pine-oak forests are highly threatened ecoregion has lost about 74% of its original size; they live in diverse species of flora and fauna, among which tropical conifers and oaks.

This research information was produced to strengthen the management and prevention of fire in this ecosystem, from the analysis of the impact of prescribed fire on plant systems basins and of Rio Hondo Pasabién in the Biosphere Reserve of Sierra mines.

Prescribed burns, despite being a common practice in other countries, primarily to reduce the risk of forest fires and encourage natural regeneration in Guatemala are not used for fear of the possible negative effects of fire. Together with the above, the investigation of these are limited and insufficient.

During this research project the methodology was designed to evaluate the response of vegetation to different fire regimes, through fields where the richness and abundance of plant species was measured to determine the effect on the regeneration, development, succession and floristic diversity in pine-oak forests.

The results will be applied to redefine the criteria and practical application of prescribed fire, so that the maintenance of ecosystem functions to ensure and maintain the vegetation structure and composition in the basins studied, which also serve as basis for other areas with similar conditions.

From this project the following results were obtained: a) characterization of the impacts of fire, especially those associated with controlled burning on the ecosystem of pine and oak forest of Guatemala, which is mainly characterized by the loss of diversity immediate but sustainable biological time depending on the fire regime and vegetation characteristics of each site; a) evaluation of the effects of fire in the ecosystem of pine and oak forest in the Sierra de las Minas depending on the frequency of fire regime, c) identification of the different plant species adapted, or favored by fire, and not adapted or not favored by fire; d) Definition of appropriate management measures to mitigate the negative impacts of fire on plant systems pine-oak; e) Proposed management plan for implementing controlled burns; f) dissemination of the results with authorities, local actors and institutions.

PARTE I

I.1 INTRODUCCIÓN

El concepto sobre Manejo Integral del Fuego, es reciente a nivel mundial y en Guatemala hay poco conocimiento al respecto. El fuego en Guatemala es considerado como una amenaza o problema y las acciones a nivel gubernamental están enfocadas a la prevención y principalmente al control de los incendios forestales.

Este panorama se observa en varios países, en donde la problemática de los incendios forestales ha sido comúnmente enfrentada con campañas y leyes que destacan los aspectos negativos del fuego, lo cual deriva en una mala reputación que impide reconocer los beneficios del fuego, y lo que es peor, propicia una mayor recurrencia de incendios con impactos negativos. En la actualidad se ha comenzado a reconocer el papel ecológico del fuego por lo que es necesario fortalecer la investigación y vincularla con acciones más integrales y efectivas de manejo del fuego (Pantoja, 2008).

En Guatemala la investigación sobre manejo del fuego y control de incendios forestales es posiblemente uno de los aspectos menos institucionalizados, ya que lo que se ha logrado avanzar es más bien producto del interés personal de algunos técnicos e investigadores, que ocurre de manera aislada y aún carece de una buena solidez científica (Rojas, 2009).

Un aspecto que no puede ignorarse es la necesidad de implementar medidas más efectivas de manejo integrado del fuego, considerando que los estudios realizados en el tema de incendios forestales y cambio climático indican que Petén y los bosques de pino encino del altiplano, tienen altas probabilidades de sufrir incrementos drásticos de temperatura y disminución de precipitaciones en los próximos 20-50 años (Palacios, 2008 citado por Rojas, 2009).

Los bosques de pino-encino son uno de los ecosistemas más valiosos en diversidad biológica endémica y fuente de desarrollo rural a través de productos y subproductos del bosque. Este ecosistema es considerado como “críticamente amenazado” según WWF, debido principalmente a presiones como la deforestación, los incendios forestales, la conversión del suelo para agricultura, plantaciones de café, pastizales para ganadería; así como el uso tradicional de recursos, como leña y carbón (Gómez, 2005).

Estos bosques según estudios científicos se encuentran adaptados al fuego y requieren del mismo para la conservación de la riqueza y diversidad de especies (Van Lear *et al.*, 1995; citado en Martínez-Hernández y Rodríguez Trejo, 2008; Brown, 2000), entre otras funciones ecológicas. Sin embargo, la respuesta al fuego de los pinos tropicales y otras especies asociadas se conoce muy poco. Según Rodríguez-Trejo y Fulé (2003) los bosques de pino son ecosistemas dependientes del fuego, donde la alteración por el ser humano en el régimen del fuego mediante la exclusión o frecuencia excesiva del fuego puede provocar problemas socio-económicos, que pueden conllevar a la deforestación y a la reducción de la

biodiversidad.

En la Reserva de Biosfera Sierra de las Minas desde 1998 se viene implementando un plan de manejo de fuego, mediante acciones de prevención y control, sin embargo, no se cuenta con información que permita evaluar el efecto de estas medidas de manejo en la conservación de estos ecosistemas, es por ello que es necesario el desarrollar investigación en el tema.

En esta propuesta se plantea determinar los efectos del fuego en los bosques de pino-encino de las cuencas de Pasabién y Río Hondo, cuencas que presentan la mayor incidencia de incendios cada año.

Con los resultados de esta investigación se logrará comprender la respuesta de estos bosques a las quemadas controladas y permitirá redefinir las estrategias y acciones de manejo que se implementan en el área protegida mediante el estudio de la ecología de estos bosques y su relación con el fuego. Entre las actividades planteadas en la propuesta está el análisis de la incidencia de incendios en los últimos 10 años, la clasificación de los ecosistemas según su adaptabilidad al fuego y la evaluación de la respuesta de los sistemas vegetales a diferentes tratamientos de fuego en los bosques de pino-encino.

I.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

I.2.1 Antecedentes en Guatemala

El manejo integrado del fuego (MIF) es un concepto que recientemente se ha dado a conocer en Guatemala. Sin embargo existen proyectos importantes en Sololá y en la Reserva de Biósfera Sierra de las Minas en donde se han elaborado planes de MIF en algunos sitios y se ha promovido el uso responsable del fuego por medio de cursos, capacitaciones, material informativo, etc (Rojas, 2009).

A pesar de la importancia del fuego para los bosques de pino, existe muy poca investigación que sustente y evalúe las acciones de manejo en Guatemala, la mayor parte de estudios realizados sobre ecología del fuego son de Estados Unidos y en México.

Según Martínez-Hernández y Rodríguez-Trejo (2008), en un estudio donde se evaluó la diversidad de especies después de quemas prescritas a diferentes épocas e intensidades en un bosque de *Pinus hartwegii* de gran altitud en el volcán Ajusco en México, se determinó que existen ciertas especies raras y algunas endémicas que se ven favorecidas por las quemas prescritas, además se observó que según la época en que se realicen las quemas se puede favorecer el crecimiento y diversidad de especies herbáceas o leñosas. Los resultados indican que el uso de quemas prescritas no después de marzo, favorece la riqueza y la diversidad de especies del sotobosque.

Entre las acciones que se han realizado en la Reserva de Biosfera Sierra de las Minas en cuanto al manejo del fuego resalta que, en el 2007 la administración de la Reserva con apoyo del Servicio Forestal de los Estados Unidos de Norte América y de la Agencia Internacional para El Desarrollo –USAID-, implementó el Plan de Manejo de Fuego, el cual es actualizado anualmente e integra componentes de programación, organización, capacitación, prevención, control y evaluación. El proceso ha permitido el involucramiento y fortalecimiento de las acciones comunitarias, institucionales, de empresas privadas y municipales, lográndose con esto la participación conjunta en las actividades de prevención y control de incendios forestales en la región (Saavedra, 2008).

Entre las medidas prevención que se implementan principalmente en las regiones de Río Hondo y San Agustín Acasaguastlán, son quemas controladas y prescritas. Sin embargo uno de los desafíos para estas regiones es la poca participación comunitaria y el alto costo económico (Saavedra, 2008).

Entre los estudios que se han realizado en Sierra de las Minas sobre incendios forestales, destaca el estudio de tesis de Aquino (2003) “Evaluación del riesgo a incendios forestales y propuesta de manejo de fuego de las subcuencas de los ríos Jones, Río Hondo y Pasabién, Sierra de las Minas, Zacapa”. Entre los resultados se puede mencionar que se determinaron las hectáreas críticas para cada subcuenca, determinándose para Jones 1,274 ha, Río Hondo con 396 ha y 450 ha en Pasabién basados en los niveles de recurrencia de incendios durante el período (1998-2002). Las tres subcuencas analizadas mostraron una alta

vulnerabilidad social, por la cercanía de centros poblados a las áreas críticas, y por la fuerte dependencia de actividades agrícolas y ganaderas que utilizan el fuego.

La vulnerabilidad ambiental para las tres subcuencas es media, lo cual se fundamenta por las características de una vegetación que se constituye en un material combustible altamente flamable durante la época seca. La subcuenca de Jones es la que presenta un nivel de riesgo más alto a incendios forestales, debido a la alta vulnerabilidad, alto grado de amenaza y a la deficiente preparación para la reducción del riesgo. Las subcuencas de Río Hondo y Pasabién presentan un riesgo mediano a los incendios forestales por presentar una mayor capacidad de respuesta para el combate de incendios.

I.2.2 Justificación del trabajo de investigación

Los bosques de pino encino, que van de los 600-2300 msnm, fueron el ecosistema más afectado en la Sierra de las Minas durante la sequía del año 1998, agudizada con el efecto del Niño, donde 24,000 ha de este ecosistema sufrieron el efecto del fuego. Estos bosques son de gran importancia ya que constituyen el hábitat de muchas especies de flora y fauna, incluyendo especies endémicas y aves migratorias. A partir del año 2002 Defensores ha trabajado en la aplicación de quemas controladas, en especial en las cuencas de Jones, Río Hondo y Pasabién, logrando reducir el área afectada por el fuego a 2100 en el año 2006; sin embargo, el impacto del fuego, tanto controlado como de los incendios no ha sido estudiado seriamente y cerca de 10 años de aplicación de la técnica podría estar teniendo efectos no deseados sobre las funciones ecológicas del ecosistema.

No se sabe cómo el fuego está afectado la estructura, composición y funciones del ecosistema, mientras que las comunidades continúan utilizando el fuego como herramienta para fines de limpia de áreas de cultivo, renovación de pastizales y cacería, muchas veces de forma irresponsable. Sin embargo, el fuego es una herramienta que puede contribuir a reducir la acumulación de material combustible (hojas y ramas secas), acción que se aplica en varias cuencas de Sierra de las Minas, ya que este material acumulado representa un potencial para generar incendios catastróficos como los del año 1998.

El fuego podría ser benéfico, pero solamente se puede saber si se demuestra que el mismo mantiene la viabilidad y funciones del ecosistema, lo cual es crítico si consideramos que los escenarios del cambio climático podrían agudizar la repitencia de incendios en los bosques de pino-encino, de los cuales el 74% de los mismos han desaparecido, producto de varios factores, entre los que la explotación forestal no planificada, la extracción de leña, la ganadería extensiva y la agricultura de subsistencia han aportado para su degradación y desaparición. Las principales funciones y bienes ambientales que provee el bosque de pino-encino para la población local son la regulación hidrológica y el aprovisionamiento de combustible, en donde el encino es una especie muy apreciada por su valor calórico, hecho relevante en un país en donde el 80% de la energía doméstica es la leña.

La investigación está planteada para generar información que contribuya al establecimiento del régimen ecológico apropiado del fuego, así como a la definición de las

medidas más apropiadas para su uso en la Reserva de la Biosfera Sierra de las Minas y en los bosques de pino encino que poseen condiciones similares, a partir de la definición de los impactos positivos y negativos de las quemas controladas y los incendios forestales sobre la vegetación en las cuencas seleccionadas.

I.3 OBJETIVOS E HIPÓTESIS

I.3.1 Objetivos

I.3.1.1 General

Caracterizar y evaluar los impactos de las quemas controladas sobre la vegetación en los bosques de pino-encino de las cuencas de Pasabién y Río Hondo, Zacapa, Guatemala.-

I.3.1.2 Específicos

- Comparar y evaluar los efectos del fuego en áreas sometidas a diferentes tratamientos de fuego (quemas controladas anuales - no quemada durante al menos tres años).
- Definir las medidas de manejo apropiadas para mitigar los impactos negativos del fuego en los sistemas vegetales de pino-encino de las dos cuencas.
- Identificar especies vegetales (árboles y arbustos) favorecidas y no favorecidas por el fuego en sistemas vegetales de pino-encino.
- Propuesta de un plan de manejo para implementar quemas controladas.-
- Divulgar a las autoridades, actores sociales e instituciones en el campo de su competencia la información obtenida de la investigación.

I.3.2 Hipótesis

Ha: La diversidad de especies vegetales es mayor en los bosques de pino-encino que no se han quemado en más de tres años en comparación con los bosques que se exponen a quemas prescritas anuales.

Ho: La diversidad de especies vegetales es igual en los bosques de pino-encino que no se han quemado en más de tres años en comparación con los bosques que se exponen a quemas prescritas anuales.

I.4 METODOLOGIA

I.4.1 Localización del área de estudio

El área de estudio se desarrolló en la Reserva de Biosfera Sierra de las Minas (RBSM), específicamente en los bosques de pino-encino de las subcuencas de los ríos de Pasabién y Río Hondo, municipio de Río Hondo, Departamento de Zacapa, Guatemala.-

La subcuenca Pasabién se ubica parcialmente en los departamentos de Zacapa y Alta Verapaz, su posición geográfica en la parte alta es LAT N 15.15° y LON O 89.76° y en la parte baja es LAT N 15.01° y LON O 89.64°. Hacia la parte alta y con ubicación norte colinda con la subcuenca Pueblo Viejo. Ocupa una extensión de 10,084.683 hectáreas. (Mapa No. X)

La subcuenca del Río Hondo se encuentra ubicada en el municipio de Río Hondo Zacapa, como también el Estor y Panzós en la parte alta de la misma, ocupa una extensión de 9,532 hectáreas. Se ubica en las coordenadas 15°03' a 15°10' latitud Norte y 89°35' a 89°42' longitud Oeste.- (Mapa No. X)

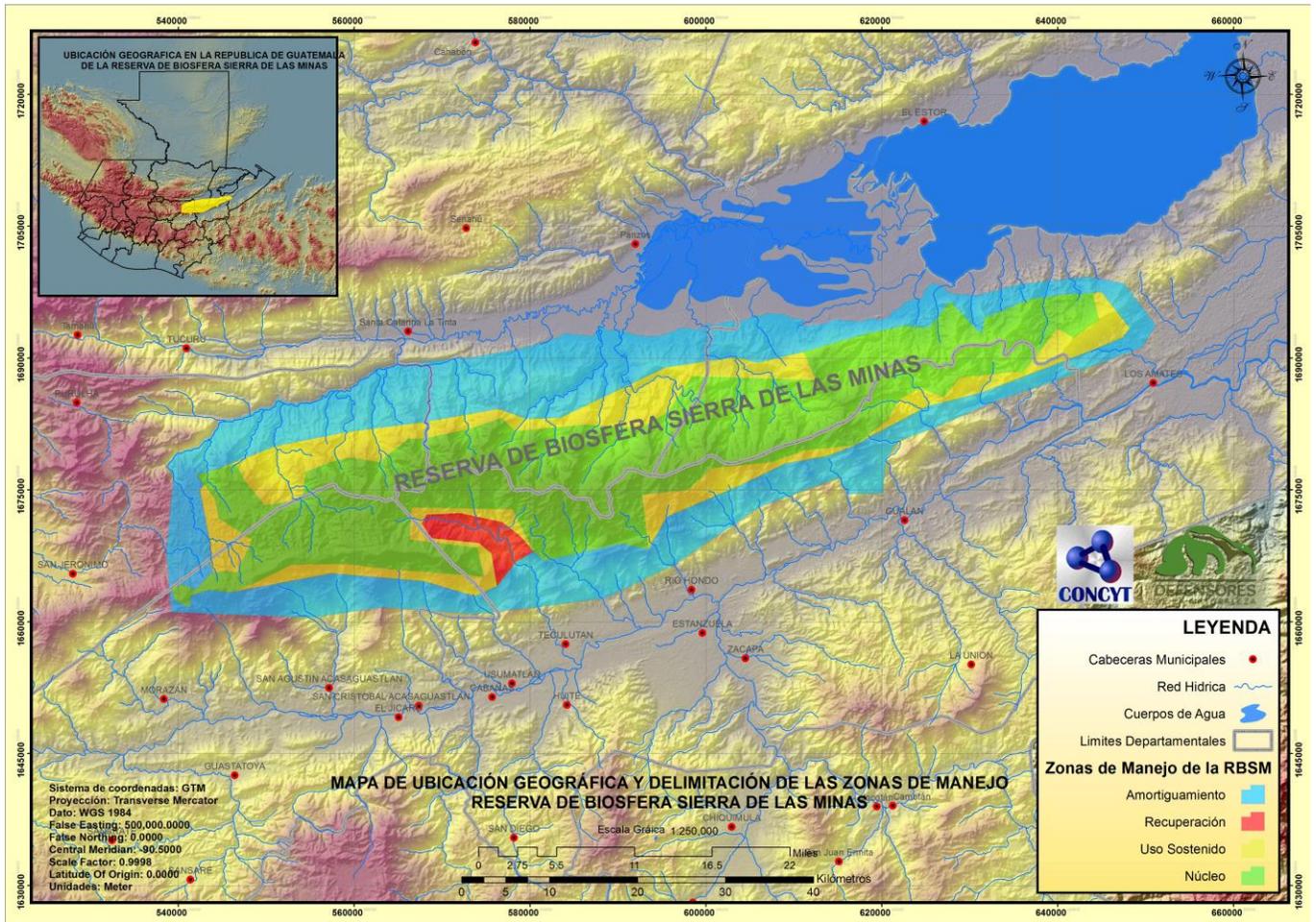
Ambas subcuencas forman parte de las 52 subcuencas hidrográficas de la Reserva de Biósfera Sierra de las Minas (RBSM), drenando a la cuenca del río Motagua.-

En cuanto al clima la cantidad y características de la lluvia en ambas subcuencas, en las partes altas varían mucho en distancias muy cortas. La precipitación se estima entre los 700 y 3,000 milímetros anuales. La condensación de agua en la vegetación de los bosques nubosos alimenta a los ríos, también durante los meses de baja precipitación. La depresión oeste-este de la Sierra de las Minas, juega un papel muy importante en el patrón de precipitación del Valle del Motagua.

La temperatura media varía entre 13 – 32 °C, en el gradiente altitudinal dentro de la Sierra de las Minas. La humedad relativa puede variar entre 80 a 95 % en diferentes épocas del año.

De acuerdo con las zonas de vida de Holdridge (1982), en las subcuencas Pasabién y Río Hondo se identifican 5 clasificaciones climáticas. La zona de vida del Bosque seco Subtropical (bs-S), el Bosque húmedo Subtropical (templado) (bh-S(t)), El Bosque muy húmedo Subtropical (frío) (bmh-S(f)) el bosque muy húmedo subtropical (templado) (bmh-s(f)), Bosque Pluvial Montano Bajo Subtropical (bpmb-s). (Mapa No. X).

Mapa No. 1 Ubicación de la Reserva de Biosfera Sierra de las Minas



Fuente. Defensores de la Naturaleza 2014

Mapa No. 3 Mapa de ubicación de la Subcuenca Pasabién

MAPA DE UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA SUBCUENCA PASABIÉN

"Determinación y evaluación del impacto de las quemadas prescritas sobre sistemas vegetales de pino-encino en las cuencas de Pasabién y Río Hondo, Zacapa, Guatemala"

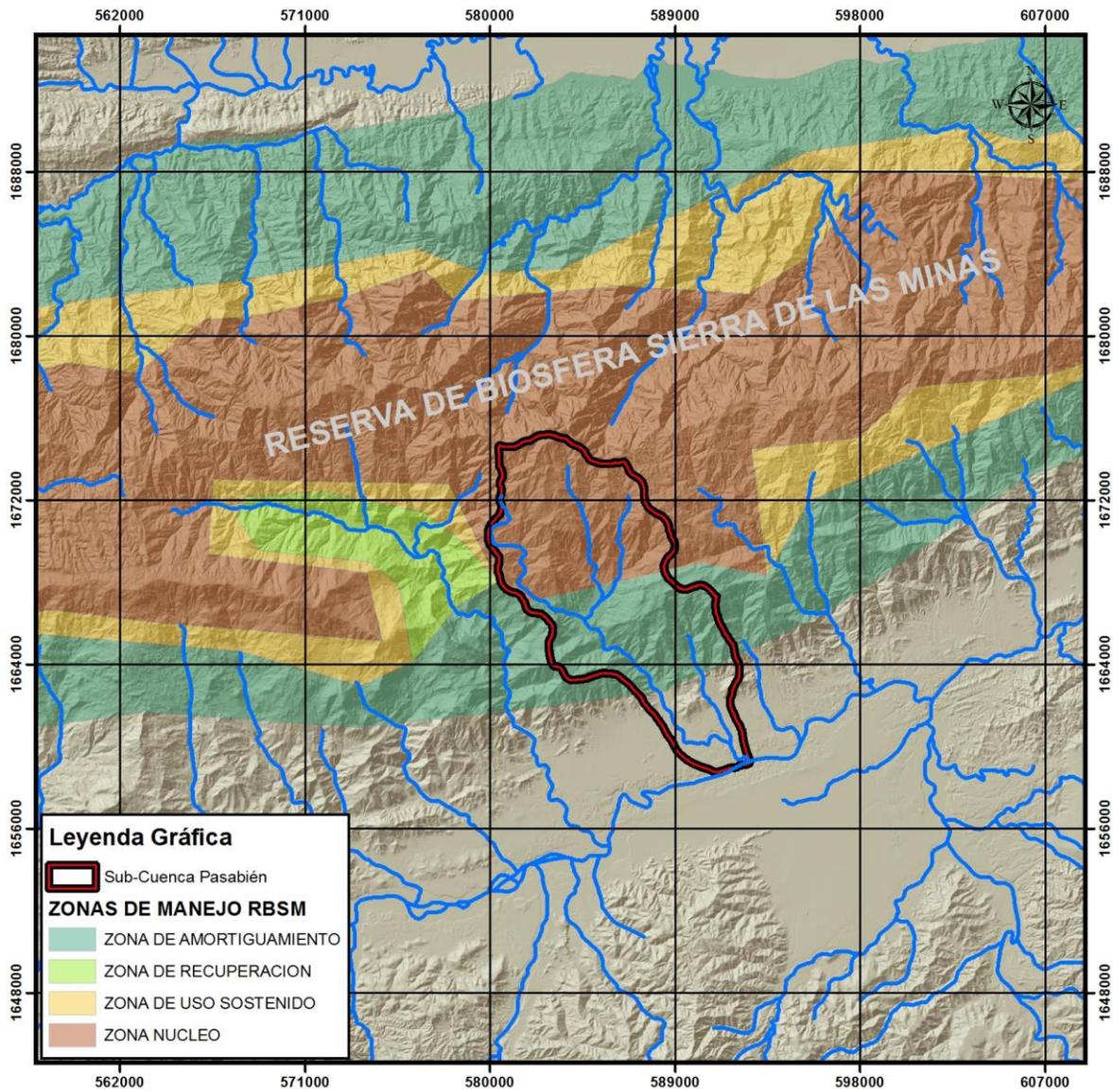


Sistema de coordenadas: GTM
 Proyección: Transverse Mercator
 Dato: WGS 1984
 False Easting: 500,000.0000
 False Northing: 0.0000
 Central Meridian: -90.5000
 Scale Factor: 0.9998
 Latitude Of Origin: 0.0000
 Unidades: Meter

1:250,000



USIG - FDN - MOTAGUA



Fuente: Fodecyt 072-2012

Mapa No. 4 Mapa de ubicación de la Subcuenca Río Hondo

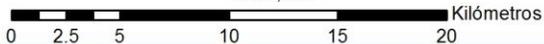
MAPA DE UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA SUBCUENCA RÍO HONDO

"Determinación y evaluación del impacto de las quemas prescritas sobre sistemas vegetales de pino-encino en las cuencas de Pasabién y Río Hondo, Zacapa, Guatemala"

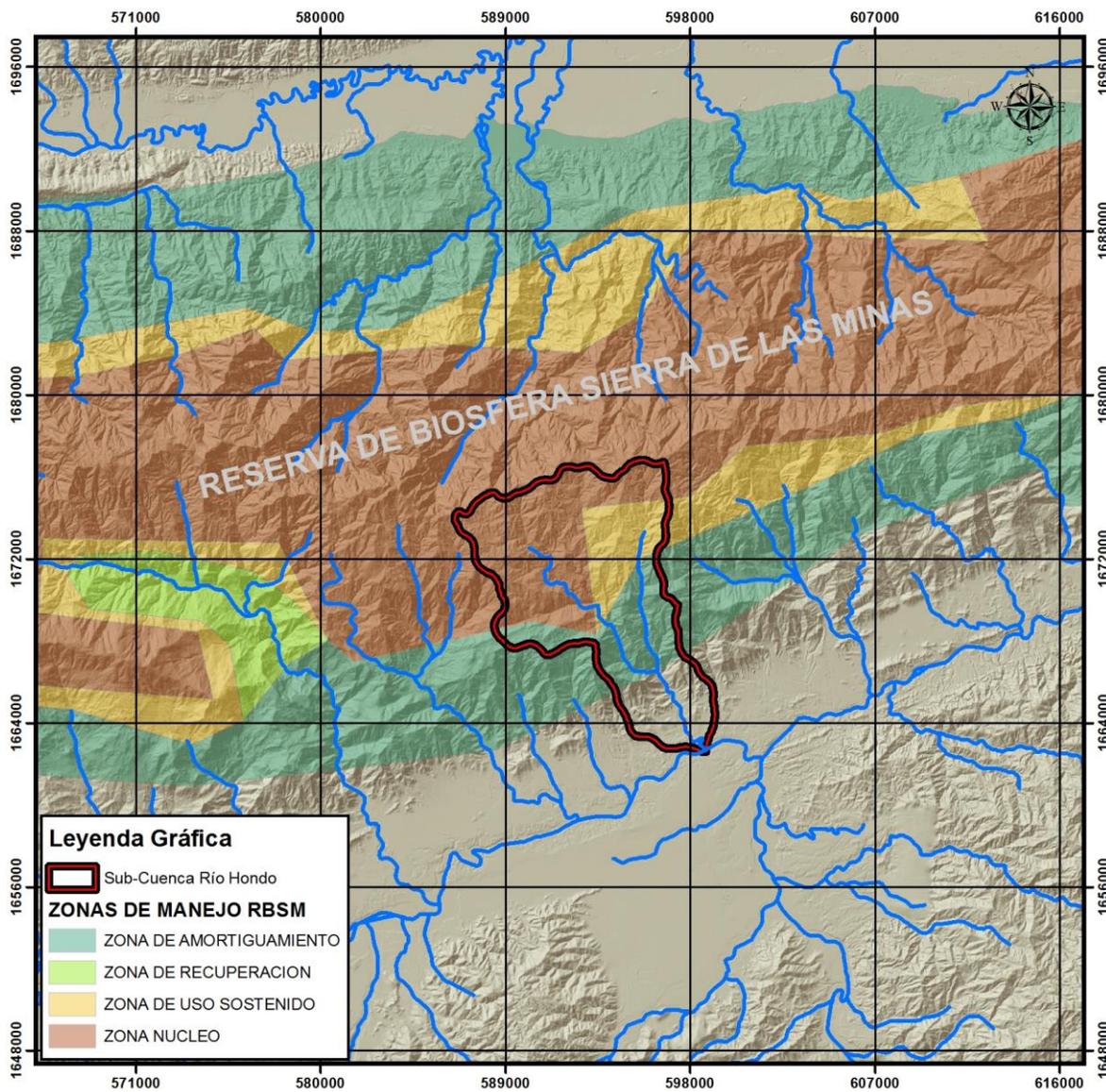


Sistema de coordenadas: GTM
 Proyección: Transverse Mercator
 Dato: WGS 1984
 False Easting: 500,000,0000
 False Northing: 0,0000
 Central Meridian: -90,50000
 Scale Factor: 0,9998
 Latitude Of Origin: 0,0000
 Unidades: Meter

1:250,000



USIG - FDN - MOTAGUA



Fuente: Fodecyt 072-2012

Mapa No. 5 Mapa de Zonas de vida: Subcuenca Pasabién y Río Hondo

**MAPA DE ZONAS DE VIDA (HOLDRIGE)
DE LAS SUB-CUENCAS RIO HONDO Y PASABIÉN**

"Determinación y evaluación del impacto de las quemadas prescritas sobre sistemas vegetales de pino-encino en las cuencas de Pasabién y Río Hondo, Zacapa, Guatemala"

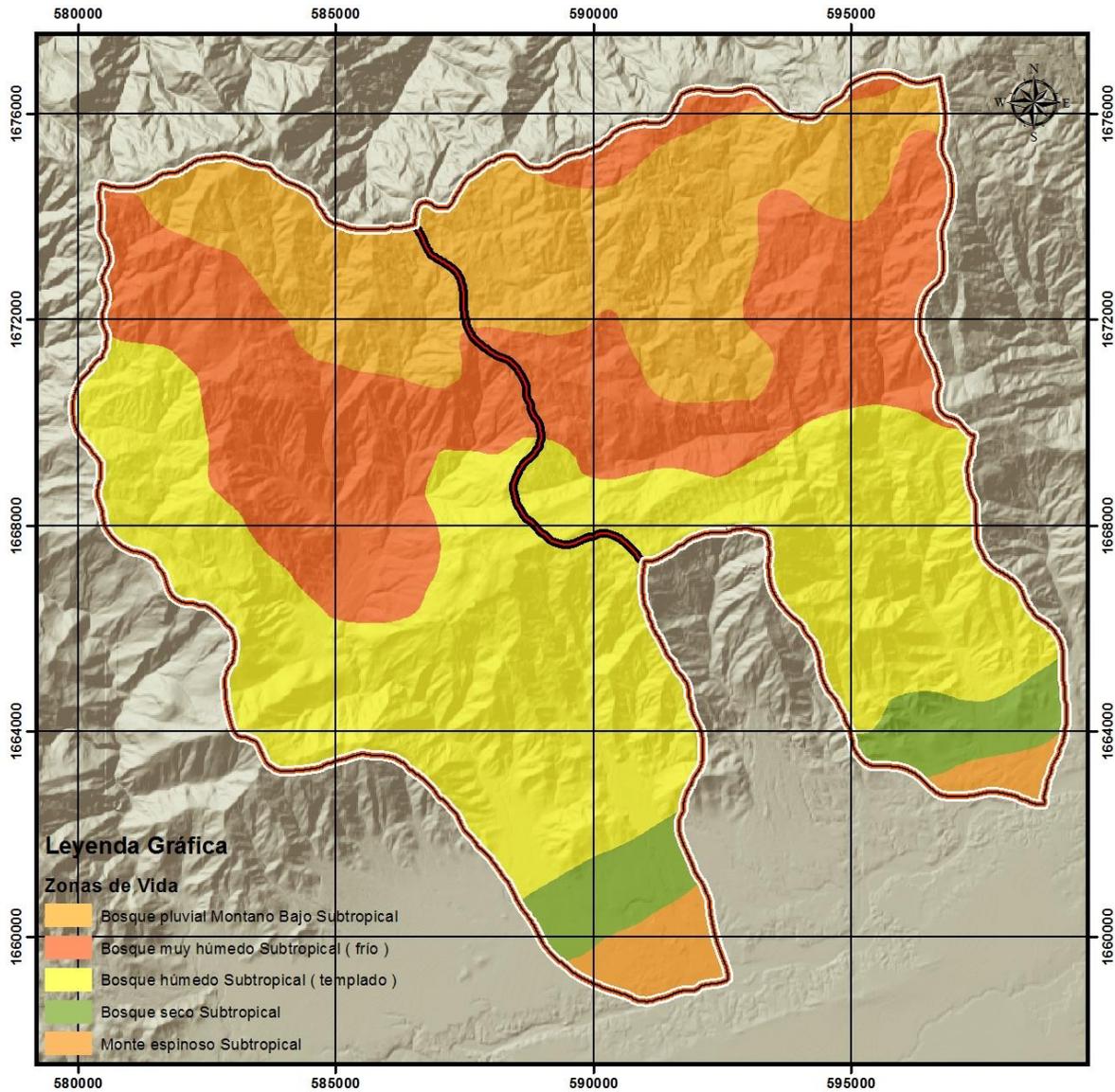


Sistema de coordenadas: GTM
Proyección: Transverse Mercator
Dato: WGS 1984
False Easting: 500.000.0000
False Northing: 0.0000
Central Meridian: -90.5000
Scale Factor: 0.9998
Latitude Of Origin: 0.0000
Unidades: Meter

1:100,000



USIG - FDN - MOTAGUA



Fuente: Fodecyt 072-2012

I.4.2 Diseño

I.4.2.1 Población y muestra

La población de interés del proyecto está constituida por la vegetación de los bosques estacionalmente secos de pino y encino, en el sur de la Sierra de las Minas. La muestra está constituida por la vegetación registrada en ocho parcelas permanentes de 0.1 ha, en ambas subcuencas con subparcelas anidadas para registrar arbustos y plantas herbáceas (ver Anexos).

I.4.2.2 Variables

Las variables del estudio pueden dividirse en tres grupos: variables independientes o tratamientos, variables dependientes o de respuesta, y covariables. Las variables independientes o tratamientos son aquellas definidas por los investigadores (Dodge, 2008), y en este caso incluyen la subcuenca (Río Pasabién y Río Hondo) y la frecuencia o temporalidad con que los sitios de estudio presentan eventos de incendios forestales o quemas prescritas controladas (anualmente, y cada tres o más años). Cuatro parcelas fueron asignadas a cada factor de los tratamientos, estableciéndose cuatro parcelas en la subcuenca del Río Pasabién, dos en cada tipo de temporalidad en cuanto a eventos de fuego, y de la misma manera cuatro parcelas fueron distribuidas en la subcuenca del Río Hondo, todas alrededor de los 1,500 msnm (Cuadro 1).

Cuadro 1. Diseño y distribución de la muestra, como parcelas, en los tratamientos establecidos.

Subcuenca	Frecuencia quema	Sitio A	Sitio B
Río Hondo	+ 3 años	Parcela 1	Parcela 2
	Anual	Parcela 3	Parcela 4
Pasabién	+ 3 años	Parcela 6	Parcela 7
	Anual	Parcela 5	Parcela 8

Fuente: Proyecto FODECYT 072-2012.

Las variables de respuesta son aquellas que sirven para responder las preguntas principales del proyecto (Dodge, 2008). En este caso, todas las variables de respuesta son variables biológicas relacionadas con aspectos ecológicos de las comunidades vegetales identificadas en los bosques estacionalmente secos de pino y encino. Las variables a considerar son las siguientes: riqueza de especies, total y parcial según sea el enfoque de cada

análisis; abundancia relativa de las especies arbóreas, medida como conteo de fustes y como área basal en centímetros cuadrados; índices de dominancia y equidad en los sitios de estudio; y presencia o ausencia de adaptaciones fisiológicas, ecológicas o fenológicas para sobrevivir ante los efectos de los eventos de fuego.

Las covariables consisten en aquellas mediciones o interpretaciones que realizamos de la realidad, a lo largo de la ejecución de la metodología, las cuales no son definidas por los investigadores, ni constituyen variables de respuesta de interés del proyecto, pero que pueden contribuir a explicar las observaciones en las variables de respuesta y fortalecer así la discusión de resultados (Dodge, 2008). Entre estas variables se incluyen observaciones sobre: comunidades vegetales dentro del bosque de estudio (pino y encino, encinales y bosques de rivera de río); tipo y cantidad de material combustible presente en los sitios de estudio; condiciones climáticas y comportamiento del fuego al momento de realizar las quemas prescritas.

I.4.3 Materiales:

Para el levantamiento de la información de campo se utilizaron el siguiente equipo y materiales:

Cuadro No. 2. Equipo utilizado en el muestreo de parcelas

Equipo de campo
Mapas y/o fotografías aéreas
Lápices, marcadores, sacapuntas
Listones para marcar linderos de parcelas
Formularios de campo por parcela
Equipo para lluvia
Equipo de primeros auxilios
Bolsas de Nylon para muestras recolección de muestras de campo.-
Engrapadora para sellar bolsas de muestras
Cilindros de hierro para muestras de suelo
Cinta métrica 30 m
Cinta diamétrica
GPS
Brújula
Clinómetro
Bastón podador
Tijera podadora
Cámara fotográfica
Pala pequeña para muestra de suelo
Cubeta para muestra de suelo

Prensa botánica
GPS
Barrillas de Hierro de 3/8 para señalización y ubicación de parcela
Cilindro de PVC para señalización y ubicación de parcela

Equipo y materiales de laboratorio
Especímenes de herbario
Estereoscopios
Equipo de disección (Agujas de disección, pinzas finas, lupas)
Bibliografía especializada para la identificación taxonómica (Flora of Guatemala, Flora Mesoamericana en línea)
Especímenes de herbario
Estereoscopios
Equipo de disección (Agujas de disección, pinzas finas, lupas)
Bibliografía especializada para la identificación taxonómica (Flora of Guatemala, Flora Mesoamericana en línea)
Especímenes de herbario
Estereoscopios
Equipo de disección (Agujas de disección, pinzas finas, lupas)

Equipo y materiales de oficina
Computadoras
Bibliografía especializada (ver Referencias Bibliográficas)

I.4.4 Métodos

I.4.4.1 Delimitación de las parcelas permanentes de estudio.-

Para la ubicación de las parcelas en el área de acción del proyecto se utilizó un equipo de Global Positioning System (GPS), con un sistema de coordenadas UTM 15 (North) y una proyección de mapa WGS 84. El marcaje de la parcela permanente se realizó de forma subterránea utilizando tubos PVC y varillas metálicas con el objetivo de que esta no posea un tratamiento diferenciado en el área del proyecto

Se realizó un muestreo al azar estratificado en el cual el bosque es dividido en áreas relativamente homogéneas (estratos) y las unidades de muestreo fueron seleccionadas al azar dentro de esos estratos (Newton, 2007). Este procedimiento permite reconocer la variación

que existe entre estratos y no dentro de ellos, siendo de esta forma más precisos los resultados que se obtengan, en comparación con el muestreo al azar (Freese, 1970). El diseño contó con dos tratamientos:

1. bosques que no han sido quemados en más de tres años,
2. bosques que han sido sometidos a quemas controladas anualmente

Para cada tratamiento se contó con cuatro réplicas, ubicándose dos réplicas en cada cuenca, las cuales se muestrearon dos veces, en los meses de febrero a abril (antes de la temporada de incendios) y de mayo a junio (época de lluvia). Además, se realizará al menos una visita más para verificar las especies que fueron colectadas y que no fue posible determinar por asuntos de fenología.

Las réplicas se ubicaron bajo las mismas condiciones de pendiente, exposición y altitud en cada tratamiento, buscando que las mismas sean comparables. Las altitudes se definieron en función de la presencia de los bosques de pino encino con más de tres años de no ser afectados por el fuego, como parte de un continuo de bosque mayor de 10 hectáreas. (Mapa de ubicación de parcelas No. X).

Los patrones vegetales serán determinados mediante el muestreo sistemático de las especies de flora a través de la Parcela Modificada de Whittaker (Figura 1), que permite a través de la elaboración de parcelas y subparcelas, la medición del estrato arbóreo, arbustivo y herbáceo para evaluar la composición y abundancia de los bosques.

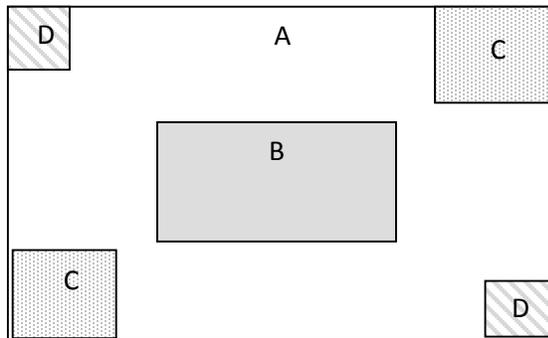


Figura 1: Parcela modificada de Whittaker. A: parcela principal de 20 x 50m (0.1 ha), subparcela B: 15 x 20m, subparcela C: 5 x 2m, subparcela D: 1 x 1m.

Parcelas de muestreo y toma de datos: Para cada parcela se tomarán datos de localidad, fecha, altitud, coordenada geográfica y nombre de los evaluadores.

Se delimitaron parcelas de 20 x 50 m para el estudio de árboles con diámetro a la altura del pecho (DAP) > 10 cm. Con cinta métrica se procederá a medirlo y será marcado utilizando cinta de marcaje, se colocarán estacas en las esquinas del terreno y se delimitara la periferia del terreno formando un cuadro utilizando rafia.

Estrato arbóreo:

Para cada árbol se anotó el nombre vernáculo o la morfoespecie de los especímenes colectados en el campo, la altura total la cual se medirá utilizando un hipsómetro, distancia entre individuos utilizando una cinta métrica o factor paso (paso calibrado previamente), se reportó el espacio entre individuos hacia adelante y la dirección de su posición, hacia la derecha o hacia la izquierda.

El diámetro de la copa se calcula midiendo la distancia desde la base del tronco del árbol hasta donde termina la sombra de la copa, esta medición se realiza en cuatro lados del árbol formando una cruz, estos datos se promedian y se calcula el diámetro. El DAP que se midió utilizando una cinta métrica, con la cual se medirá el perímetro de la circunferencia del tronco a la altura donde llegue el pecho del evaluador. El dato tomado será la circunferencia y el diámetro se calcula al dividir la circunferencia medida dentro de π , de la siguiente manera: $(D = C/\pi)$ (Anexo 3).

Estrato arbustivo:

Se realizó una subparcela central (dentro de la parcela principal) con medidas de 20x15 m para arbustos de 6-10 cm de DAP, para cada espécimen observado se tomarán datos de nombre vernáculo o morfoespecie, altura total y DAP (Figura 1, Anexo 3).

Estrato subarbustivo:

Se realizaron dos subparcelas interiores en 2 esquinas opuestas de la parcela principal, con medidas de 5x2 m área para plantas leñosas con DAP entre 1.1-5 cm, para cada espécimen observado se tomarán datos de morfoespecie o nombre vernáculo y abundancia de especies (se contará el número de individuos de la misma especie presentes en el área definida para el estrato) (Figura 1, Anexo 3).

Estrato herbáceo:

Se realizaron dos subparcelas interiores en dos esquinas opuestas de la parcela principal, con medidas de 1x1 m área para plantas herbáceas y regeneración, para cada espécimen observado se tomarán datos de morfoespecie o nombre vernáculo, cobertura de la especie en porcentaje y abundancia de especies (se contará el número de individuos de la misma especie presentes en el área definida para el estrato) (Figura 1, Anexo 1).

Mapa No. 7 Mapa de ubicación de las parcelas, Subcuenca Pasabién

MAPA DE DISTRIBUCIÓN DE PARCELAS DE INVESTIGACIÓN EN LA SUB-CUENCA PASABIEN, ZACAPA

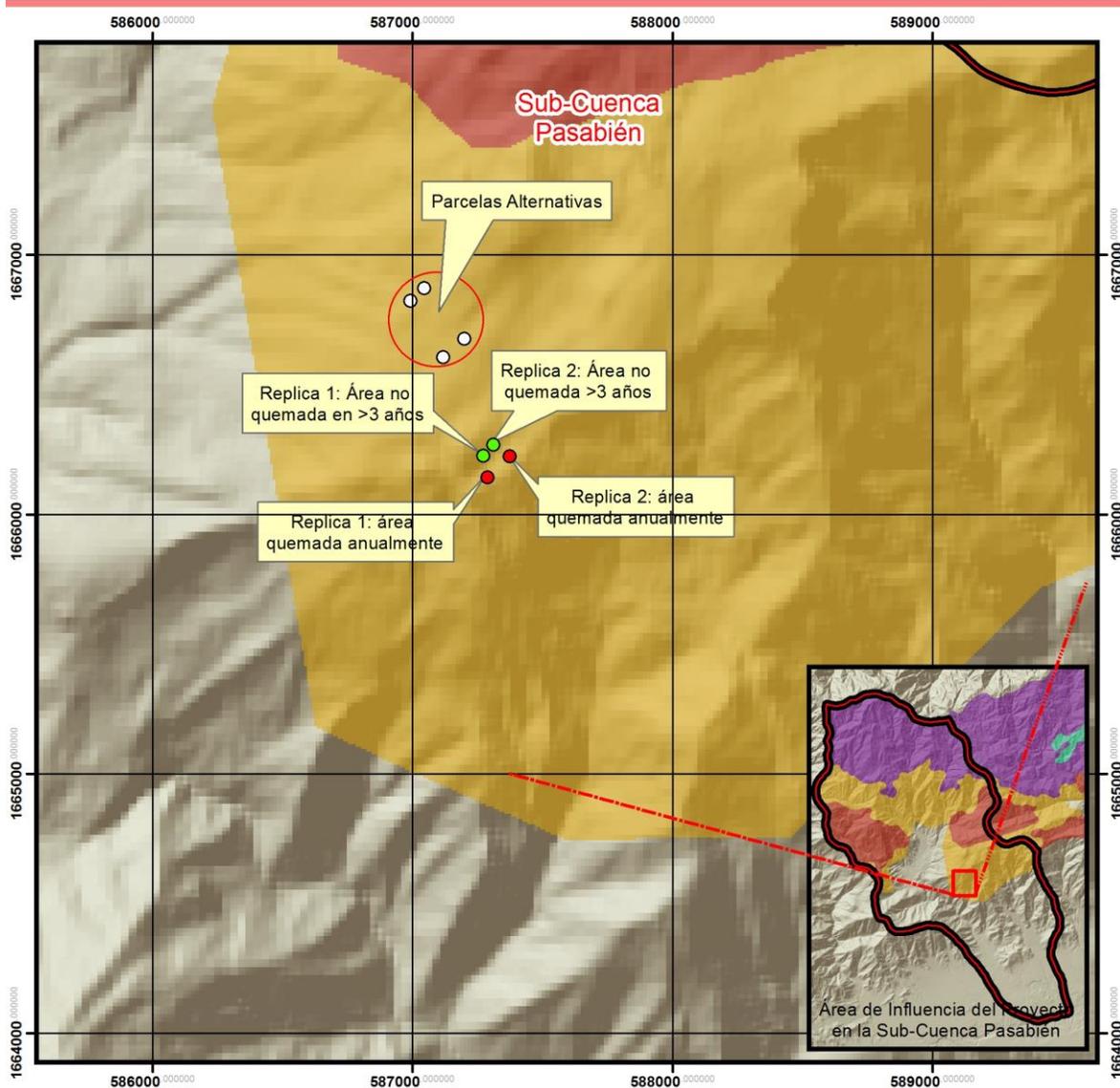
"Determinación y evaluación del impacto de las quemadas prescritas sobre sistemas vegetales de pino-encino en las cuencas de Pasabién y Río Hondo, Zacapa, Guatemala"



Sistema de coordenadas: GTM
 Proyección: Transverse Mercator
 Dato: WGS 1984
 False Easting: 500.000.0000
 False Northing: 0.0000
 Central Meridian: -90.5000
 Scale Factor: 0.9998
 Latitude Of Origin: 0.0000
 Unidades: Meter
 Escala 1:20,000



USIG - FDN - MOTAGUA



Fuente: Fodecyt 072-2012

Mapa No. 8 Mapa de ubicación de las parcelas, Subcuenca Río Hondo

MAPA DE DISTRIBUCIÓN DE PARCELAS DE INVESTIGACIÓN EN LA SUB-CUENCA RÍO HONDO, ZACAPA

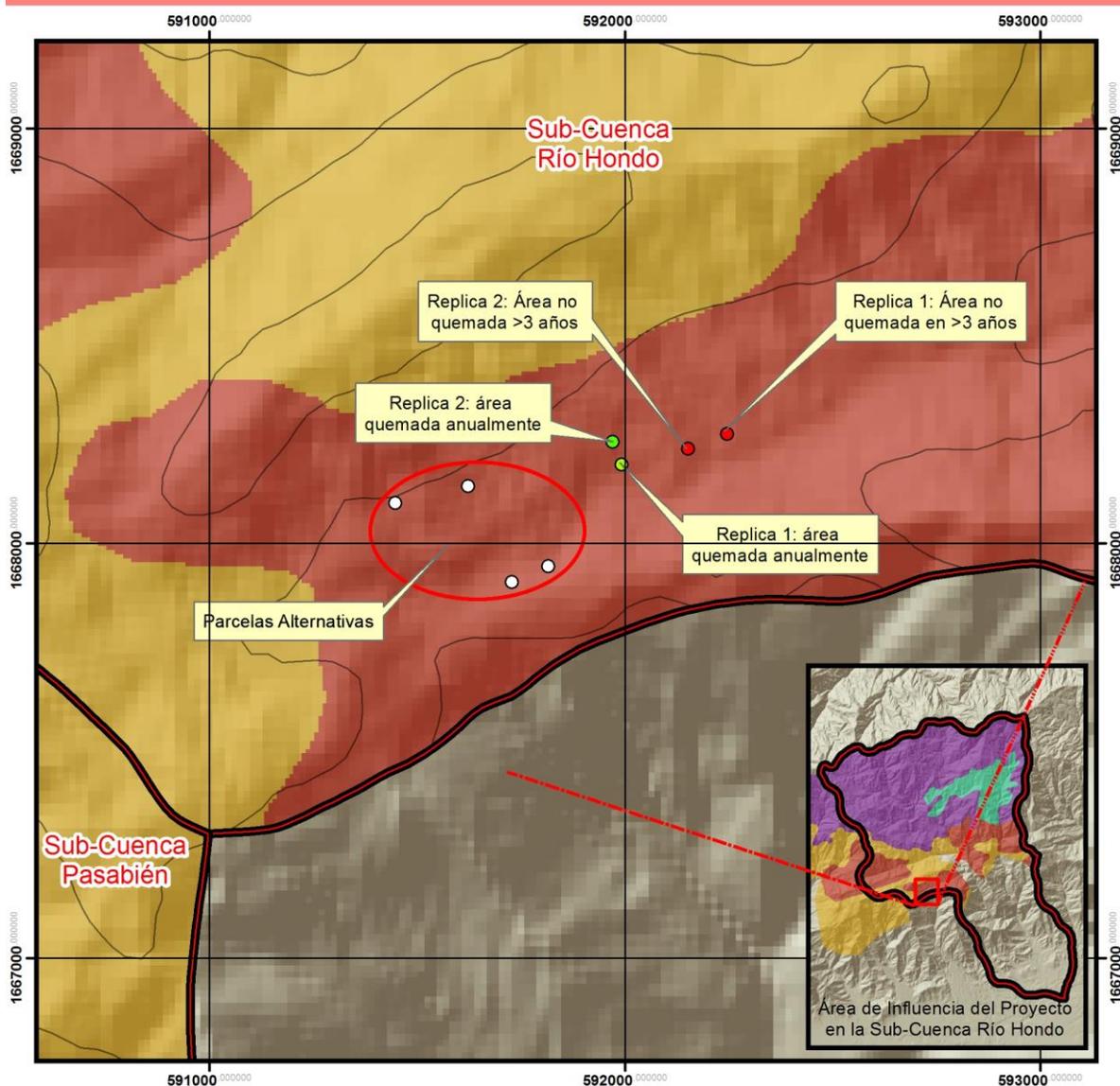
"Determinación y evaluación del impacto de las quemas prescritas sobre sistemas vegetales de pino-encino en las cuencas de Pasabién y Río Hondo, Zacapa, Guatemala"



Sistema de coordenadas: GTM
 Proyección: Transverse Mercator
 Dato: WGS 1984
 False Easting: 500.000.0000
 False Northing: 0.0000
 Central Meridian: -90.5000
 Scale Factor: 0.9998
 Latitude Of Origin: 0.0000
 Unidades: Meter
 Escala 1:12,500



USIG - FDN - MOTAGUA



Fuente: Fodecyt 072-2012

Mapa No. 9 Mapa de Distribución de estratos de bosques, Subcuenca Pasabién y Río Hondo

MAPA DE DISTRIBUCIÓN DE ESTRATOS DE BOSQUES EN BASE AL MAPA DE USO DEL SUELO DEL MAGA 2003

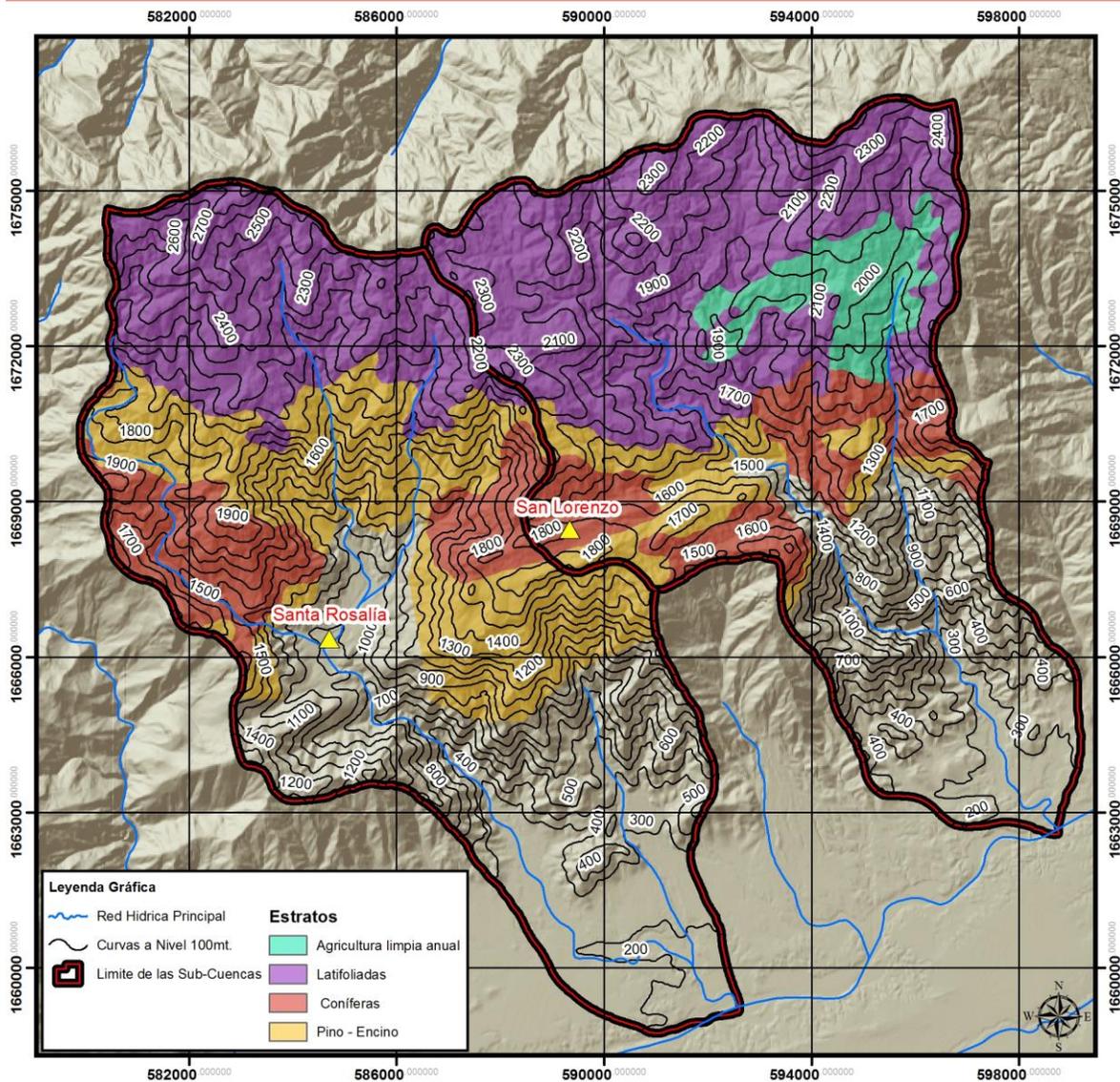
"Determinación y evaluación del impacto de las quemas prescritas sobre sistemas vegetales de pino-encino en las cuencas de Pasabién y Río Hondo, Zacapa, Guatemala"



Sistema de coordenadas: GTM
 Proyección: Transverse Mercator
 Datum: WGS 1984
 False Easting: 500,000,000
 False Northing: 0,0000
 Central Meridian: -90,5000
 Scale Factor: 0,9998
 Latitude Of Origin: 0,0000
 Unidades: Meter
 Escala 1:100,000



USIG - FDN - MOTAGUA



Fuente: Fodecyt 072-2012

I.4.4.2 Levantamiento de información sobre vegetación en el campo

Utilizando las boletas diseñadas y validadas para este fin, se realizó el levantamiento de información en las parcelas permanentes (ver Anexos). Se colectaron muestras vegetales de todas las plantas encontradas dentro de las parcelas permanentes, y algunas de otras plantas encontradas fuera de las parcelas delimitadas, ya que podían constituir especies a detectar posteriormente dentro de las mismas. Las muestras colectadas fueron procesadas (secado, cuarentena, montaje, registro y almacenamiento) en las instalaciones del Herbario USCG del Centro de Estudios Conservacionistas (Figura 1).

Se dio seguimiento al proceso de sucesión de la vegetación durante un año por medio de repetidas visitas a las mismas parcelas permanentes, registrando información con las boletas diseñadas para el levantamiento inicial de información. Mayor énfasis se dio al seguimiento de las especies herbáceas, que constituyeron la mayor porción de la diversidad florística observada, y sus procesos ecológicos fueron informativos para comprender aspectos de la dinámica de la vegetación en estos ecosistemas.



Figura 2. Espécimen del Herbario USCG número 39,319, correspondiente a la especie *Roldana petasioides* (Greenm.) H. Rob., colectada como parte de las actividades del proyecto. Fuente: Proyecto FODECYT 072-2012.

I.4.4.3 Tabulación y análisis de los datos

Para obtener resultados y responder las preguntas planteadas en la investigación, la primera actividad consistió en diseñar un esquema de tabulación de datos que permitiera ordenar las múltiples dimensiones y factores considerados en el estudio. Tres bases de datos principales fueron utilizadas para almacenar la información. La primera base de datos fue diseñada para almacenar las especies vegetales registradas en el proyecto, sus nombres científicos, familia botánica, autoridades taxonómicas y un código corto de seis caracteres para su identificación en los análisis posteriores (ver Anexos).

La segunda base de datos reúne la información sobre los conteos de árboles, sus diámetros a la altura del pecho y su área basal calculada. La tercera base de datos permite la unión de los códigos de seis caracteres que identifican las especies vegetales, las características de los sitios de estudio (tratamientos) y la temporalidad en que se realizaron los levantamientos de información en el campo (Cuadro 2). En este cuadro las especies están abreviadas según el código establecido en la primera base de datos elaborada. La presencia o ausencia de las especies vegetales fue registrada en la base de datos, aunque para el caso de especies arbóreas se registró la abundancia detectada por el conteo de fustes.

Cuadro 3. Esquematación reducida de la tercera base de datos utilizada para la tabulación de los datos obtenidos del levantamiento de información en el campo durante la ejecución del proyecto.

Sitio	Subcuenca	Frecuencia quema	Mes	Especies		
				QuePil	CenAsi	CalGra
Parcela 1	Río Hondo	+ 3 años	Marzo	19	0	1
			Abril	19	1	1
Parcela 2	Río Hondo	+ 3 años	Marzo	15	0	1
			Abril	15	0	1
Parcela 5	Pasabién	Anual	Marzo	9	0	1
			Abril	9	1	1
Parcela 6	Pasabién	+ 3 años	Marzo	24	0	0
			Abril	24	0	0

Fuente: Proyecto FODECYT 072-2012.

Otras bases de datos fueron construidas, pero la información que almacenan no fue tan importante para responder a las preguntas de la investigación. Estas bases de datos almacenan información sobre el porcentaje de cobertura de las plantas herbáceas en subparcelas anidadas dentro de las parcelas permanentes, y el conteo de plántulas de regeneración y rebrote de las especies arbóreas dominantes de las comunidades vegetales.

La mayoría de los análisis realizados parten de la información contenida en la tercera base de datos elaborada en el proyecto. La principal variable utilizada en las comparaciones para analizar el impacto de las quemas prescritas sobre la vegetación (objetivo *a* del proyecto), y para comparar y evaluar los efectos del fuego sobre áreas con distintos regímenes de fuego (objetivo *b* del proyecto), fue la riqueza de especies. La riqueza es definida como el número de especies observadas. Según se requiriera para cada comparación, se consideraron porciones de la riqueza por fragmentos de la muestra, por ejemplo: para analizar los impactos de las quemas sobre la vegetación, se analizó la riqueza observada antes de la quema, y la observada después de la quema, y a lo largo del tiempo. Estas comparaciones se presentan como gráficas para su comprensión visual (Graham, 2006).

I.4.4.4 Identificación de comunidades vegetales y adaptaciones al fuego

Este análisis tuvo como resultado la identificación tres tipos de comunidades vegetales dentro del ecosistema de bosque estacionalmente seco de pino y encino del sur de la Sierra de las Minas. La segregación de las tres comunidades tuvo su fundamento en los siguientes tres aspectos: Análisis de agrupamiento por el método de unión promedio con base en la disimilitud de Sorensen; análisis de los índices de dominancia y equidad de Simpson; presencia de especies exclusivas en cada una de las comunidades. Esta parte del análisis contribuyó a la discusión del objetivo *c* del proyecto, que orienta a identificar especies vegetales favorecidas y no favorecidas por los eventos de fuego.

El objetivo *c* del proyecto también es alcanzado con el análisis de las adaptaciones de las especies observadas a los eventos de fuego. Este análisis no implicó cálculos estadísticos, solamente revisión e interpretación de la información científica publicada. Como parte de este proceso se presentaron dos categorías de adaptación fenológica, fisiológica y ecológica: adaptado y sin adaptaciones. Las adaptaciones son discutidas con base en la bibliografía citada.

I.4.4.5 Análisis de técnicas para la realización de quemas prescritas

Este tema es uno de los más importantes, debido a que aquí se elabora de manera organizada todas las actividades que se va a realizar antes, durante y después de la quema, con el objeto de aplicar conscientemente el fuego en un área definida y delimitada, además, se indica todos los detalles necesarios para realizar una quema. Durante el desarrollo de esta actividad se logró comunicar a las autoridades correspondientes (Gobernación Departamental, COCODES, CONRED, SIPECIF), generalmente por escrito en donde y el día en que se realizó la quema controlada.

Previo a efectuar la quema, fue necesario realizar una capacitación a las personas que participaron en la misma y fue necesario la organización de equipos de quemas. Fue necesario

realizar una reunión inicial para la explicación de los objetivos de la quema, ubicación de unidades de quema, pronóstico de comportamiento del fuego, plan de quema, técnica de ignición (incendio), organización, prueba de quema y seguridad personal

El Manejo de la quema incluyó la planificación de la quema, de manera que las técnicas que se utilizaron sean adecuadas, para lograr un uso eficiente del fuego y atender los objetivos y metas propuestas dentro del plan de quema. Para ello se seleccionó un primer bloque definido para la realización de toma de datos, mediciones y reconocimiento del área con el fin de proceder a elegir las áreas forestales que son adecuadas para la incorporación del método de quemas prescritas como herramienta de control de la carga de combustibles.

En dichas áreas se definieron las parcelas representativas con el fin de experimentar en ellas la prescripción y posterior ejecución de la quema. Toda la información de áreas forestales y parcelas seleccionadas fueron registradas y georeferenciadas mediante sistemas de información geográfica. El primer bloque se concluye con el diseño metodológico de la planificación y la evaluación posterior de la quema.

Un segundo bloque fue definido para el desarrollo de los procedimientos a seguir en la ejecución de las quemas, dependiendo de las condiciones locales tales como topografía, tipos de vegetación, distribución espacial y carga de los modelos de combustibles, actividades y usos del suelo por los habitantes, meteorología y condiciones edáficas de los suelos fundamentalmente. En función de la caracterización de las áreas forestales y de las particularidades individualizadas de las diferentes parcelas seleccionadas, se elaboraron los distintos procedimientos para realizar la quema bajo criterios de seguridad y de compatibilidad ecológica. Así pues en este bloque se realizaron las quemas de las parcelas seleccionadas, comprobándose los métodos existentes para el encendido, propagación y control de la quema.

Una vez ubicadas las áreas de muestreo en cada tratamiento, se aplicaron quemas prescritas al tratamiento 2, en cuatro parcelas de 0.1 ha, las quemas se aplicarán con la misma técnica de quema de baja intensidad. Las quemas prescritas fueron realizadas en función de condiciones ambientales ideales y favorables; el día de su implementación se registró información como velocidad y dirección del viento, temperatura, humedad relativa y humedad del combustible fino muerto. Días posteriores a las quemas prescritas se realizó una evaluación inmediata de la misma para determinar el grado de severidad e impacto en el chamusqueado y carbonización de la vegetación.

Se realizaron brechas contra fuego que corresponden a franjas longitudinales en el terreno, en las que se elimina la totalidad de combustible superficial y raspando hasta el suelo mineral. Dichas brechas fueron de 4 m de ancho. Asimismo, se implementaron líneas negras

de 50 m de ancho con el fin de ampliar la brecha contra fuego para revenir el control de incendios forestales, ya que se elimina el combustible presente y detiene el avance del fuego.

PARTE II

II.1 MARCO TEÓRICO

II.1.1 Historia natural de Guatemala

Según Iturralde-Vinent, la diversidad de la biota actual de cualquier territorio es el resultado de la interacción entre complejos procesos cósmicos, geológicos y biológicos en un tiempo prolongado. La suma de estas interacciones determina, para cada intervalo del tiempo geológico, el marco fisiográfico y el régimen climático que condicionan el desarrollo de los ecosistemas y sus componentes bióticos (Iturralde-Vinent, 2006).

Hace millones de años, las características geográficas de Guatemala no eran las mismas de ahora. Actualmente Guatemala forma parte de América Central septentrional, con el Océano Pacífico al oeste y el Mar Caribe al este. Analizando la geografía actual de Guatemala, como consecuencias de la posición estructural y la evolución geológica de Guatemala, relacionadas ambas con la tectónica de placas, se puede describir su historia en cinco etapas (Iturralde-Vinent, 2006):

1. De Pangea hasta los bloques Maya y Chortí (205 a 75 millones de años, Jurásico Inferior a Cretácico Superior)
2. La colisión de los bloques Maya y Chortí (75 a 60 millones de años, Cretácico Superior a Cenozoico Inferior)
3. El impacto extraterrestre del final del Cretácico (~65 millones de años, límite entre el Cretácico y el Terciario)
4. La evolución del territorio durante el Cenozoico (60 a 35 millones de años, Paleoceno a Eoceno Superior)
5. La formación de Guatemala actual (< 35 millones de años, Oligoceno Superior a la actualidad)

La historia geológica de Guatemala inicia en el supercontinente Pangea, ya que pueden encontrarse en el subsuelo rocas de esa antigüedad. Fue de ese supercontinente que se separaron, desde distintas zonas, los bloques Maya y Chortí. En ese tiempo se desarrollaban los peces, anfibios, reptiles, dinosaurios y protomamíferos, aunque eran los dinosaurios quienes se encontraban en radiación adaptativa y dispersión geográfica. Los principales grupos de plantas eran las gimnospermas, como coníferas y Bennettitales, y los helechos (Willis & McElwain, 2002).

Hacia el final del Cretácico, el movimiento de la placa del Caribe hacia el este respecto a la placa de Norteamérica produjo el choque frontal de los bloques Maya y Chortí,

produciéndose el plegamiento de la corteza terrestre en ambos terrenos. Producto de este choque se formaron dos sistemas montañosos: la Sierra de Santa Cruz al norte del Lago de Izabal en el bloque Maya y las montañas cerca del municipio de Sanarate, en el bloque Chortí (Iturralde-Vinent, 2006).

El impacto de un meteorito hace aproximadamente 65 millones de años provocó la extinción de numerosas especies al exterminar gran cantidad de seres vivos. El impacto ocurrió en el extremo noroccidental del bloque Maya, relativamente cerca de lo que hoy es Guatemala, por lo que sus efectos debieron sentirse con bastante intensidad (Iturralde-Vinent, 2006).

Durante los inicios del Terciario la parte suroeste de Guatemala se mantuvo emergida, mientras la parte norte se encontraba parcialmente sumergida. El terreno presentaba conexión con América del Norte, por lo que debió compartir parte de su biota. Desde unos 35 millones de años hasta la actualidad el terreno ha tendido a estar emergido, los movimientos tectónicos formaron los sistemas montañosos actuales, entre estos, la cadena volcánica. De este tiempo se han rescatado varios fósiles de mamíferos de América del Norte. Por la evidencia fósil se sabe que animales desde América del Sur empezaron a llegar a Guatemala desde hace unos 15 millones de años, aumentando el flujo hace unos 2.5 millones de años, cuando se cerró el istmo en Panamá (Iturralde-Vinent, 2006).

La historia de la vegetación de Guatemala se conoce parcialmente desde el Cretácico. Según evidencia fósil encontrada en las Verapaces, durante el Cretácico se encontraba un bosque abierto de gimnospermas, con el suelo cubierto por helechos y cicadáceas, principalmente a lo largo de ríos y riachuelos. El impacto del asteroide al final de este período destruyó las antiguas comunidades vegetales y la recuperación de la vegetación bajo cambios climáticos constantes facilitó la introducción de: elementos tropicales (Paleoceno y Eoceno Inferior); templados (Mioceno y Plioceno); de altas altitudes y secos (Plioceno y Cuaternario) (Graham, 2006).

Aun en tiempos cercanos, poco se sabe de la vegetación de la mayor parte de Guatemala. Hacia final del Pleistoceno (36,000 a 14,000 años), la vegetación en Petén consistía de bosques con elementos templados como pinos, encinos y vegetación herbácea. Durante la época glacial tardía (14,000 a 10,000 años) el área de Petén estaba cubierta por bosque de encino, y se conoce evidencia de alta incidencia de incendios forestales naturales. En el Holoceno Inferior (10,500 a 5,600 años) se identifica, según los registros polínicos, un aumento de elementos arbóreos de afinidad tropical y la selva se establece alrededor de los 8,500 años. Desde ese tiempo, se cuenta con registros que sugieren una cobertura vegetal de afinidad tropical y algunas sabanas, hasta hace 4,000 años, cuando se hacen evidentes los impactos de la cultura maya (Islebe & Leyden, 2006).

II.1.2 La diversidad biológica en Guatemala

La diversidad biológica se expresa generalmente en tres niveles: ecosistemas, especies y genes. Guatemala es un país importante en los tres niveles de diversidad biológica. Como causantes de la alta diversidad biológica se han identificado los siguientes aspectos (Castañeda, 2008; IARNA, 2012; Véliz, 2008):

- Origen geológico antiguo y diversidad fisiográfica
- Ubicación geográfica entre dos regiones biogeográficas diferentes (neártica y neotropical), en medio de dos océanos
- Variabilidad altitudinal y climática

La diversidad de ecosistemas incluye las comunidades de organismos dentro de hábitats particulares, así como las condiciones físicas bajo las cuales viven. A nivel ecológico la biodiversidad se manifiesta como la riqueza y abundancia de las especies que se encuentran en el área; también se manifiesta como la heterogeneidad en un paisaje local en un gradiente ambiental; y a nivel geográfico o regional (Halffter, Moreno, & Pineda, 2001).

En este sentido resulta útil la clasificación de las áreas como ecorregiones, que es un concepto ampliamente adoptado y utilizado en el mundo. Una ecorregión es un área geográfica caracterizada por contar con condiciones climáticas similares, edáficas, florísticas y faunísticas en estrecha interdependencia, delimitable y distinguible una de otra. En Guatemala han sido identificadas 14 de las ecorregiones descritas a nivel mundial (Castañeda, 2008), las cuales se listan a continuación:

- Bosques húmedos del Atlántico Centroamericano
- Bosques montanos centroamericanos
- Bosques montanos de Chiapas
- Bosques húmedo de Petén-Veracruz
- Bosques húmedos de la Sierra Madre de Chiapas
- Bosques húmedos de Yucatán
- Bosques secos centroamericanos
- Bosques secos de la depresión de Chiapas
- Bosques de pino-encino centroamericanos
- Arbustal espinoso del valle del Motagua
- Manglares de la costa beliceña
- Manglares del bosque seco de la costa del Pacífico
- Manglares de Tehuantepec-El Manchón
- Manglares del norte de Honduras

En cuanto a la diversidad, medida por el número de especies, en Guatemala se incluyen más de 10,000 especies vegetales considerando plantas vasculares, no vasculares, hongos y algas (Véliz, 2008). Esta valoración contribuyó a la declaratoria del país como uno de los 19 países megadiversos. Este reconocimiento fue otorgado recientemente a Guatemala, en el año 2010, e implica la consideración de que forma parte del territorio, que a nivel mundial, sustenta el 70% de la diversidad biológica y el 50% de la población humana (CONAP, 2013).

Para analizar la importancia de la diversidad biológica expresada como genes, es necesario considerar aspectos de la ecología de poblaciones (Noss, 1990). Este nivel se puede abordar desde dos perspectivas: la cantidad de especies que ubican en Guatemala en alguna población aislada y la cantidad de especies y variedades de parientes silvestres de plantas alimenticias. Bajo la primera perspectiva se pueden reconocer todas las especies vegetales que se distribuyen en el país, adicionando la cantidad de poblaciones de una misma especie que se encuentran aisladas reproductivamente.

La alta diversidad de genes relacionados a cultivos alimenticios también es importante. Se han documentado 105 especies y variedades de parientes silvestres relacionados a 29 cultivos de alta importancia económica. Entre estos cultivos se encuentra el maíz, frijol, aguacate y papaya (Azurdía *et al.*, 2011).

II.1.3 El ecosistema de bosques de pino y encino

Los bosques de pino-encino de Guatemala pertenecen a la Ecorregión de Bosques de Pino-Encino de Centroamérica, la cual toma su nombre por la dominancia de las especies *Pinus* spp. – *Quercus* spp. Esta asociación vegetal ocupa un rango altitudinal que va de 600 a 2,300 metros sobre el nivel del mar (msnm). Algunas variantes en la estructura y composición vegetal en la ecorregión ocurren cuando el bosque de pino-encino se mezcla con otras especies latifoliadas como *Ostrya virginiana*, *Liquidambar styraciflua*, y *Alnus*, entre otras (Alianza para la Conservación de los Bosques de Pino-Encino de Mesoamérica, 2008).

La ecorregión de bosques de Pino-Encino de Centroamérica abarca el Centro y Sur de Chiapas (México), las tierras altas de Guatemala, la mayor parte de Honduras, El Salvador y el Noroeste de Nicaragua. Cuenta con una extensión de 103,842.71 km², de la cual se ha perdido el 74%, equivalente a 104,000 Km² (Molina, 1997).

Ampliamente distribuidos en el territorio nacional, este tipo de bosques ocupan la mayor sección de la región central del país, incluyendo conos volcánicos y mesetas, que se conocen como Altiplano del país (Melgar, 2003, citado por CEA *et al.*, 2010). Los principales departamentos que presentan bosques de pino-encino en Guatemala pertenecen a la región climática conocida como Meseta y Altiplano, en la cual existe gran variedad de microclimas (CEA *et al.*, 2010).

Esta ecorregión se ubica geográficamente en 246 municipios, distribuidos en 18 departamentos, que corresponden a más del 80% de los departamentos de Guatemala. Los bosques de pino-encino en Guatemala abarcan 28 cuencas, que incluyen 141 subcuencas (CEA *et al.*, 2010).

En Guatemala, problemas sociales y económicos muy complejos resultan de las causas de la deforestación, degradación y fragmentación de los bosques, problemas que a su vez afectan la integridad de estos ecosistemas (CEA *et al.*, 2010). Las consecuencias que se derivan de la pérdida de recursos biológicos y de la degradación de estos bosques de importancia global y regional tienen efectos sociales y económicos significativos, tales como la erosión y degradación de los suelos, escasez de leña (que es el principal combustible), pérdida de corrientes de agua superficial y desecación de manantiales (que en muchas comunidades rurales son las fuentes inmediatas de agua debido a la falta de infraestructura para el suministro). El agravamiento de la pobreza rural a partir de esta problemática es actualmente una realidad en varios países.

Entre las principales presiones que existen hacia la ecorregión se puede mencionar la deforestación, los incendios forestales, introducción de ganado en los bosques, la conversión del suelo para agricultura, plantaciones de café, pastizales para ganadería; así como el uso tradicional de recursos, como leña y carbón. En su conjunto, estos factores hacen que el estatus de conservación para esta zona sea considerado como “críticamente en peligro” según el World Wide Fund for Nature –WWF- (Gómez, 2005, Internet WWF, 2007).

La tasa de deforestación ha sido alta en la ecorregión y significó para Guatemala la pérdida de 54,000 ha/año (FIPA-USAID 2001). La extracción de leña para consumo en hogares, específicamente para cocinar alimentos es muy común, se estima que aproximadamente un 75% de la población de la región utiliza leña como fuente de combustible. En Guatemala con base a los datos de aprovechamientos legales se estimó que para el año 1996, el 92% de los árboles aprovechados fueron utilizados para este fin, destinando solo un 8% a la industria (INAB, 2003). Las especies más utilizadas para leña fueron en orden de importancia: encinos, robles (*Quercus* spp.), pinos (*Pinus* spp.) y otras especies.

En términos ecológicos, la ecorregión es considerada una de las zonas más ricas en el mundo en diversidad de coníferas y encinos (*Quercus* spp.). Evidencia de lo anterior, es la zona entre Chiapas y Guatemala, en donde existe la mayor cantidad de especies de coníferas por área, comparado con cualquier otro lugar en el mundo de similar superficie, en consecuencia presenta alta hibridización y es actualmente, centro de especiación y evolución de pinos.

Los bosques de pino-encino maduros pueden tener hasta 26 especies de encinos y 11 especies de pinos. Según investigaciones en Chiapas, el rango altitudinal con mayor diversidad en encinos, pinos y especies asociadas es el establecido entre los 1,000 y 2,000 msnm, en todos los estadios de la sucesión vegetal. Otros géneros asociados a bosques de pino-encino son: *Acacia*, *Ficus*, *Inga* y *Lonchocarpus*, entre otros (González-Espinosa *et al.*, 1995).

La Ecorregión de Bosques de Pino-Encino de Centroamérica es hábitat para muchas especies catalogadas en peligro de extinción a nivel global, además de especies endémicas (Internet WWF, 2007). Es hábitat para alrededor de 305 especies de aves (Komar, datos sin publ.), entre ellas sostiene alrededor de 55 especies de aves migratorias y otras especies más que lo utilizan en el viaje migratorio como sitios de reabastecimiento o sitios de paso (Welton *et al.*, 2006; Internet WWF, 2007).

Debido al alto número de especies endémicas de plantas, mamíferos, aves e insectos que tiene la ecorregión, se le ha considerado como un “área de endemismos de aves” y como una Ecorregión Terrestre Prioritaria (ETP o Hot Spot, según Conservación Internacional).

En cuanto a la diversidad de fauna asociada a los bosques de pino-encino, las aves son de los grupos más notorios. Algunas especies de aves migratorias neotropicales que utilizan estos ecosistemas como hábitat de invierno son: *Dendroica chrysoparia* (Golden-cheeked Warbler), *Cardellina rubrifrons* (Red-faced Warbler), *Dendroica townsendi* (Townsend's Warbler), *Dendroica virens* (Black-throated Green Warbler), *Dendroica occidentalis* (Hermit Warbler), *Oporornis tolmiei* (MacGillivray's Warbler) y *Dendroica graciae* (Grace's Warbler), entre otras (Pérez, 2006).

El fuego y su relación con los bosques de pino-encino

Aunque el fuego ha afectado la composición, estructura y el patrón espacial del paisaje del hábitat de la biodiversidad por milenios, también es razonable asumir que alguna flora y fauna haya coexistido con esto y se halla adaptado a las perturbaciones periódicas del fuego. De tal forma hay aspectos positivos y negativos del fuego que se deben conocer para tomar medidas adecuadamente a cada caso (PROARCA/APM, 2006).

El ecosistema de pino-encino es un ecosistema dependiente del fuego, siendo para ellos esencial la presencia del fuego, donde las especies han desarrollado adaptaciones para responder positivamente al mismo y facilitar su propagación. Si se quita el fuego o si se altera el régimen de fuego más allá de su rango normal de variabilidad, el ecosistema se transforma en algo diferente y se pierden hábitats y especies. La mayoría de especies de pino están vinculadas a perturbaciones, a menudo definidas por regímenes de fuego específicos. Lo mismo puede decirse de la diversidad de especies de encinos, una gran parte pueden necesitar el fuego o verse favorecida por las perturbaciones inducidas por éste (Myers, 2006).

Aún así, los científicos todavía no comprenden bien la función del fuego en muchos ecosistemas del mundo, y la sociedad en general no lo reconoce en absoluto. En lugares en los cuales se reconocen sus beneficios, aún no se conoce el régimen del fuego ecológicamente adecuado (Myers, 2006).

El fuego se ha vuelto un problema de conservación porque muchas áreas en todo el mundo dependen del fuego para mantener sus especies, sus hábitats y sus paisajes nativos; éstos son ecosistemas dependientes al fuego. Es muy posible que muchos de estos ecosistemas dependientes estén quemándose demasiado en la actualidad, pero también hay una escasez general de información acerca de la naturaleza y la adecuación ecológica de los actuales regímenes de fuego en muchos de ellos (Myers, 2006).

La falta de información acerca de la función del fuego en estos ecosistemas y el fracaso en entenderlo, junto con la implementación de esfuerzos a escala nacional y en el ámbito comunitario para controlar y prevenir todos los incendios, tienen el potencial de llevar a muchas tierras de importancia para la conservación por el mismo camino de exclusión ecológicamente inadecuado que siguió Estados Unidos hace varias décadas. De esta forma se han obtenido resultados similares: vegetación alterada, destrucción de hábitats, pérdida de especies, incendios forestales destructivos y degradación de las cuencas de agua (Myers, 2006).

Un régimen de fuego se define como un conjunto de condiciones recurrentes del fuego que caracteriza a un ecosistema dado. Estas condiciones están inscritas en un rango específico de frecuencia, comportamiento del fuego, severidad, momento y tamaño de quema, modelo de propagación del fuego y modelo y distribución de la quema (Myers, 2006). Un régimen de fuego ecológicamente adecuado es aquél que mantiene la viabilidad o la estructura, la composición y el funcionamiento deseados del ecosistema. No es necesariamente un régimen natural del fuego (Myers, 2006).

Reconocer únicamente los impactos negativos del fuego significa también impedir que éste cumpla su rol como factor ecológico en los ecosistemas dependientes del mismo, como son los bosques de pino-encino (Pantoja, 2008). Este tema toma importancia al tomar en cuenta que éstos bosques se encuentran altamente amenazados en el istmo mesoamericano y pobremente representado mediante áreas protegidas.

II.1.4 Las perturbaciones antropogénicas, incluyendo el fuego, desde el punto de vista de la ecología vegetal:

Las perturbaciones naturales o antropogénicas han sido tradicionalmente vistas como los eventos que inician la sucesión vegetal. Esta sucesión o cambio en la vegetación puede ser primaria o secundaria, dependiendo de los elementos del ecosistema original, bióticos y

abióticos, que permanecen después del evento de perturbación. Es entonces cuando el modelo de sucesión vegetal explica el desarrollo de vegetación después de un evento de perturbación (Johnson y Miyanishi, 2007).

Tradicionalmente se ha visto a las perturbaciones en los ecosistemas como eventos aislados, infrecuentes o anómalos, que inician la sucesión o cambio en la vegetación, la cual continúa hasta la próxima perturbación. Recientemente se ha planteado que las perturbaciones forman parte de la dinámica característica de un ecosistema, permitiendo a este mantener poblaciones de distintos grupos funcionales de especies en un estado de “estabilidad a largo plazo” (Johnson y Miyanishi, 2007; Suding y Hobbs, 2009).

Las perturbaciones en los ecosistemas, como un objeto de estudio de la ecología, han sido caracterizadas descomponiéndolas en elementos descriptores. Cada régimen de perturbaciones en un ecosistema (incendios, huracanes, inundaciones) es descrito por la frecuencia, intensidad, tamaño o área afectada y estacionalidad, las cuales son factores que afectan la severidad de la perturbación (Johnson y Miyanishi, 2007). La modificación de uno o varios de los elementos descriptores de una perturbación afectan la severidad de esta, la cual también afecta de diferente manera a distintos ecosistemas, según sea la capacidad de resiliencia de los mismos y de las especies que los habitan (Suding y Hobbs, 2009).

Como proceso físico-químico, el fuego es una reacción exotérmica, que por medio de la combustión-oxidación libera la energía almacenada en la biomasa, que en el caso del combustible vegetal, es producto de la fotosíntesis. El fuego requiere de tres elementos básicos: calor, oxígeno y combustible. Durante la combustión se pueden distinguir cuatro etapas: la pre-ignición (precalentamiento, deshidratación y pirolisis); la combustión con llamas (ignición de gases inflamables); la combustión con luminosidad (ignición de materiales sólidos) y la extinción (Johnson, 2004).

El fuego, como perturbación en los ecosistemas, es uno de los procesos más estudiados en el último siglo. El fuego forma parte de la dinámica de varios ecosistemas (bosques de pino, bosques boreales, sabanas), lo cual permite en esos casos mantener la máxima diversidad biológica posible, además de la salud del ecosistema. En esos casos, la supresión del fuego provoca la acumulación de combustible vegetal con consecuencias negativas para los ecosistemas (Johnson, 2004).

El régimen natural de fuego de un bosque está asociado a cuatro factores: fuentes de ignición disponibles (rayos, lava); disponibilidad de combustible (acumulación estacional de material vegetal seco); clima (estacionalidad marcada) y topografía (Johnson, 2004). Al estudiar el impacto de un evento de fuego sobre la vegetación es importante analizar la intensidad del fuego (tasa de energía liberada durante la quema), la severidad del fuego

(cambio en la materia orgánica disponible) y la gravedad de las quemaduras sobre la vegetación (efectos sobre el ecosistema) (Keeley, 2009).

La mejor forma de estimar la intensidad del fuego sobre la vegetación es registrando información sobre este en el momento de la quema. La información necesaria, según Byram (1958), es la intensidad de la línea de fuego, el calor de combustión, el peso del combustible consumido y la tasa de propagación. Debido a que varios de estos aspectos no son considerados durante la mayoría de las quemaduras, se han propuesto otros aspectos como indicadores de la intensidad del fuego y su relación con la mortalidad vegetal, como la altura de las llamas o de la carbonización de los trocos de los árboles (van Wagner, 1973; Michaletz y Johnson, 2006).

El fuego es también uno de los principales procesos utilizados en la modificación antropogénica de los ecosistemas. La implementación de regímenes de fuegos (tumba y quema, rozas, incendios forestales) en ecosistemas que no los presentan originalmente, o la modificación de sus características (frecuencia, estacionalidad) en ecosistemas que sí los presentan naturalmente, llevan a alteraciones en el modelo de sucesión de un área y cambios en la diversidad biológica del lugar (Maas, 2009; Sánchez-Azofeifa y Portillo-Quintero, 2011). Estos cambios se asocian con la alteración del ciclo del agua, la pérdida de suelo y nutrientes, la disminución de la biomasa microbiana del suelo, además de permitir la entrada de nuevas especies, generalmente exóticas e invasoras, que desplazan a la diversidad biológica nativa (Maas, 2009; Suding y Hobbs, 2009; Balvanera, Castillo y Martínez-Harms, 2011).

II.1.5 El manejo integrado del fuego

El manejo del fuego es la gama de posibles decisiones técnicas y acciones disponibles para prevenir, mantener, controlar o usar el fuego en un paisaje dado. La premisa principal de este trabajo es que las tecnologías más sofisticadas de manejo del fuego probablemente no solucionen el problema de los incendios forestales destructivos y no sean eficaces en restablecer los regímenes de fuego ecológicamente adecuados en los lugares que tienen que quemarse. Hay una necesidad de integrar las realidades socioculturales y las exigencias ecológicas con los enfoques tecnológicos para manejar el fuego. Este trabajo presenta un marco que denominamos Manejo Integral del Fuego, que lleva a enfoques ecológica y socialmente adecuados para manejar el fuego y hacer frente a las amenazas a las tierras de conservación relacionadas con el fuego. Una parte fundamental de este concepto es que el fuego puede ser tanto beneficioso como perjudicial, según cómo, dónde, cuándo y por qué ocurre (Myers, 2006).

La visión del Manejo Integral del Fuego es reducir marcadamente y de manera medible las amenazas del fuego a las áreas de conservación en tierras comunitarias, privadas

y en las cuencas, mediante el mantenimiento del rango ecológicamente aceptable de variación de los regímenes del fuego y mejorando las tendencias en las tierras que se están quemando demasiado, de manera inadecuada o que no se queman lo suficiente (Myers, 2006). Con este enfoque podemos evaluar si los efectos del fuego en un área determinada serán perjudiciales, beneficiosos o indiferentes; se puede balancear los riesgos y beneficios, y responder efectivamente y apropiadamente ante un evento.

El manejo del fuego invariablemente involucra preparación y capacidad de respuesta para hacer frente a emergencias de incendios. Al integrar la información acerca de incendios pasados, fuentes de ignición (combustibles) y la necesidad y la tendencia de ciertos tipos de vegetación a quemarse, los organismos y las comunidades pueden anticipar mejor los incendios y tomar decisiones más acertadas cuando éstos ocurren (García, 2008).

En el uso del fuego existen dos tipos de quemas:

- Quemadas controladas: es una quema que se realiza según un plan no escrito estimando el comportamiento del fuego como herramienta para realizar objetivos deseados en una parcela, ejemplo: como las que se realizan muchas veces en las áreas agrícolas antes de la cosecha.
- Quemadas prescritas: es una quema controlada que se realiza según un plan técnico (escrito), toma en cuenta la evaluación de los combustibles vegetales, las condiciones de clima y el tipo de terreno. Se estima un comportamiento del fuego deseado para alcanzar objetivos determinados en una parcela (García, 2008).

El fuego e Incendios Forestales

En los últimos años, con el acceso a la tecnología espacial estamos empezando a darnos cuenta sobre el número y verdadera magnitud de los fuegos en Centroamérica, que cada año causan efectos sobre la salud y economía de sus poblaciones. Además, los fuegos están teniendo impactos enormes sobre los ecosistemas, la biodiversidad y la atmósfera, lo cual lleva a considerar el problema como una de las amenazas más importantes para los bosques y la biodiversidad de la región (PROARCA/APM, 2006).

Se predice que, a partir de los escenarios de cambio climático, los incendios forestales se extenderán debido al calentamiento y la aridez que el clima experimentará en la región, lo que puede contribuir al incremento de la deforestación y fragmentación de los bosques, a la vez que aumentaría los efectos negativos en la salud de la población debido al humo de las quemadas de biomasa (UNFCCC, 2007 citado en Rojas, 2009).

El fuego en Guatemala se relaciona con una serie de problemas ambientales adicionales como los deslizamientos de tierra, la desertización, pérdida de hábitat y productividad del suelo. Por otra parte esta situación conduce a que en el ámbito social y político, la problemática de los incendios forestales sea comúnmente enfrentada con

campañas y leyes que destacan los aspectos negativos del fuego (“cara mala”), derivando esto en una mala reputación que impide reconocer la “cara buena” del fuego y lo que es peor, propicia una mayor recurrencia de incendios con impactos negativos (PROARCA/APM, 2006)

Por otro lado los fuegos han sido procesos naturales importantes en muchos ecosistemas y las personas han utilizado tradicionalmente el fuego durante milenios como una herramienta utilizada con efectividad para cocinar, proveer calor, cazar, producir energía, la limpia de cultivos extensivos y de subsistencia, y para la ganadería. Llama la atención que el mensaje que la población recibe constantemente es que el fuego es malo. Dicho mensaje choca con la racionalidad económica de las actividades agrícolas de subsistencia y la ganadería extensiva, por lo cual es importante redefinir estrategias para comunicar y promover el uso responsable del fuego (Rojas, 2009; TNC, 2004).

A pesar de que en Guatemala, como en la mayoría de países, el fuego es sinónimo de peligro, existe un factor cultural importante en la dinámica del fuego en los bosques. La mayor cantidad de áreas afectadas por incendios ha sido por dos causas que están relacionadas de una u otra forma: las rozas en la agricultura y la quema de basura y pastos, ambas son actividades realizadas comúnmente en el país. Estas prácticas han llevado innumerables veces a grandes catástrofes por incendios forestales, debido al mal manejo del fuego o a descuidos. Por otro lado, la causa más común de incendios forestales es el uso mal intencionado del fuego debido a conflictos familiares, políticos, religiosos por el uso de recursos comunes, por derechos de paso o de límites territoriales (CEA *et al.*, 2010).

Es de resaltar que, de acuerdo con el Inventario Forestal Nacional, el 67% de los bosques sufren perturbaciones y fragmentación, causada por aprovechamientos de madera, leña, no maderables e incendios. Este último es, bajo la forma de incendios rastreros, la principal causa de perturbación que afecta a bosques de coníferas y mixtos principalmente (FAO, 2004).

El número de incendios por año en los bosques de pino-encino de Guatemala, para el período entre el año 2005 al 2008, es en promedio de 788. Los departamentos con mayor incidencia tanto en el número como en el área afectada, son: Jalapa, Baja Verapaz, Quiché, Guatemala, Zacapa y Chiquimula (INAB, 2005-2008 citado en CEA *et al.*, 2010). Los incendios más frecuentes y comunes son los rastreros. Éstos se originan fácilmente y aunque son más fáciles de controlar pueden causar grandes daños si la capa de combustible en el sotobosque es abundante y alta, pudiendo transformarse en un incendio de copas (CEA *et al.*, 2010).

El Papel del fuego en los ecosistemas

En el año 2006 se desarrolló un estudio de caso en donde a través del uso racional del fuego, desarrollo una teoría en donde manteniendo los ecosistemas y los medios de vida mediante el Manejo Integrado del fuego, la cual se basa en divulgar el uso racional del fuego a través de la implementación de quemadas prescritas, en donde pudo determinar una clasificación basada en el comportamiento del fuego sobre los ecosistemas, que existen ecosistemas dependientes del fuego y ecosistemas sensibles al fuego (Hardesty et al. 2005). Este informe se centró en el efecto predominante del fuego a nivel de bioma y de la ecorregión, reconociendo que dentro de las ecorregiones puede haber una variedad de ecosistemas y hábitats cuyas respuestas difieren del efecto predominante.

Ecosistemas Independientes del fuego.

Los ecosistemas independientes del fuego son aquellos en los cuales el fuego juega un papel muy pequeño o nulo. Son demasiado fríos, húmedos o secos para quemarse. Ejemplos incluyen desiertos, tundra y bosques lluviosos en ambientes no estacionales.

Ecosistemas dependientes del fuego.

Los ecosistemas dependientes del fuego son aquellos donde el fuego es esencial y las especies han desarrollado adaptaciones para responder positivamente al fuego y para facilitar su propagación, es decir, la vegetación es inflamable y propensa al fuego. A menudo se los denomina ecosistemas adaptados al fuego o mantenidos por el fuego. En estas áreas el fuego es un proceso absolutamente esencial, si se quita el fuego, o si se altera el régimen de fuego más allá de su rango normal de variabilidad, el ecosistema se transforma en algo diferente, y se pierden hábitats y especies (Meyers, 2006).

Los tipos de regímenes del fuego varían mucho: desde incendios de superficie frecuentes, de baja severidad mixta (es decir, que los efectos letales y no letales varían a lo largo del paisaje), hasta incendios relativamente infrecuentes, de alta severidad y letales o que reemplazan rodales y que frenan o reajustan la sucesión ecológica creando una diversidad de hábitats en el tiempo y en el espacio a medida que la vegetación se recupera (Brown 2000).

La mayoría de las especies de pino está vinculada a perturbaciones, a menudo definidas por regímenes de fuego específicos (Rodríguez-Trejo y Fulé 2003). Una gran parte de Sierra de las Minas contempla este tipo de ecosistemas, siendo este uno de los más frecuentemente afectados por distintos regímenes del fuego, lo cual ha ido creando grandes perturbaciones en el ecosistema, generando la migración de especies y el cambio de hábitats de otras.

Ecosistemas Sensibles al fuego.

Los ecosistemas sensibles al fuego no se han desarrollado con el fuego como un proceso importante y recurrente. Las especies de estas áreas carecen de las adaptaciones para responder a los incendios y la mortalidad es alta incluso cuando la intensidad del fuego es muy baja. (Meyers, 2006).

Los ejemplos de ecosistemas sensibles al fuego incluyen una amplia variedad de bosques latifoliados tropicales y subtropicales que se encuentran en gradientes altitudinales como de humedad y bosques latifoliados y de coníferas de zonas templadas en el extremo más húmedo del gradiente de humedad (Meyers, 2006). Los ecosistemas de bosques latifoliados y bosques nubosos en Sierra de las Minas poseen un gran valor ambientalmente muy elevado, ya que son la principal fuente de captación y almacenamiento de agua para las 63 subcuencas que nacen de la misma, sus alteraciones pueden ser grandemente perjudiciales dado a esto, por lo cual su conservación es una de las principales metas para asegurar el hábitat de las especies que se encuentran en la zona y el abastecimiento de agua para las diferentes comunidades que se encuentran dentro y fuera de Sierra de las Minas.

Las quemas prescritas o quemas controladas permiten la generación arbórea natural mediante el control de especies vegetales competidoras y el aumento de la disponibilidad de nutrientes naturales en el suelo. En la zona se cuenta con bosques de coníferas y bosques latifoliados, los cuales se han caracterizado por ser dependientes del fuego para su desarrollo, lo cual ya ha sido demostrado a través de diferentes investigaciones y estudios a nivel internacional como en el país de Guatemala. Las quemas controladas deberán prescribirse solo cuando exista la necesidad de alterar el curso presente de la regeneración, por ejemplo, cuando el establecimiento y crecimiento de las especies valiosas es lento y no se produce. Así mismo el uso de las quemas controladas trae riesgos en su aplicación, ya que el uso excesivo del fuego puede alterar el régimen del fuego y perturbar el ecosistema.

II.1.5.1 Incendios en la Sierra de las Minas

A pesar de su importancia mundial, la Sierra de las Minas se encuentra amenazada por los incendios forestales, los que constituyen actualmente la causa más importante de la destrucción de los recursos naturales del área (Aquino, 2003).

En el año 1998, como resultado del fenómeno del niño y la niña se registraron en Centroamérica las mayores temperaturas de los últimos 15 años. Producto de este fenómeno los datos indican que entre los años 1998 y 2000, la Sierra de las Minas se vio mayormente afectada por los incendios forestales. Sólo en este período más de 25,000 ha de bosque mixto de pino-encino y latifoliado fue producto de las llamas, siendo el lado sur del área protegida donde mayor daño ocurre. La Fundación Defensores de la Naturaleza ha logrado una

importante reducción del área afectada por los incendios forestales, de 24,000 ha en 1998 a 2,100 ha en el 2006 (FDN y TNC, 2006).

Las condiciones ambientales del área como sequía extrema, altas temperaturas y por ende el marchitamiento de la vegetación, incrementa drásticamente el volumen de material vegetal, haciéndolo susceptible a la combustión. Esta situación contribuye a que los incendios sean de gran magnitud y rápidos en su propagación (INAB, 1999 citado por Aquino, 2003).

Los recursos naturales de la Sierra de las Minas, principalmente flora, fauna y suelo, son afectados por el efecto nocivo de los incendios. Se evidencia altos niveles de erosión del suelo, pérdida de la vegetación secundaria y disminución en el crecimiento y desarrollo de los árboles, lo cual los hace vulnerables al ataque de plagas y enfermedades. Además, elimina la regeneración y por lo tanto podría ser la causa de desaparición paulatina de ecosistemas (FDN, 2001).

De acuerdo al IARNA-URL (2011) los factores de cambio climático que actuarán de forma aditiva en los ecosistemas de pino-encino incluyen aumento de la temperatura media y de la estacionalidad; alta variabilidad interanual y estacional de la precipitación, así como intensificación del ciclo hidrológico; aumento de eventos extremos como sequías, incendios y tormentas.

Entre los efectos previsibles de los efectos mencionados se considera la posibilidad de que esta zona de vida ocupe rangos altitudinales superiores, que las especies de coníferas y encinos que tengan altos niveles de persistencia y alta tolerancia a sequías, aumento de incendios, plagas y enfermedades, crecimiento de la productividad primaria neta y algunas especies de importancia económica pueden verse beneficiadas en algunos aspectos, en general se considera que esta zona de vida será la que mejor conserve su composición, estructura y funcionalidad. Sin embargo, no hay que perder de vista que los incendios son eventos que ponen en peligro su estabilidad.

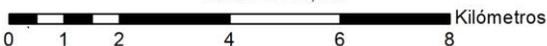
Mapa No. 10: Incidencia de Incendios forestales, Subcuenca Pasabién y Río Hondo

MAPA DE INCIDENCIA DE INCENDIOS FORESTALES EN LAS SUB-CUENCAS RIO HONDO Y PASABIÉN 2003-2012

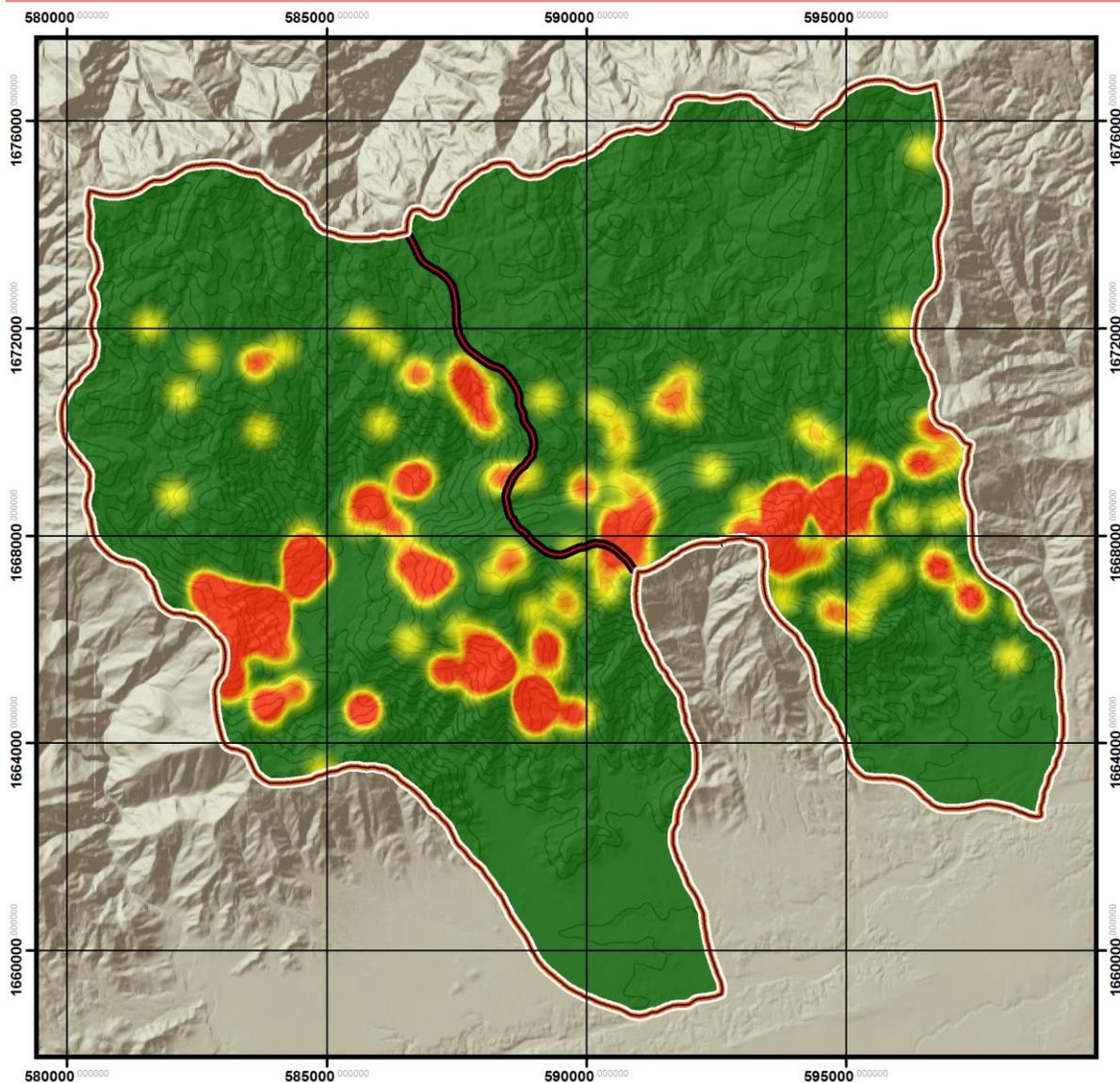
"Determinación y evaluación del impacto de las quemadas prescritas sobre sistemas vegetales de pino-encino en las cuencas de Pasabién y Río Hondo, Zacapa, Guatemala"



Sistema de coordenadas: GTM
Proyección: Transverse Mercator
Datum: WGS 1984
False Easting: 500,000,000
False Northing: 0,000,000
Central Meridian: -90,5000
Scale Factor: 0,9998
Latitude Of Origin: 0,0000
Unidades: Meter
Escala 1:100,000



USIG - FDN - MOTAGUA



Fuente: Fodecyt 072-2012

PARTE III

III.1 RESULTADOS

III.1.1 La diversidad florística en el ecosistema de pino y encino de la Sierra de las Minas

Durante el estudio de la vegetación fue detectado un total de 104 especies de plantas vasculares, de las cuales 88 fueron detectadas dentro de las parcelas de vegetación, y las otras 16 solamente fueron detectadas fuera de estas, en los recorridos para movilizarse entre sitios de estudio y en los alrededores de estas. De las 104 especies totales, 10 corresponden a helechos, 2 a gimnospermas y 92 a plantas con flores (ver Anexos).

Dentro de las parcelas de vegetación, la proporción de especies por grupos filogenéticos es semejante a la observada cuando se consideran las especies encontradas fuera de las parcelas. En las parcelas estudiadas, 8 especies corresponden a helechos, 2 especies a gimnospermas y 78 especies a plantas con flores. La mayor diversidad florística dentro de las parcelas de vegetación corresponde a las plantas herbáceas, con 58 especies, seguido por los arbustos con 15 especies, árboles con 10 especies y otras 5 especies entre lianas y epifitas (Figura 3).

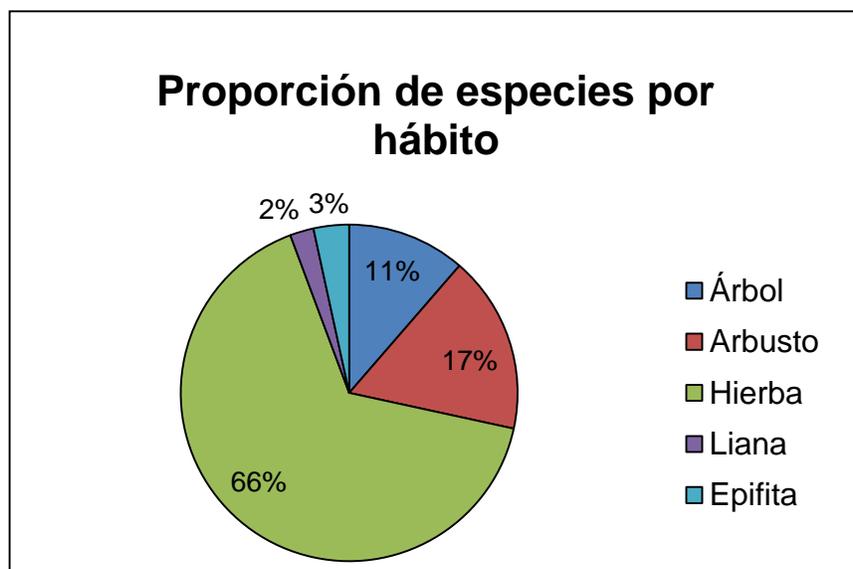


Figura 3. Proporción de especies, por forma de vida o hábito, observada dentro de las parcelas de vegetación en el ecosistema de pino y encino en la Sierra de las Minas. Proyecto FODECYT 072-2012.

La calidad o representatividad de la muestra (en este caso ocho parcelas de vegetación) fue evaluada, para así considerar qué tan válidas son las inferencias realizadas con base en lo exhaustivo del estudio. El estimador no paramétrico de riqueza total esperada, Chao 2, desarrollado por A. Chao (1984) y calculado con el programa EstimateS ver. 8.2.0 (Colwell, 2006), rinde un total de 93 ($\sigma = 4.75$) especies esperadas, por lo tanto, se puede afirmar que las 88 especies observadas dentro de las parcelas representan un 94.6% de las especies esperadas en el ecosistema del lugar (ver Anexos). Esta tendencia se observa también en la curva de acumulación de especies observadas a lo largo de los meses del estudio (Figura 4).

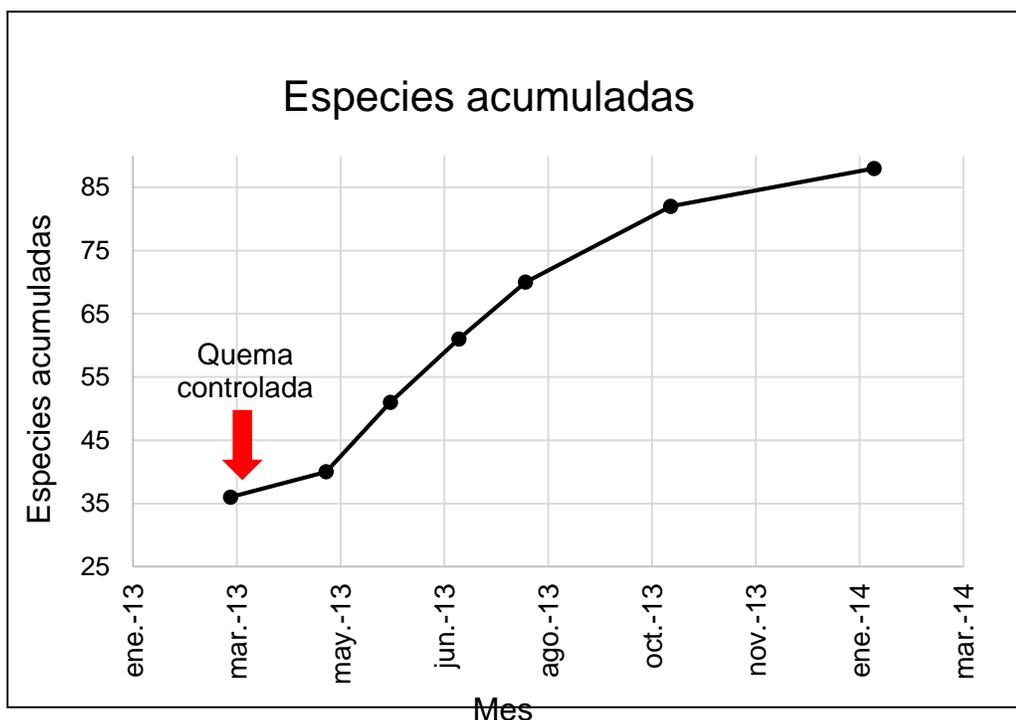


Figura 4. Curva de acumulación de especies observadas dentro de las parcelas de vegetación en el ecosistema de pino y encino en la Sierra de las Minas. Proyecto FODECYT 072-2012.

III.1.2 El impacto de las quemas sobre la vegetación

El impacto de las quemas controladas sobre la vegetación fue evaluado utilizando distintas variaciones de la principal variable de respuesta, la riqueza específica, proveniente de las parcelas permanentes. La riqueza observada antes de la quema controlada, un mes después de esta, y durante los meses siguientes muestra un impacto sobre la diversidad de especies (Figura 5), sobre todo herbáceas (Figura 6). En ambas gráficas se muestra el momento de la quema controlada, a mitad de marzo, y cómo este evento provoca que en el

próximo levantamiento florístico se detecten pocas especies y esto lleve a que la curva de acumulación de especies aumente poco.

El impacto también se observó sobre la regeneración de plántulas de especies dominantes del bosque: pinos y encinos. Independientemente de la frecuencia a la que las parcelas habían estado expuestas a quemas controladas o incendios forestales, todas las plántulas menores de 1 metro de altura fueron quemadas. Eventualmente en meses posteriores se observaron rebrotes en aquellas plantas que tenían una base leñosa robusta, aunque muchas de estas plantas con rebrotes murieron meses después (Figura 5). Las primeras plántulas presumiblemente originadas por semillas de pino se observaron hasta principios de agosto, cuando ya superaban escasamente los 5 cm de altura.

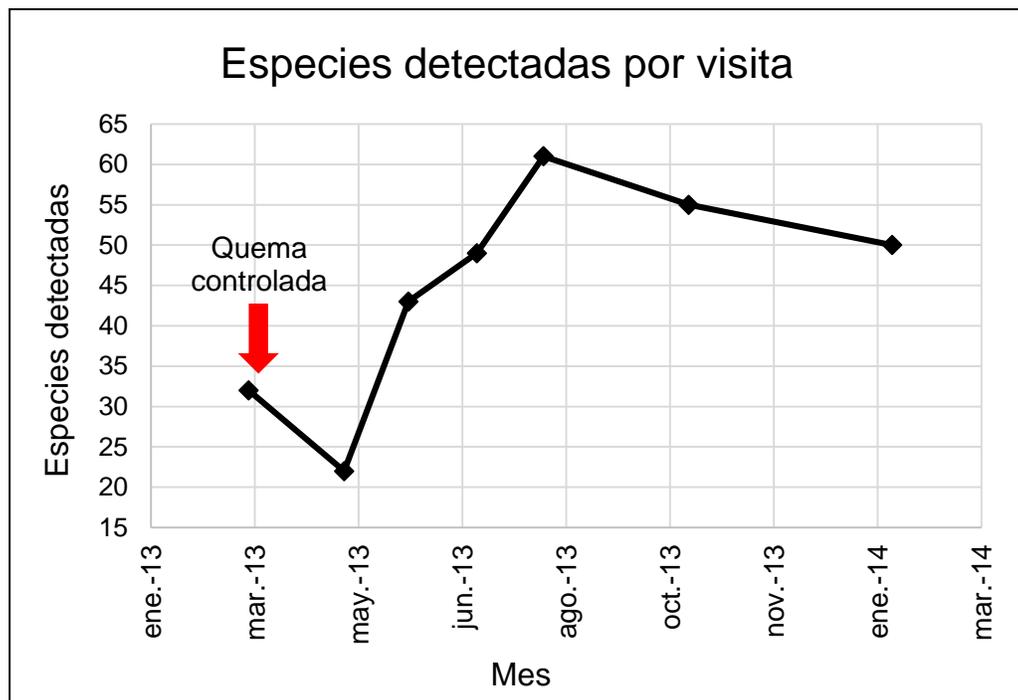


Figura 5. Curva de especies detectadas por visita dentro de las parcelas de vegetación en el ecosistema de pino y encino en la Sierra de las Minas. Proyecto FODECYT 072-2012.

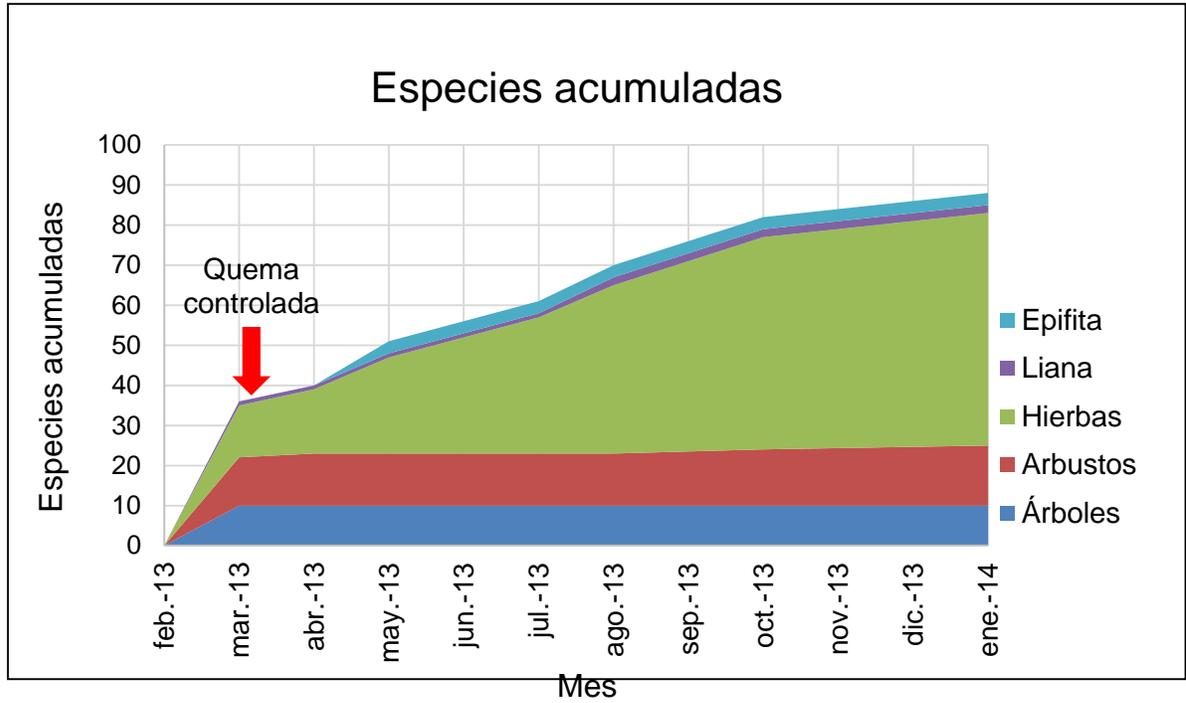


Figura 6. Curva de acumulación de especies observadas dentro de las parcelas de vegetación en el ecosistema de pino y encino en la Sierra de las Minas, haciendo énfasis en la forma de vida o hábito de las plantas. Proyecto FODECYT 072-2012.



Figura 7. Planta juvenil de pino de alrededor de un metro de altura quemada durante la quema controlada y rebrotes posteriores, en un sitio que no se había quemado en más de tres años en la subcuenca de Río Hondo, ecosistema de pino y encino en la Sierra de las Minas, mayo de 2013. Proyecto FODECYT 072-2012.



Figura 8. Plántulas de pino en el ecosistema de pino y encino en la Sierra de las Minas, agosto de 2013. Proyecto FODECYT 072-2012.

Los impactos sobre la vegetación arbórea y arbustiva fueron mucho menos evidentes que sobre las plantas herbáceas. Con la quema controlada los árboles sufrieron pocos daños superficiales, mientras que varios arbustos, aparentemente adaptados al fuego, retoñaron incluso al mes siguiente de la quema controlada, sin que hubiera entrado la estación lluviosa plenamente. Más detalle sobre estas observaciones se presenta en la sección sobre las especies vegetales favorecidas y no favorecidas por el fuego.

III.1.3 El efecto del fuego en áreas bajo distintos regímenes de quemadas controladas o incendios forestales

El diseño del experimento del proyecto fue planteado para detectar el impacto del fuego haciendo énfasis en que podría haber diferentes magnitudes del impacto según el sitio se quemara anualmente o en períodos mayores de tiempo. Se tomaron parcelas en dos subcuencas distintas, a semejante altitud, para tener un experimento replicado. Las observaciones iniciales sobre la diversidad florística de cada área en relación a la frecuencia con que es afectada por el fuego se observan en la riqueza específica. Según esta, los sitios con menor frecuencia de fuego presentan más cantidad de especies vegetales (Pasabién, 46 especies; Río Hondo, 57 especies) y los sitios con eventos anuales de fuego menos especies vegetales (Pasabién, 42 especies; Río Hondo, 44 especies; Figura 9, Cuadro 4).

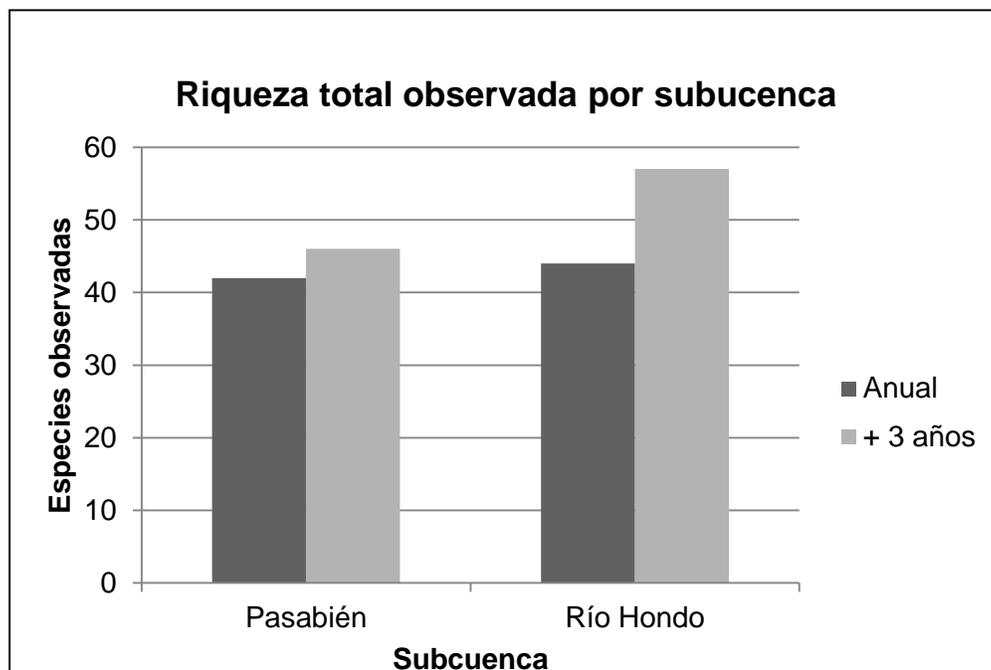


Figura 9. Riqueza de especies observada en los sitios de estudio según la subcuenca en que se distribuyeron las parcelas y la frecuencia a la que están expuestas al fuego, en el ecosistema de pino y encino en la Sierra de las Minas. Proyecto FODECYT 072-2012.

La tendencia a encontrarse más especies vegetales en los sitios que históricamente no han sufrido quemadas anuales, sino en intervalos de tiempo mayores, también se mantiene en las observaciones a lo largo de los meses. Se observa que aunque el fuego tiene el efecto inmediato de reducir el número de especies detectadas, aun así los sitios con menor frecuencia de fuego son florísticamente más diversos (Figura 10).

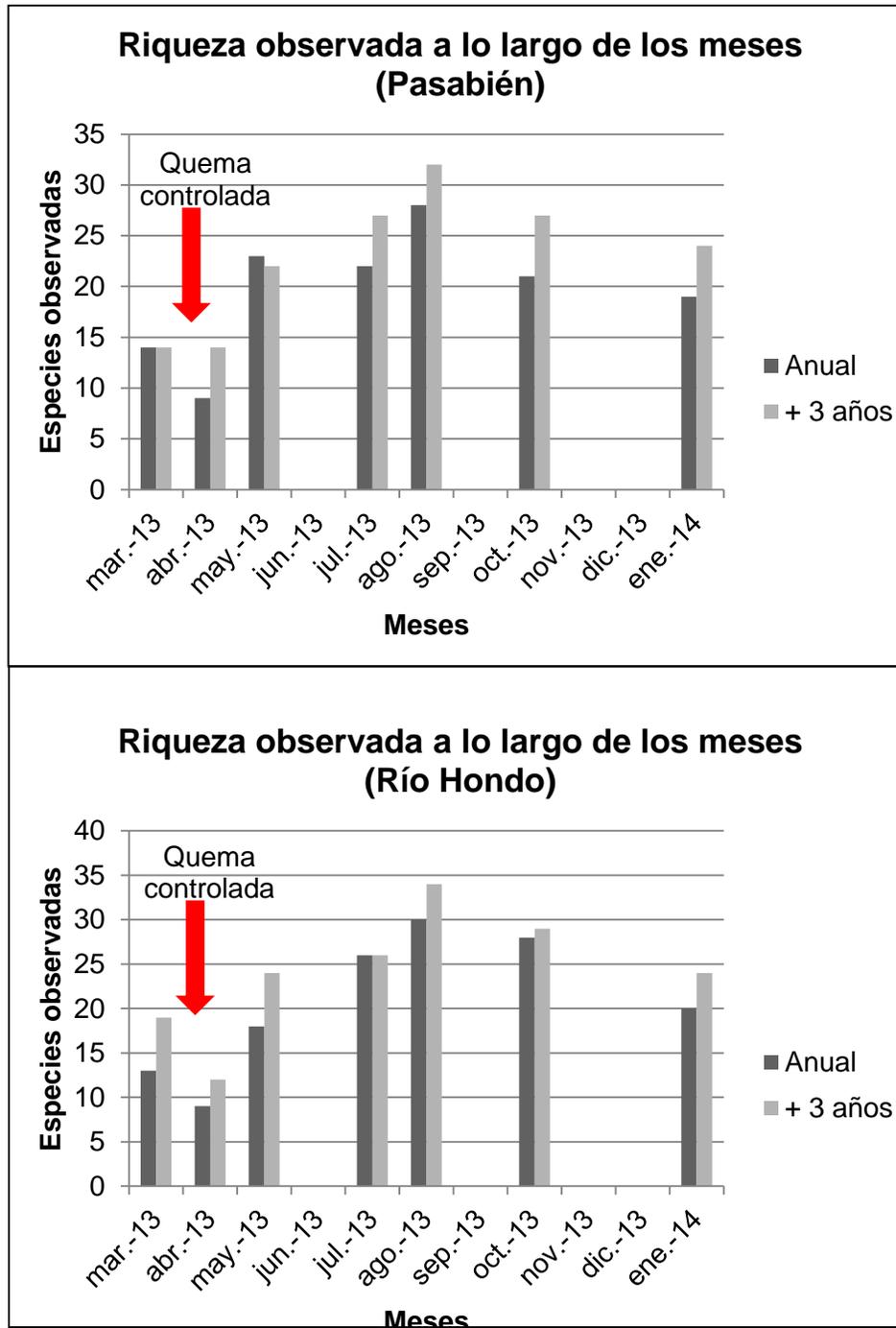


Figura 10. Riqueza de especies observada en los sitios de estudio a lo largo de los meses, según la subcuenca en que se distribuyeron las parcelas y la frecuencia a la que están expuestas al fuego, en el ecosistema de pino y encino en la Sierra de las Minas. Proyecto FODECYT 072-2012.

Finalmente se analizaron los datos de cada una de las ocho parcelas de vegetación buscando encontrar patrones en la riqueza de especies según la subcuenca en que se distribuían y la temporalidad en que eran afectadas por fuego.

Estos datos coincidieron con lo observado previamente, encontrándose que las parcelas en áreas con menor frecuencia de fuego y las áreas en la subcuenca de Río Hondo presentaban más riqueza de especies (Figura 10). Esta tendencia no coincidió con el análisis de agrupación de las parcelas, el cual se basa en la composición, es decir en la identidad de las especies, para formar grupos (Jongman, Ter Braak y Van Tongeren, 1995).

Se observó la formación de un grupo de parcelas, al que en adelante se denominará “Bosque de Encino”, apoyado por la identidad peculiar de las especies allí encontradas y sobre todo, por la importancia, expresada como el área basal, de las especies de encino respecto a la ausencia de especies de pino.

Otros aspectos que contribuyeron a la identificación de este grupo de parcelas fueron la riqueza, dominancia y equidad (Moreno, 2001) de las especies arbóreas (Figuras 14 y 15). La relación entre este bosque de encino, la diversidad florística y los eventos de fuego se discute en la próxima sección.

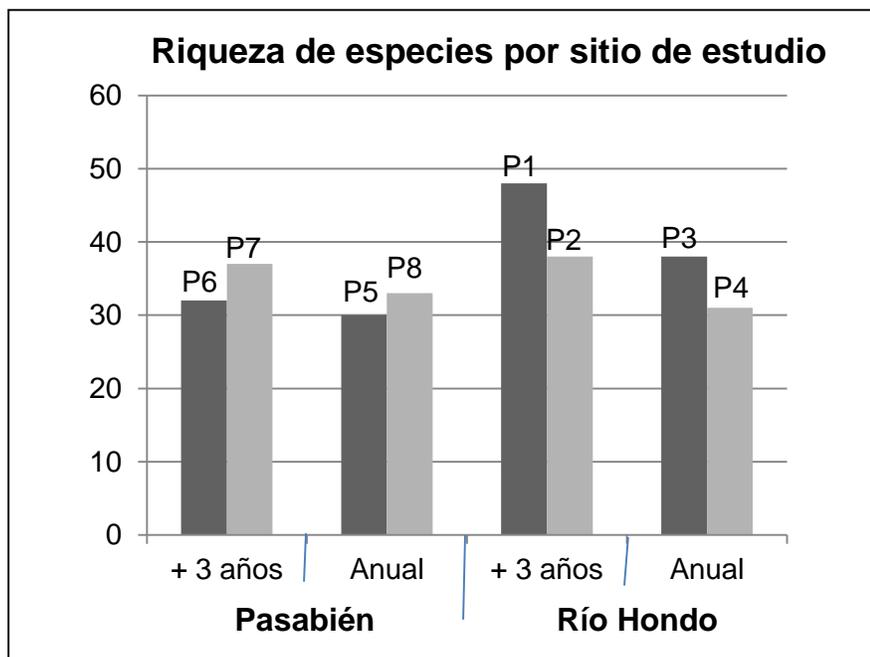


Figura 11. Riqueza de especies detectada en las parcelas de la muestra según la subcuenca en que se distribuyen y la frecuencia a la que están expuestas al fuego, en el ecosistema de pino y encino en la Sierra de las Minas. Proyecto FODECYT 072-2012.

III.1.4 Las adaptaciones de las especies vegetales al fuego en la Sierra de las Minas

El impacto sobre la vegetación del ecosistema de pino y encino de la Sierra de las Minas fue analizado desde el punto de vista de las especies observadas, además del punto de vista de las comunidades vegetales como se expuso en los incisos anteriores. Para cada una de las especies detectadas en el estudio tres aspectos fueron evaluados: a) presencia de adaptaciones morfológicas y anatómicas relacionadas a la supervivencia en ecosistemas con fuego; b) capacidad para completar su ciclo reproductivo anualmente sin importar los impactos del fuego; c) presencia o distribución exclusiva en los sitios sujetos a eventos de fuego anual o en los sitios no sujetos a fuego anualmente. Estos criterios fueron elegidos, como se expuso en la metodología y marco teórico, con base en bibliografía científica publicada.

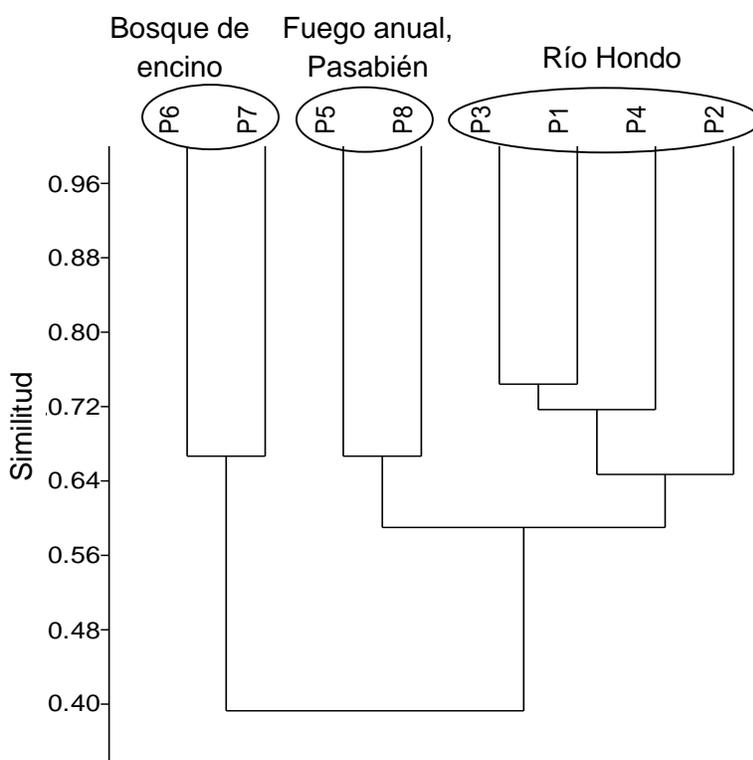


Figura 12. Análisis de agrupación por el medio de unión promedio de las parcelas de estudio según la similitud de Sorensen, en el ecosistema de pino y encino en la Sierra de las Minas. Proyecto FODECYT 072-2012.

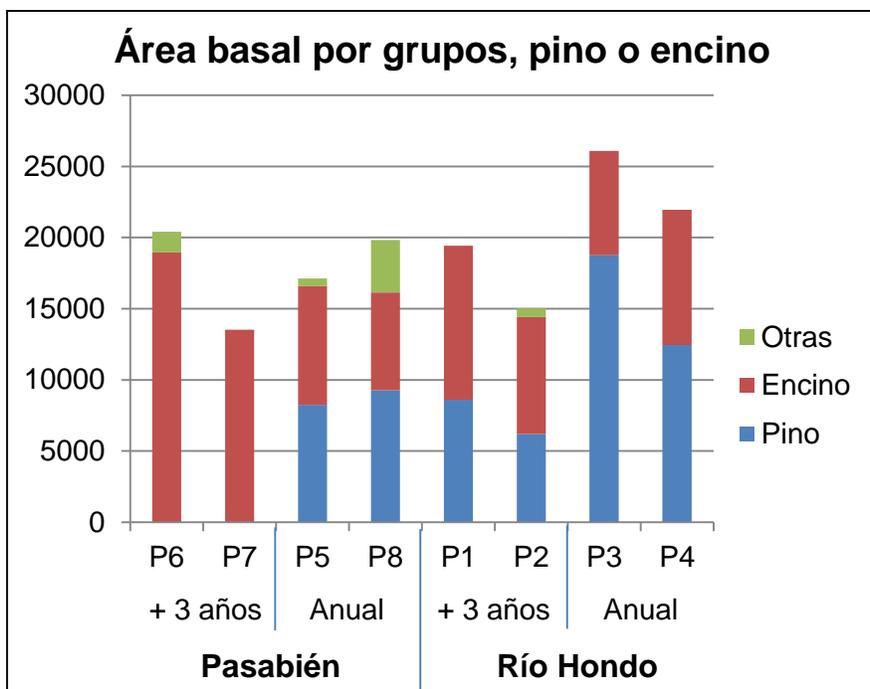


Figura 13. Área basal (cm²) de especies arbóreas ordenadas por grupos de especies (encinos, pinos y otras), en las parcelas de vegetación en el ecosistema de pino y encino en la Sierra de las Minas. Proyecto FODECYT 072-2012.

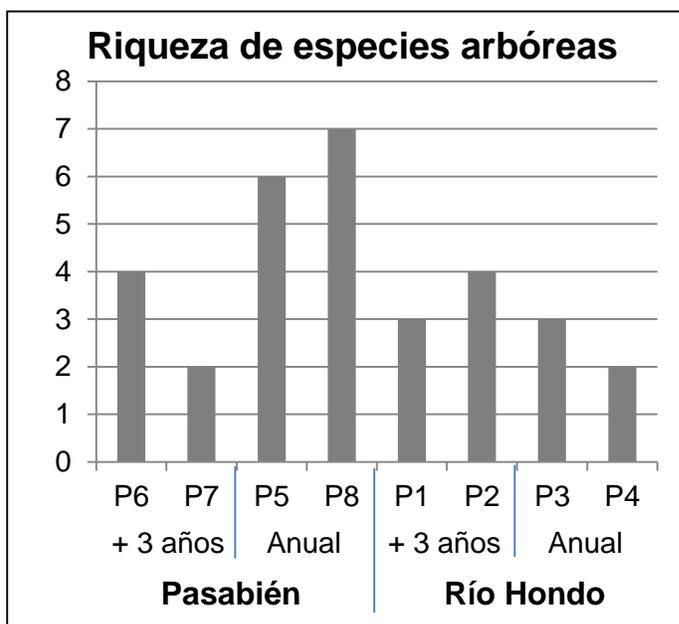


Figura 14. Riqueza de especies arbóreas observada en las parcelas de vegetación ordenadas por subcuenca y frecuencia de fuego en el ecosistema de pino y encino en la Sierra de las Minas. Proyecto FODECYT 072-2012.

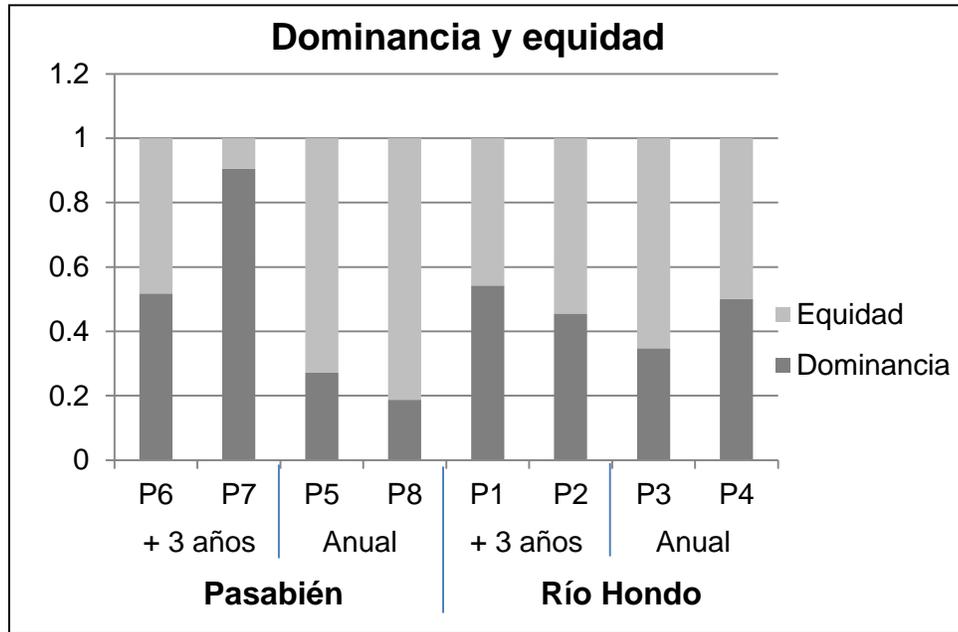


Figura 15. Dominancia y equidad en las especies arbóreas observada en las parcelas de vegetación ordenadas por subcuenca y frecuencia de fuego en el ecosistema de pino y encino en la Sierra de las Minas. Proyecto FODECYT 072-2012.

Se observó que el 63.6% de las especies encontradas dentro de las parcelas de vegetación presentaban características anatómicas y morfológicas asociadas a la resistencia y supervivencia en relación a los eventos de fuego. La proporción de plantas adaptadas fue mayor en árboles y plantas herbáceas, y fue inversamente proporcional en la vegetación detectada en la riberas de los ríos y en especies exclusivas detectadas en los senderos utilizados para el desplazamiento fuera de las parcelas de vegetación (Figura 16).

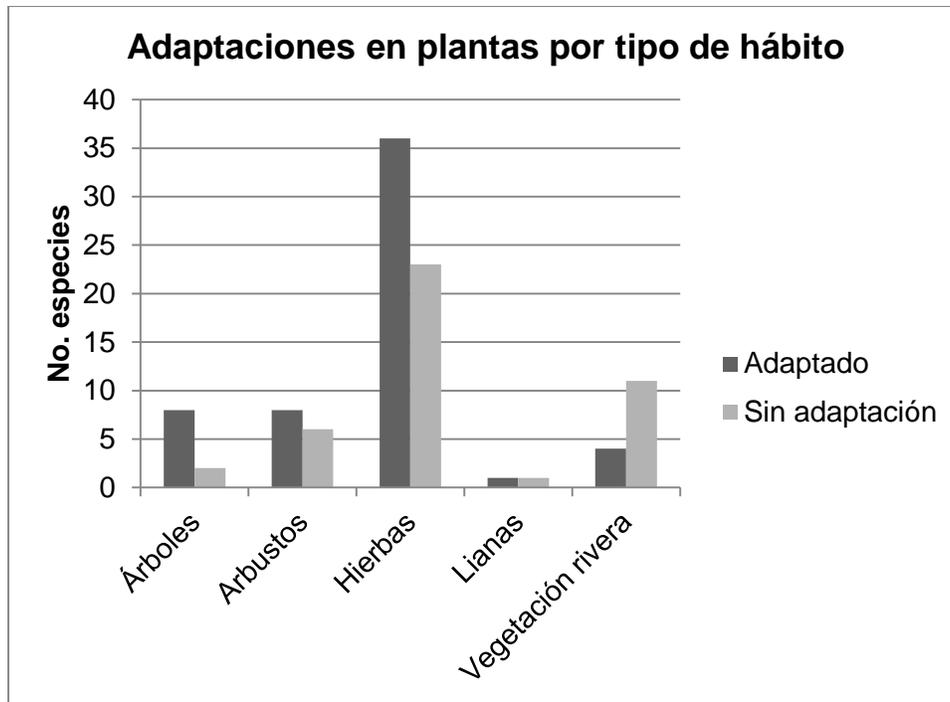


Figura 16. Cantidad de especies con características asociadas a la adaptación en relación al fuego según la forma de vida o tipo de hábito en el ecosistema de pino y encino en la Sierra de las Minas. Proyecto FODECYT 072-2012.

Estas características anatómicas y morfológicas tienen relación con el segundo aspecto analizado, la capacidad para completar su ciclo reproductivo durante un año, independientemente del evento de fuego, como quema controlada o como incendio forestal. Se observó que varias plantas, sobre todo herbáceas, germinaban o rebrotaban, desde semillas o estructuras de reserva subterráneas, y florecían, completando de esta forma su ciclo reproductivo a lo largo de un año. También esto se observó en algunos árboles, los cuales presentaban regeneración a partir de semillas que sobrevivieron y germinaron después del evento de fuego. Varias plantas, después de producir flores y frutos, se defoliaban y perdían toda estructura aérea identificable, por lo que ya no eran detectadas en las visitas de campo (Figura 17).

Se encontró también especies que eran exclusivas de sitios sujetos a fuego anual, y especies exclusivas de sitios con menor frecuencia en la perturbación de fuego (Cuadro 4). En este punto se interpretaron los datos a la luz de la segregación de las parcelas según la comunidad vegetal identificada anteriormente con el análisis de agrupamiento (Figura 12). Según este análisis la mayoría de las plantas presentes en todo el estudio estaban adaptadas al fuego (63.6%), aunque la proporción era notablemente mayor en los sitios con presencia de pinos como parte importante en el área basal (76.5%) en relación a los sitios con bosque de encino exclusivamente (58.7%, Figura 18).

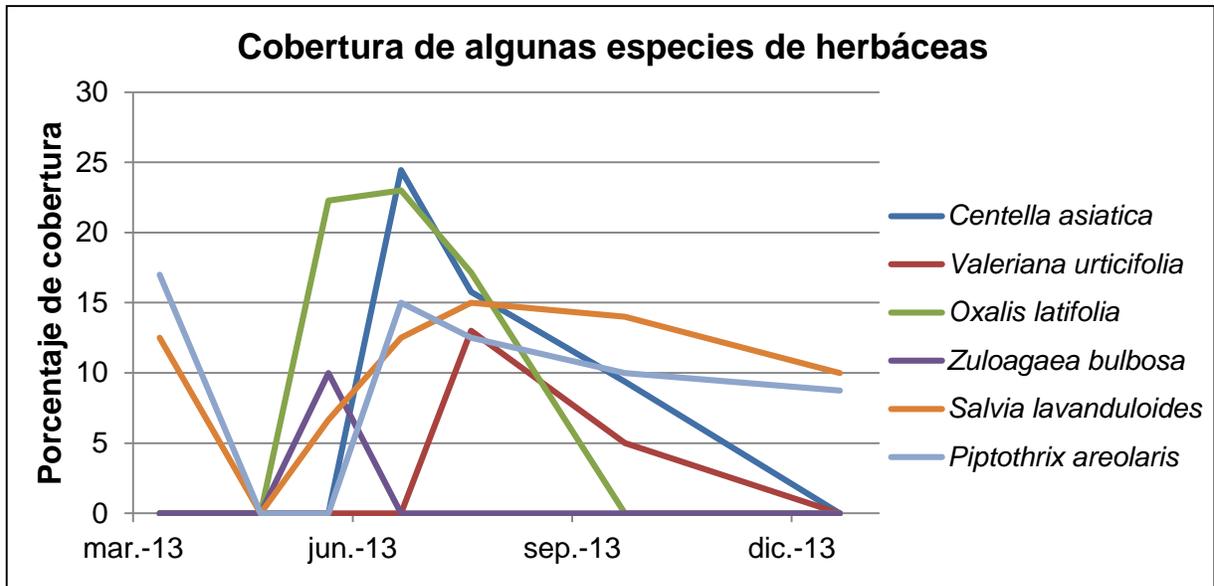


Figura 17. Porcentaje de cobertura, detectado en subparcelas anidadas, de algunas especies de herbáceas a lo largo de los meses, en el ecosistema de pino y encino en la Sierra de las Minas. Proyecto FODECYT 072-2012.

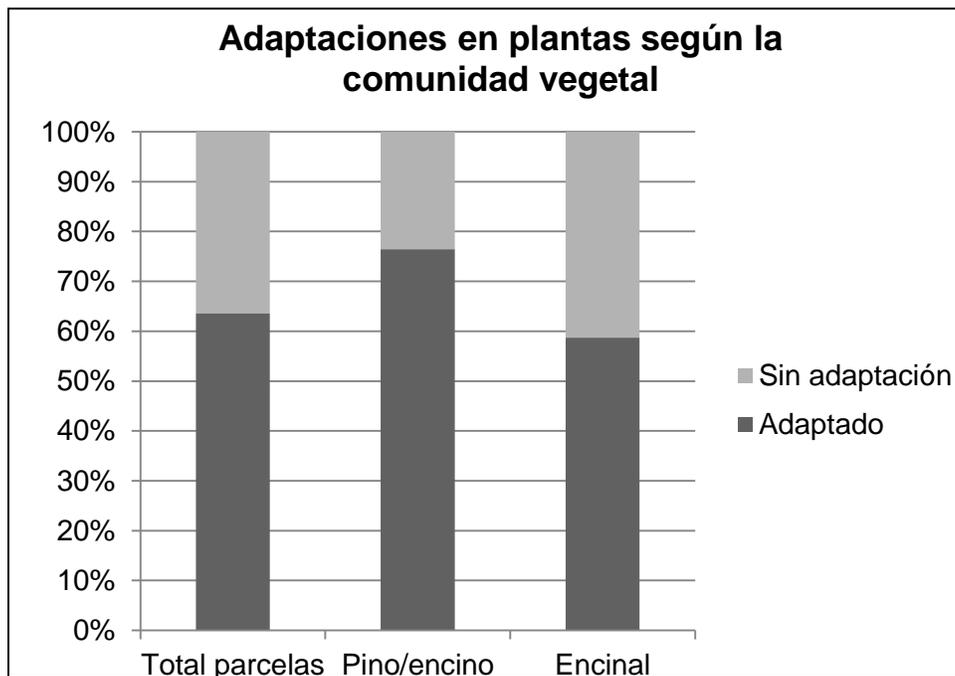


Figura 18. Porcentaje de especies vegetales con características asociadas a la adaptación en relación al fuego clasificadas según la comunidad vegetal en que crecen, en el ecosistema de bosque de pino y encino, en la Sierra de las Minas. Proyecto FODECYT 072-2012.

Cuadro 4. Especies vegetales exclusivas de cada uno de los regímenes de fuego o tratamientos por subcuenca y por la suma de las parcelas del estudio, en la Sierra de las Minas. Proyecto FODECYT 072-2012.

Subcuenca	Especies exclusivas		Especies observadas	
	Fuego anual	Fuego +3 años	Fuego anual	Fuego +3 años
Pasabién	22	26	42	46
Río Hondo	4	17	44	57
Total estudio	7	28	57	78

Fuente: Proyecto FODECYT 072-2012.

III.1.5 Las medidas de manejo apropiadas para mitigar los impactos negativos del fuego en el ecosistema de bosque de pino y encino en la Sierra de las Minas

La Ecoregión de Bosques de Pino-Encino de Centroamérica, toma su nombre por la asociación vegetal dominante de especies de *Pinus* spp. y *Quercus* spp., que ocupa el rango altitudinal de 600 a 2,300 metros sobre el nivel del mar (msnm). En términos geográficos abarca desde el centro y Sur de Chiapas (México) hasta el Noroeste de Nicaragua. Esta ecoregión es de gran importancia debido a la gran diversidad de coníferas y encinos, además de ser hábitat para muchas especies catalogadas en peligro de extinción a nivel global y varias especies endémicas (Internet WWF, 2007).

El ecosistema de pino-encino en Sierra de las Minas es un ecosistema dependiente del fuego, siendo para ellos esencial la presencia del fuego, donde las especies han desarrollado adaptaciones para responder positivamente al mismo y facilitar su propagación.

Los incendios forestales tienen efectos tanto positivos como negativos, que van mucho más allá de las áreas donde ocurren. Las actitudes de las personas frente a ellos han sido moldeadas, en general, por las experiencias y percepciones de sus efectos negativos, tales como la destrucción de la vegetación, la pérdida de hábitats para plantas y animales, las amenazas a la diversidad biológica, la erosión de áreas con cobertura forestal, la disminución de la calidad del aire a causa del humo, neblina y contaminantes atmosféricos, y los efectos adversos de las emisiones de gases menores provenientes de incendios, que están produciendo un cambio climático mundial. Si bien tan sólo algunas de estas percepciones pueden ser correctas en el marco de la situación a la que se aplican, sin embargo determinan la mayoría de las decisiones que actualmente se toman en el ámbito de la política sobre incendios forestales.

Con la finalidad de mitigar los impactos negativos del fuego en el ecosistema de bosque de pino y encino en la Sierra de las Minas, se proponen medidas plasmadas dentro de un Manejo integral del fuego, el cual son instrumentos que contienen las bases teóricas y operativas para manejar los fuegos forestales que ocurren en lugares determinados.

Para la FAO (2007), todos los planes o programas se deben elaborar con un nivel de detalle apropiado para cada aspecto del manejo del fuego, incluyendo su uso, prevención, tratamiento de combustibles, detección, ataque inicial, extinción de grandes incendios y restauración.

Las medidas que se proponen pretenden obtener resultados concretos como son el fortalecimiento de una estructura organizativa externa e interna sobre la prevención y control de incendios forestales, definición de políticas y acciones para ejecutar el Programa Municipal del Manejo de incendios forestales, participación de las comunidades y de sociedad civil en general, donde se pretenda lograr:

En el corto plazo

- Fortalecimiento de la Municipalidad de Río Hondo, a través del apoyo y participación de entidades gubernamentales y no gubernamentales, Gobiernos locales, ONGs y la Empresa Privada entre otras.
- Gestionar recursos financieros, humanos y materiales para la operatividad del Programa a nivel municipal con énfasis en las zonas de alta incidencia.
- Motivación y fortalecimiento de la participación de la sociedad civil y organizaciones comunitarias.
- Aplicación de las leyes y reglamentos conexos con la prevención y control de incendios forestales y quemas agrícolas.

Para el mediano plazo

- Fortalecimiento las áreas temáticas de trabajo que faciliten la información necesaria para fundamentar la toma de decisiones en los planes, programas y proyectos que se desarrollen.
- Fortalecer y ejecutar las acciones contempladas en el Plan de contingencias de incendios forestales a nivel municipal.
- Divulgar los impactos que originan principalmente los incendios forestales a la economía nacional del municipio, así como el manejo adecuado del fuego.

En el largo plazo

- Mayor eficiencia y eficacia para controlar los incendios forestales y agrícolas a nivel nacional con el propósito de disminuir el efecto invernadero mediante la limitación y absorción del CO₂.
- Gestionar recursos financieros, técnicos y materiales propios para cada entidad involucrada en el proceso para el desarrollo de sus actividades en este campo.
- Consolidar, motivar la participación de organizaciones comunitarias, sociedad civil entre otras en las acciones sobre la prevención y control de incendios forestales y quemas agrícolas.
- Creación de un centro de documentación y base de datos.
- Elaboración de un diagnóstico multidisciplinario sobre la problemática de los incendios forestales y quemas agrícolas.
- Disminución de la ocurrencia de incendios forestales en las zonas de más alta ocurrencia durante la época crítica, cambiándolo por un Manejo Integrado del Fuego.
- Reducción de los daños causados por incendios a la cobertura forestal de la subcuenca de las subcuencas del Municipio de Río Hondo.

Metodología:

Para la implementación de las medidas y mitigar los impactos negativos del fuego en el ecosistema de bosque de pino y encino en la Sierra de las Minas se propone lo siguiente:

Promover y facilitar la coordinación adecuada en el contexto local, se recomienda una estructura organizativa integrada con dos componentes paralelos (externo e interno), permitiendo una integración simultánea de los diferentes actores, considerando a la Municipalidad de Río Hondo, como el ente responsable, líder, supervisor y regulador de las acciones a implementar en materia del manejo del fuego.

La estructura externa estará integrada por: Una Comisión Local para la reducción de riesgos, formada por entidades tanto gubernamentales como no gubernamentales, ONGs, entre otras. (Inab, Conap, Defensores de la Naturaleza, SIPECIF-CONRED, APCRA - Los Achiotés-, Gobernación, sector privado, Industria, entre otras).

La estructura interna estará integrada por la Municipalidad de Gualán, Fundación Defensores de la Naturaleza y SIPECIF-CONRED, quienes serán las responsables directas de implementar la propuesta y sensibilizarla entre las demás estructuras participantes.

Medidas para mitigar el impacto negativo del fuego en el ecosistema de bosques de pino y encino en sierra de las minas.-

Las respuestas de emergencia ante los incendios forestales no son adecuadas para proteger a los bosques de los incendios. La clave para salvaguardar los bosques de la Sierra

de las Minas está en forjar un vínculo entre la política y la práctica del uso sostenible de las tierras, por un lado, y el estado de preparación para enfrentar emergencias, por el otro.

Como es muy probable que el uso del fuego en la agricultura en Sierra de las Minas provoque con el tiempo un deterioro gradual de los bosques, es sumamente importante obtener el apoyo de los pequeños agricultores, como parte de la solución, y desarrollar una actitud positiva frente al uso y conservación sostenibles de los ecosistemas forestales. Ciertos países han adoptado medidas educativas para lograr el apoyo de los agricultores y para garantizar el uso sostenible de la tierra. (FAO 2,007)

Muchos municipios de la región carecen de una política que apoye el manejo de los incendios forestales; otros pueden tener instituciones y legislación que sólo existen en el papel. Es, pues, necesario contar con políticas públicas municipales para promover la adopción de medidas oportunas y eficaces para prevenir y controlar incendios forestales, que sirvan de apoyo a las organizaciones encargadas de planificar, manejar y controlar los incendios forestales en forma efectiva.

Las Medidas para mitigar el impacto negativo del fuego en el ecosistema de bosques de pino y encino en sierra de las minas se divide en dos partes principales: Plan de Prevención y Plan de Contingencia.-

El plan de prevención abarca el conjunto de medidas, acciones o actividades previas a la ocurrencia, tendientes a evitar o minimizar la incidencia destructiva de los incendios y a organizar los preparativos para su atención, en caso de que se presenten.

La determinación de las causas de los incendios forestales constituye el punto de partida para las acciones de carácter preventivo. De manera que la mayor parte de las actividades de prevención estarán enfocadas en la práctica de tumba y quema que cada año realizan los agricultores de las subcuencas de la Sierra de las minas en el municipio de Río Hondo.

Los esfuerzos se concentrarán en los períodos de alta peligrosidad de ocurrencia de incendios forestales y en los territorios de mayor Vulnerabilidad, incidencia y daño.

Como parte de este programa se adelantan las siguientes actividades:

a) Vigilancia y alerta temprana:

Actualmente, el control de los incendios forestales se realiza mediante las brigadas de Bomberos Forestales, organizadas en puntos estratégicos en cada área de Reserva Biósfera Sierra de las Minas dentro del Municipio. Estas brigadas efectúan el ataque inicial a cada fuego reportado, siendo reforzados cuando el caso lo requiere, con brigadas de otras áreas.

Uno de los aspectos más importantes en el control de los incendios forestales es el sistema que permita localizarlos antes de que tengan ocasión de extenderse. Con el propósito de detectar cualquier incendio en el menor tiempo posible y facilitar su pronta atención, se reforzará el sistema de vigilancia. Esto se logrará por medio de la contratación de guardabosques, los mismos estarán ubicados en sitios estratégicos de observación. Se realizarán labores de patrullaje terrestre (en motocicletas, vehículos y/o pie) durante las temporadas críticas por los lugares que no pueden ser observados desde las torres y que representan un peligro potencial para la ocurrencia de incendios.

b) Brechas Cortafuegos:

Técnica que consiste en la construcción de una franja en el terreno, en la cual se elimina la totalidad de combustible superficial y es excavada hasta suelo mineral, su anchura corresponde a 4 metros de ancho o más dependiendo de la pendiente y el material combustible existente en el área, por una longitud que varía de acuerdo a las condiciones y accidentes geográficos, las mismas se encuentran en rangos que varían de 500 a 5000 metros de longitud dependiendo de la extensión del área a proteger.

Estas brechas son cinturones que se ubican en zonas de alto riesgo y en lugares determinados por el estudio de la zona, serán establecidos en los sectores de las subcuencas consideradas de alto riesgo de identificado como estratégicos para detener el avance de incendios forestales.

c) Líneas Negras:

Otro mecanismo de prevención planificado lo constituyen las líneas negras estos efectivos mecanismos preventivos para el control de incendios forestales, corresponden al tratamiento de franjas en el bosque, en donde son eliminados los combustibles presentes por medio del fuego, y se elaboran a partir de las brechas corta fuego, tienen el propósito de ampliar el rango de efectividad de las brechas cortafuego, el ancho de las mismas oscila entre los 5 hasta los 50 metros y su longitud varía de acuerdo a la extensión que posean las brechas corta fuego. Su implementación permite ampliar el margen de operatividad de las brechas cortafuego y su función es la de detener el avance de los incendios forestales.

d) Quemadas Controladas:

La aplicación de esta técnica propone en si la conversión de incendios forestales en quemadas controladas. La aplicación de esta técnica de prevención eliminará el material combustible acumulado en el suelo y permitirá reducir en gran manera los daños ocasionados por los incendios forestales. El tratamiento será efectuado en sectores de las subcuencas del

Municipio con recursos forestales altamente frágiles como regeneración natural joven, áreas boscosas con alta presencia de combustible. Además se desarrollaran acciones de supervisión y acompañamiento a los agricultores que practican la quema en predios agrícolas, en particular en las zonas de amortiguamiento de las áreas protegidas ubicadas en las regiones con más alta incidencia de incendios forestales. Para ello se coordinará con las ONG's, organizaciones gubernamentales y SIPECIF-CONRED.- Así mismo se brindará asistencia y acompañamiento a las personas que poseen ganado al momento de efectuar las quemas de pastizales.-

e) Sistemas de Licencias de rozas

Es necesario activar el sistema de Licencias de roza, las cuales deben ser otorgadas y supervisadas por el personal técnico de la Municipalidad con la asesoría del INAB, esto con el propósito de verificar las áreas que están siendo habilitadas para las actividades agrícolas, además esto favorecerá a la reducción de incendios por este tipo de actividades y permitirá el involucramiento de los comunitarios en el manejo integrado del fuego, y la conservación de los recursos naturales. (Esta metodología aún no ha sido implementada en la Municipalidad de Río Hondo debido a la falta de personal y a la funcionalidad de la Oficina Ambiental y/o Forestal).

f) Promoción y divulgación de programas de incentivos forestales

Como parte de las nuevas estrategias utilizadas y desarrolladas actualmente por la Fundación Defensores de la Naturaleza de manera conjunta con la participación del Instituto Nacional de Bosques, se han identificado zonas críticas de incendios forestales y con gran potencial de cobertura forestal, así también zonas para la recuperación del bosque y manejo forestal. En esta línea la principal fortaleza es la elaboración de planes de manejo para que estas áreas puedan ser incentivadas a través de los programas del estado y de esta manera poder comprometer aún más a la población para que protejan los recursos naturales y recuperar áreas desprovistas de bosque, para poder asegurar la conservación de los recursos naturales en un mediano y largo plazo.

g) Apoyo logístico

Por la propia naturaleza de los incendios forestales, su control y combate requiere de personal capacitado, equipamiento y herramientas especializadas. A este aspecto para la organización y despliegue de las brigadas, las mismas serán dotadas de medios de protección personal, equipos y herramientas especializadas.

h) Capacitación a Brigadas forestales

La capacitación constituye la piedra fundamental del combate seguro y efectivo de los incendios. Si no están bien capacitados, los integrantes de brigadas contraincendios no sólo corren riesgos personales, sino que también exponen a riesgos a los demás. Tanto la capacitación formal como la capacitación en servicio son valiosos instrumentos para inculcar disciplina y desarrollar prácticas seguras, eficientes y correctas para el combate de incendios y el uso y manejo del fuego.

Se realizarán cursos de técnicas básicas de prevención y control de incendios forestales, dirigidos al personal técnico y Guardarecursos que no han recibido entrenamiento en incendios forestales, así como al personal de las brigadas a contratar. Todos los integrantes de las Brigadas de Bomberos recibirán capacitación sobre técnicas de combate, seguridad y de coordinación dentro del sistema, así como entrenamiento en primeros auxilios (Comando de Incidentes).

Estas acciones también incluyen a líderes, Cocodes y demás pobladores de comunidades ubicadas en zonas con alto riesgo de ocurrencia de incendios. Para ello se dará prioridad a las áreas con mayor incidencia de incendios y se coordinará con los organismos gubernamentales que corresponda, así como con las ONG's que realizan actividades en dichas regiones.

i) Capacitación a los agricultores en técnicas de quemas controlada

La prohibición legal de las prácticas de la agricultura inadecuadas ha sido hasta ahora ineficaz, porque la quema es una forma barata de limpieza de los terrenos necesarios para satisfacer las necesidades de subsistencia. Ante la falta de sistemas alternativos para realizar esto, enseñar a los agricultores las nociones esenciales de las técnicas acertadas de quema ha resultado ser una estrategia eficaz. Así pues, el capacitar a los agricultores en las técnicas apropiadas y en saber determinar el momento más oportuno para realizar la quema es un camino que debería ser explorado muy diligentemente por otras comunidades de la Región.

Cabe destacar la necesidad de reforzar los esfuerzos en el campo de la educación ambiental. La sensibilización acerca de los efectos de los incendios en el ambiente debería incorporarse en los programas de estudios de la educación general y reforzarse mediante campañas educativas, especialmente dirigidas a las comunidades rurales y al público en general. Se ha comprobado que la radiodifusión es un instrumento muy eficaz para montar campañas de sensibilización pública y para transmitir alertas tempranas sobre las condiciones meteorológicas que aumentan el peligro de incendios. El uso complementario de otras

técnicas modernas de comunicación, incluida la Internet, debe también considerarse, cuando ello sea factible.

j) Manejo de material combustible forestal

Con el fin de que los caminos actúen como cortafuegos naturales, se realizará el retiro de ramas entrecruzadas y se adecuarán las vías para facilitar el acceso de personal. Asimismo, en los bosques privados bajo régimen de manejo, sean plantaciones o bosques natural, el material resultante del manejo silvicultural, como las ramas y los troncos caídos, serán utilizados en la construcción de trinchos para control de erosión, que a su vez servirá para cortar la continuidad horizontal del material combustible. Esta se hará bajo la coordinación con los propietarios privados, sean individuales o en las asociaciones a que pertenezcan.-

k) Concienciación y Divulgación

Se propone elaborar cuñas radiales y spots televisivos acerca de las causas y las consecuencias de los incendios forestales, la cual será retransmitida en los meses de febrero hasta mayo del presente año. El objetivo principal de estas campañas de divulgación y educación es sensibilizar a la población acerca sobre la gravedad de los efectos de los incendios forestales y el uso indebido inadecuado del fuego para lograr que colabore en su prevención.

Se hará el diseño, la elaboración y la Implementación de otras estrategias divulgativas que permitan llegar a las comunidades de las subcuencas del Municipio (afiches, volantes), empleando un lenguaje apropiado para el público al cual va dirigido. A su vez, se deberá coordinar con el MINEDUC para lograr la inclusión de charlas, conferencias o clases en los centros educativos ubicados en las zonas de más alto riesgo, cuyo tema central sea la prevención de incendios forestales.

L) Educación de la Población

La prevención de estos incendios y la educación del público y de los afectados son factores claves para disminuir este problema. Al respecto, es importante sensibilizar a la población sobre los numerosos beneficios de los bosques y sobre el hecho que no puede continuar el uso indiscriminado del fuego y la explotación no selectiva y sin manejo de los bosques, sin que ello provoque enormes consecuencias negativas en los planos regional, nacional y local. Es muy probable que resulte mejor, sobre todo en el largo plazo, invertir en sensibilización y en programas eficaces de educación pública conducentes a la prevención, que destinar ingentes recursos a combatir incendios forestales con una metodología *ad hoc*.

Los buenos resultados que se obtienen en el manejo de incendios se deben en gran parte a la cooperación entre el gobierno municipal y los propietarios de tierras forestales, con miras a poner en ejecución un programa efectivo de detección, respuesta inicial y prevención de incendios.

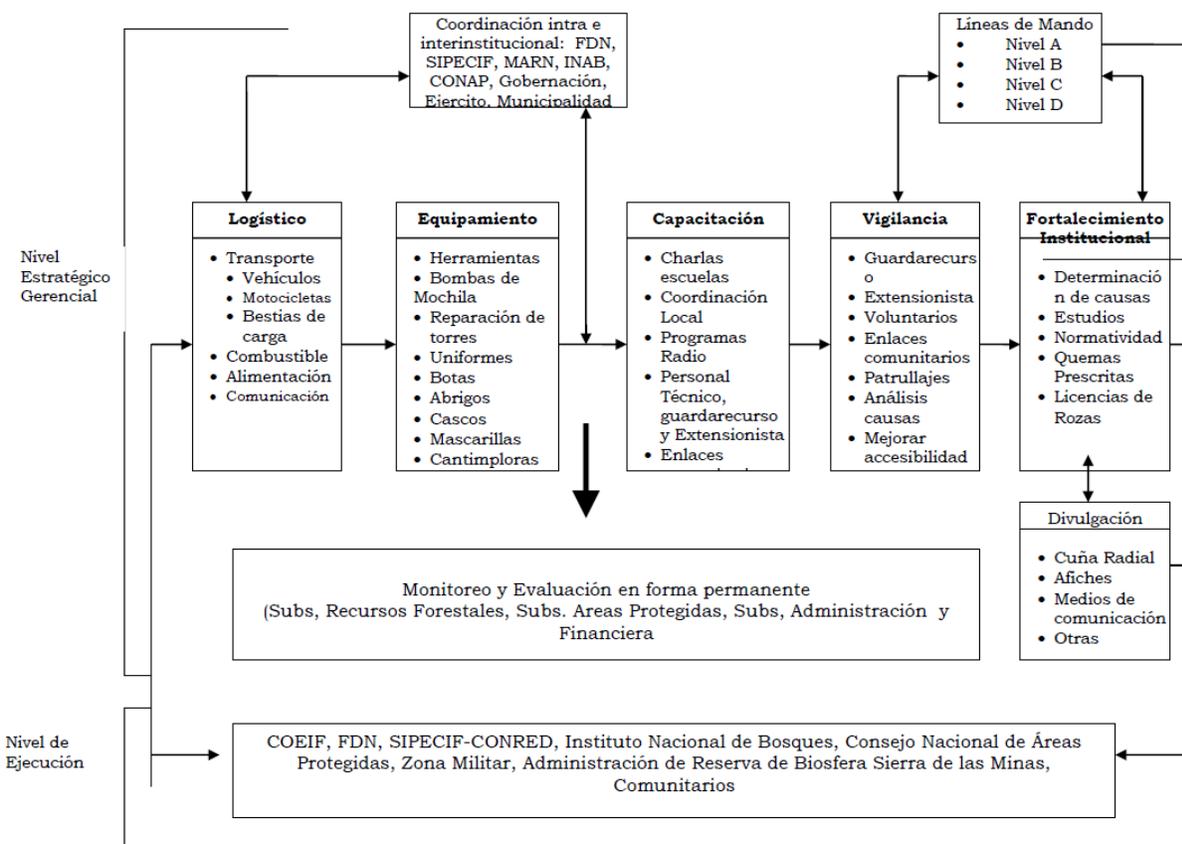


Figura 19: Esquema General de las Medidas de mitigación.-

Equipo y técnicas de combate contra el fuego

Es preciso dotar a las brigadas locales de combate de incendios con herramientas manuales livianas y durables, especialmente durante la fase inicial del incendio. Es muy frecuente que este personal no disponga de herramientas apropiadas, o que las existentes sean tan grandes y pesadas que los cansen muy rápidamente, lo que puede provocar accidentes. Deberían consultarse estudios ergonómicos y, de ser necesario, efectuarse localmente los estudios complementarios que fueran necesarios para adaptar las herramientas a las situaciones locales donde se producen los incendios y desarrollar técnicas y métodos seguros para combatirlos.

Alianzas Estratégicas:

Tiene como objetivo lograr una adecuada coordinación tanto a nivel intra como interinstitucional, con la meta de enfrentar exitosamente situaciones de emergencias forestales o ambientales de gran magnitud, que por su extensión o valores afectados.

Se considera de mucha importancia la participación del SIPECIF en el manejo de incendios forestales, particularmente en los casos del surgimiento de incendios forestales de grandes proporciones. Sobre los daños causados por los incendios forestales en años pasados no se cuenta con información científica, solamente datos estadísticos registrados por la Fundación Defensores de la Naturaleza.

En cuanto a las alianzas estratégicas se recomienda establecer cinco grandes áreas mutuamente: - Apoyo logístico, - Adquisición y facilitación de equipamiento, - Concienciación, capacitación y divulgación, - Acciones de vigilancia y patrullaje, - Fortalecimiento institucional.-



Figura 20: Alianzas estratégicas: Fuente Fodecyt No. 072-2012

Cuadro No. 5: ACTIVIDADES POR INSTANCIAS PARTICIPANTES

INSTANCIA	ACTIVIDADES A DESARROLLAR
COEIF (Gobernación) Municipalidades, FDN	Gestión de los recursos necesarios y Logística General
FDN , SIPECIF CONRED Brigadas de bomberos forestales	Responsable general, dirección técnica, capacitación, combate, apoyo Logístico, prevención, detección, evaluación y restauración.
MINEDUC	Apoyo Logístico, Concienciación, capacitación y divulgación
MEDIOS DE COMUNICACIÓN	Apoyo Logístico
DIPRONA – EJERCITO	Acciones de Vigilancia y Patrullajes.
BOMBEROS VOLUNTARIOS	Apoyo logístico y servicios médicos.
COCODES	Apoyo logístico y detección.
EMPRESAS PRIVADAS	Apoyo Logístico, Concienciación, capacitación y divulgación

III.1.6 El plan de manejo para implementar quemas controladas

Las quemas prescritas, a pesar de constituir una práctica cotidiana en otros países del mundo, principalmente para reducir los riesgos de incendios forestales y favorecer la regeneración natural, en Guatemala no son utilizadas por el temor a los posibles efectos negativos del fuego. Unido a lo anterior, las investigaciones realizadas al respecto son limitadas e insuficientes.

La quema prescrita es una herramienta que requiere un objetivo claro, experiencia en su uso y habilidad en la ejecución. Exige profundos conocimientos de meteorología, combustibles forestales y comportamiento del fuego; así como familiaridad con la fisiografía de la superficie a quemar. Hay que añadir como requerimiento un suficiente conocimiento de la piroecología de las especies presentes. Si todos estos aspectos son debidamente atendidos, muchos forestales podrían hacer uso provechoso de las quemas prescritas.

Los objetivos de una quema pueden ser variados: selvicultura preventiva de incendios, facilitar la regeneración de cierta especie vegetal (favoreciendo el rebrote, estimulando el banco edáfico de semillas, favoreciendo la apertura de conos serotinos en copas, incrementando la iluminación del suelo, etc.), facilitar el pastoreo, mejorar el hábitat de los grandes mamíferos, incrementar su valor recreativo al hacerlo más transitable a las personas, avanzar la sucesión forestal al eliminar los pies dominados o cierto sotobosque que ralentiza la regeneración de los árboles dominantes y otros.

La quema prescrita ha de ser: Ecológicamente beneficiosa o al menos aceptable, eficaz (esto es, que cumple los objetivos), económica frente a otras herramientas (esto es, eficiente), socialmente aceptable (tanto para la sociedad civil, autoridades municipales así como para las instituciones gubernamentales y no gubernamentales)

La puesta en práctica del concepto integral dentro del manejo de recursos forestales, en Sierra de las Minas ha implicado la búsqueda de alternativas versátiles y económicas para su implementación práctica. Una de estas son las quemas prescritas, que aunque en Sierra de las Minas hay muy pocos antecedentes sobre el tema, dentro de este estudio se presenta el Plan de manejo de quema propuesto para las subcuencas de Pasabién y Río Hondo, por lo que se considera que la implementación de las quemas prescritas en Sierra de las Minas se le debe prestar atención para conocer sus efectos a mediano y largo plazo. (Anexo 6)

III.1.7 La divulgación de los resultados obtenidos

La divulgación de los resultados se realizó por dos medios, dirigida a diferente público en cada uno. Un resumen de los medios utilizados para la divulgación, el público al que se dirigió y los resultados obtenidos se encuentra en el cuadro 6Cuadro .

Cuadro 6. Medios utilizados para divulgar los resultados del proyecto FODECYT 072-2012.

Medio de divulgación	Público objetivo	Resultados
Taller de divulgación de los resultados del proyecto.-	COCODES de las comunidades de la Subcuenca de Pasabién y Río Hondo.-	Taller presentado el día 20 de julio de 2014 con más de 40 participantes (Anexo 5)
Taller de divulgación de los resultados del proyecto.-	Institución académica: Universidad Rural de Guatemala.- Ingeniería Ambiental.-	Taller presentado el día 21 de Julio con 22 participantes.- (Anexo 5)
Taller de divulgación de los resultados del proyecto.-	Autoridades gubernamentales, actores sociales e instituciones académicas	Taller presentado el día 24 de julio de 2014 con más de 40 participantes (Anexo 5)
Resumen científico y presentación oral en reunión con la Corporación Municipal de Río Hondo,	Miembros de la corporación Municipal de Río Hondo, Zacapa.-	Reunión presentado el día 26 de Agosto 2,014 con 12 participantes.- (Anexo 5)

Fuente: Proyecto FODECYT 072-2012.

III.2 DISCUSIÓN DE RESULTADOS

III.2.1 Las comunidades vegetales en el ecosistema de bosque de pino y encino de la Sierra de las Minas

A la luz de los resultados obtenidos se ha decidido iniciar la discusión de los mismos definiendo y justificando una clasificación de las comunidades vegetales presentes en las áreas de estudio. Los impactos del fuego sobre la vegetación y las técnicas y frecuencia utilizadas para las quemas controladas prescritas se relacionan con cada una de las comunidades observadas y sus características. Las tres comunidades vegetales a caracterizar son las siguientes: bosques de pino y encino, bosques de encino y bosques rivereños.

Los bosques de pino y encino (Figura 21) cubrieron la mayor área de la superficie estudiada, seis de las ocho parcelas de la muestra. Estos bosques se caracterizan por la presencia dominante de especies de pino y encino.

En estos bosques se observó alta acumulación de combustible vegetal derivado de acículas de pino, y también la presencia de alta proporción de especies herbáceas con características asociadas a la adaptación relacionada al fuego. Según las observaciones realizadas en el campo en otras áreas similares de la Sierra de las Minas, y las observaciones de las personas conocedoras del lugar, estos bosques suelen incendiarse con mayor facilidad debido a la presencia de combustible derivado de las acículas de pino, y la frecuencia de incendios es alta, incluso anual en algunos sitios.



Figura 21. Comunidad de pino y encino, en el ecosistema de bosque de pino y encino, en la Sierra de las Minas. Proyecto FODECYT 072-2012.

Los bosques de encino (Figura 22) cubrieron una parte reducida del área de la superficie estudiada, solamente dos de las ocho parcelas de la muestra. Estos bosques se caracterizan por la ausencia de pinos y la presencia dominante de encinos de diferentes especies.

La acumulación de combustible vegetal era reducida, y se derivaba sobre todo de hojarasca de encino, encontrándose un sotobosque bien establecido con arbustos perennes y algunas herbáceas. Según las observaciones realizadas en el campo y las observaciones de las personas conocedoras del lugar, estos bosques no suelen incendiarse, y cuando ocurre un incendio este es bajo en cuanto a la altura de las llamas y se desplaza lentamente. Los incendios no son frecuentes ni de alta magnitud en esta comunidad vegetal.



Figura 22. Comunidad de Bosque de Encino, en el ecosistema de bosque de pino y encino, en la Sierra de las Minas. Proyecto FODECYT 072-2012.

El tercer tipo de comunidad vegetal identificada corresponde a los bosques de ribera de río. Estos bosques no fueron cubiertos por ninguna de las parcelas de vegetación del estudio, sino fueron documentados por medio de las colectas botánicas y observaciones a lo largo de los senderos que servían para desplazarse entre parcelas y subcuencas del estudio. En estos bosques no hay acumulación de combustible vegetal seco, ya que la humedad provoca su descomposición y acumulación como materia orgánica incorporada al suelo. En estos bosques no hay evidencia de incendios forestales o fuego producto de quemadas controladas, y las especies distribuidas aquí no presentan características asociadas a la resistencia al fuego.

III.2.2 Los impactos del fuego sobre las comunidades vegetales del ecosistema de pino y encino de la Sierra de las Minas

En esta sección se discute el impacto comunidad vegetal de bosque de pino y encino, y sobre la comunidad del bosque de encino a lo largo del tiempo en tres escalas distintas: el impacto inmediato del fuego, el impacto a lo largo del año subsecuente al incendio o quema prescrita, y el impacto de subsecuentes incendios en años posteriores. Es importante aclarar que se discute el impacto de las quemas prescritas, ya que del impacto de los incendios forestales es poco lo que se puede decir, ya que no se realizó un estudio sistemático sobre sus efectos, solamente se hicieron observaciones en áreas adyacentes a los sitios de estudio.

III.2.2.1 El impacto del fuego sobre la comunidad de pino y encino

El impacto inmediato del fuego sobre la comunidad vegetal se caracteriza por la disminución de la diversidad florística detectable y la eliminación de plántulas de todas las especies vegetales (Figura 23).

En el caso de las quemas controladas el fuego elimina las estructuras aéreas (tallos y hojas) de las especies herbáceas y arbustivas, y las plántulas de todas las especies vegetales y arbustos. Los árboles no son afectados por las quemas controladas, por lo que permanece la cobertura vegetal forestal. En el caso de áreas en que no se eliminó el combustible vegetal por medio de una quema controlada, se encontró que la altura de las llamas de los incendios forestales superaba los 5 metros, con lo que se quemaron las ramas bajas de varios árboles, y según Kobziar, Moghaddas y Stephens (2007) y otros autores (Alexander y Cruz, 2012; Keeley, 2009; Michaletz y Johnson, 2006), se esperaría que varios de estos árboles mueran en los próximos años.



Figura 23. En las áreas contiguas a las parcelas de estudio, en la comunidad vegetal de bosque de pino y encino, un incendio forestal eliminó la cobertura vegetal herbácea y arbustiva y quemó las ramas de algunos árboles, como el pino del centro. Subcuenca de Río Hondo, Sierra de las Minas, abril de 2013. Proyecto FODECYT 072-2012.

El impacto de la quema controlada sobre la vegetación de la comunidad de pino y encino a lo largo del año fue menor que en la vegetación de la comunidad de encino. A lo largo del año se observó que la vegetación arbórea continuó con su ciclo reproductivo normal, produciendo semillas, al igual que la mayoría de arbustos.

La riqueza de especies de la vegetación herbácea aumentó en los primeros meses de lluvia y varias especies completaron su ciclo de vida antes de la próxima estación seca, produciendo tallos y hojas, y finalmente flores, frutos y semillas, por lo que se considera que completaron su ciclo reproductivo.

Varias de las hierbas que rebrotaron a partir de estructuras subterráneas durante los primeros meses de lluvia completaron su ciclo reproductivo antes de la segunda mitad de la estación lluviosa (*e.g. Oxalis latifolia, Zuloagaea bulbosa*.)

Para la segunda mitad de la estación lluviosa surgieron distintas plantas a las observadas en la primera mitad de la estación lluviosa, las cuales también completaron su ciclo reproductivo (*e.g. Valeriana urticifolia*.).

Algunas pocas plantas, incluyendo los árboles de los cuales no se vio regeneración a lo largo del estudio, los arbustos que no se vio florecer y fructificar, y las herbáceas que rebrotaron o germinaron a finales de la estación lluviosa y no lograron producir flores y frutos, son consideradas las especies no adaptadas a los impactos del fuego (*e.g. Archibaccharis asperifolia*). Se podría considerar que el impacto de los incendios forestales sobre la vegetación a lo largo del año sería similar a la observada en las quemas controladas, encontrándose la diferencia solamente en el impacto de los incendios sobre las estructuras aéreas de los árboles más bajos.

El impacto de las quemas controladas sobre la vegetación de esta comunidad a lo largo de varios años con quemas anuales también fue analizado. Se obtuvo evidencia a partir de las quemas realizadas durante el año 2014 (contabilizándose quemas en dos años consecutivos) y a partir de las observaciones de la vegetación en los sitios que se queman anualmente. La alta frecuencia, anual, de las quemas controladas elimina o disminuye la abundancia de las plantas consideradas no adaptadas a los impactos del fuego. Estas plantas eventualmente llegan a los lugares impactados en forma de semillas, y al no quemarse en algunos años logran establecerse por lo menos temporalmente, hasta el próximo incendio.

Lo mismo se observó en la regeneración natural de las especies arbóreas dominantes: el fuego elimina las plántulas que germinaron el año anterior, y las plantas menores a un metro de altura que logran sobrevivir una quema o incendio (la mortalidad es alta en el primer evento de fuego), no logran sobrevivir a la quema o incendio del siguiente año. Es por esto, que para que se forme un grupo de reclutamiento de plantas como latizales de las especies arbóreas dominantes, se necesita un descanso de alrededor de cinco o seis años sin eventos

de fuego, y así se pueda conseguir plantas que pueden sobrevivir a las quemas prescritas, aunque aun son susceptibles de morir por efectos de los incendios forestales.

III.2.2.2 El impacto del fuego sobre la comunidad de encino

De la misma forma que en la comunidad anterior, el impacto inmediato del fuego sobre esta se caracteriza por la disminución de la diversidad florística detectable y la eliminación de plántulas de todas las especies vegetales (Ver parcelas de la subcuenca de Pasabién con más de 3 años sin fuego). En el caso de las quemas controladas el fuego elimina las estructuras aéreas (tallos y hojas) de las especies herbáceas y arbustivas, y las plántulas de todas las especies vegetales y arbustos. Los árboles no son afectados por las quemas controladas, por lo que permanece la cobertura vegetal forestal. Para este tipo de comunidad vegetal, que crece en, y produce a la vez, condiciones ambientales más húmedas, con combustible vegetal más difícilmente inflamable, no existe un parámetro de comparación entre las quemas controladas y un incendio forestal.

El impacto de la quema controlada sobre la vegetación de la comunidad Bosque de Encino a lo largo del año fue mayor que en la vegetación de la comunidad de pino y encino. A lo largo del año se observó que la vegetación arbórea continuó con su ciclo reproductivo normal, produciendo semillas, al igual que la mayoría de arbustos. Varias de las hierbas que rebrotaron a partir de estructuras subterráneas eran las mismas que en el bosque de pino y encino. El mayor impacto a lo largo del año se observó en las especies arbustivas, que fueron total o parcialmente quemadas por la quema controlada, la cual incluso tuvo baja intensidad según los técnicos encargados de la quema, debido a las características ambientales y del combustible.

La vegetación arbustiva, característicamente rica en esta comunidad vegetal, y mayoritariamente comprendida por asteráceas (*Senecio deppeanus*, *Critoniopsis leiocarpa*, y *Roldana petasioides*) no logró recuperarse de la quema, sus rebrotes crecieron lentamente y a lo largo del año no pudieron producir ni flores ni semillas. Se podría considerar que el impacto de los incendios forestales sobre este tipo de vegetación a lo largo del año sería similar a la observada en las quemas controladas, encontrándose la diferencia solamente en el impacto de los incendios sobre las estructuras aéreas de los árboles más bajos.

El impacto de las quemas controladas sobre la vegetación de esta comunidad a lo largo de varios años con quemas anuales también fue analizado a partir de las quemas realizadas durante el año 2014. La alta frecuencia, anual, de las quemas controladas disminuye notablemente la diversidad de arbustos y plantas herbáceas no adaptadas al fuego, y de distribución exclusiva en este tipo de comunidad vegetal, disminuyendo de esta forma la diversidad florística del ecosistema de pino y encino en la Sierra de las Minas. Además de eliminarse las estructuras aéreas de las plantas herbáceas, se eliminaron totalmente las pocas

estructuras de rebrote de las plantas arbustivas, aumentando el impacto del fuego del año anterior. La mayoría de plantas herbáceas y arbustivas exclusivas a este tipo de comunidad vegetal (Cuadro 4) no logran sobrevivir a dos eventos consecutivos de quema controlada, por lo que estas áreas no deberían ser quemadas en intervalos menores a seis años.

III.2.2.2 El impacto del fuego sobre las comunidades vegetales del ecosistema de pino y encino en la Sierra de las Minas

Según se observa en los resultados la diversidad florística es siempre mayor en los sitios que presentan menor frecuencia de fuego, ya sea por quemas controladas o por incendios forestales. De la misma manera, el efecto inmediato del fuego siempre se expresa como una disminución en la diversidad florística del sitio.

Es importante notar que la mayoría de estudios sobre la dinámica de los bosques generalmente se enfocan en la cobertura forestal en términos de especies dominantes arbóreas, aunque en este caso, la mayor diversidad florística y la mayor cantidad de adaptaciones se encontró en las especies herbáceas.

En términos generales se pueden resumir los impactos del fuego en los siguientes términos: a) los sitios con menor frecuencia de fuego presentan mayor riqueza de especies vegetales; b) el principal efecto del fuego es disminuir la diversidad de especies vegetales en plazo inmediato, a lo largo del año y en años posteriores; c) la mayor riqueza de especies y de características asociadas a adaptaciones relacionadas al fuego se encuentra en las especies herbáceas.

Aunque aparentemente los sitios con alta frecuencia de fuego pudieran ser menos importantes para la conservación de diversidad biológica, en estos, al igual que en los sitios con menor frecuencia de fuego, se encontraron especies exclusivas de uno u otro conjunto de condiciones ambientales (Cuadro 4). Entre estas se encuentran especies endémicas del país, e incluso endémicas de la Sierra de las Minas. Entre las especies exclusivas se encuentran algunas plantas raras, como la planta carnívora *Pinguicula crenatiloba* y la orquídea saprófita *Corallorhiza odontorhiza* asociadas a los sitios con frecuencia anual de incendios o quemas prescritas (Figura 24).

La mayor cantidad de especies asociadas a condiciones ambientales, incluyendo el régimen de fuego, se encontró en los sitios con baja frecuencia de fuego e incendios forestales, entre las que se encuentran la pascuilla endémica de la Sierra de las Minas, *Euphorbia steyermarkii*, varias asteráceas ampliamente distribuidas y la fuchsia silvestre, *Fuchsia encliandra* (Figura 24).

III.2.3 Las adaptaciones de las plantas del ecosistema de pino y encino de la Sierra de las Minas

Según Johnson (2004), las plantas entre sus adaptaciones al fuego incluyen tres estrategias distintas: a) plantas que no se queman ya que resisten al fuego; b) plantas que escapan del fuego; y c) plantas que se queman y sobreviven. Estas adaptaciones permiten interpretar que las plantas son favorecidas por el fuego, ya que este de hecho prepara las condiciones de suelo y hábitat, y elimina la competencia por parte de plantas no adaptadas. La ausencia de estas características asociadas a adaptaciones en relación al fuego en algunas plantas permite interpretar que estas no se ven favorecidas por el fuego, ya que este las elimina o interrumpe su ciclo reproductivo. Una lista de las especies vegetales identificadas y la presencia de características de adaptación al fuego se presenta en los anexos

A continuación se realiza un análisis de las especies representantes de las distintas estrategias de resistencia al fuego en el ecosistema de pino y encino de la Sierra de las Minas. Las plantas que no se queman ya que resisten al fuego comprenden a las especies arbóreas que presentan cortezas adaptadas para este fin. Entre estas especies se encuentran las pináceas, fagáceas y la palma, *Sabal guatemalensis*, en cuyas cortezas se pueden ver las marcas de chamuscado de incendios forestales y quemas controladas que han sobrevivido (Figura 25). Estas cortezas están adaptadas para resistir al fuego (Keeley, 2009; Kobziar, Moghaddas y Stephen, 2006) y se encuentran en el 11% de las especies observadas.

Las plantas que escapan del fuego son aquellas que presentan un ciclo de vida relativamente móvil. Estas son plantas anuales que una vez han producido sus semillas, las cuales se dispersan largas distancias, mueren y continúan como semillas para germinar el próximo año durante la estación lluviosa. Un buen ejemplo de estas plantas es la *Valeriana urticifolia*, que solamente se observa durante unos pocos meses, ya que crece rápidamente a partir de semillas sin desarrollar mayor biomasa vegetativa, y produce rápidamente flores y frutos (Figura 25).

Este tipo de adaptación se encuentra en el 18% de las especies observadas.





Figura 24. De izquierda a derecha y de arriba hacia abajo: a) orquídea saprófita *Corallorhiza odororhiza*; b) planta carnívora *Pinguicula crenatiloba*; c) pascuilla endémica de la Sierra de las Minas, *Euphorbia steyermarkii*; d) fuchsia silvestre, *Fuchsia encliandra*. Plantas exclusivas de las áreas sujetas a eventos de fuego anuales (a y b) y exclusivas de áreas con baja frecuencia de fuego (c y d) en el ecosistema de pino y encino en la Sierra de las Minas. Proyecto FODECYT 072-2012.

Las plantas que se queman y sobreviven incluyen a aquellas arbustivas y herbáceas cuyas estructuras aéreas, tallos y hojas, se queman, pero permanecen en los sitios vivos por medio de estructuras subterráneas de resistencia, como cormos, bulbos y raíces engrosadas. Varios ejemplos se muestran en la Figura 26. La mayor cantidad de plantas en el ecosistema de pino y encino en la Sierra de las Minas, el 41% de las especies, presentan esta característica, aunque varias de las que sobreviven y rebrotan, no logran reproducirse en el año subsecuente al evento de fuego.



Figura 25. Plantas exhibiendo distintas características asociadas a adaptaciones en relación con el fuego en el ecosistema de pino y encino de la Sierra de las Minas. A la izquierda se observa la corteza de pino (*Pinus* sp.) en que se observa la marca de chamuscado provocada

por un incendio forestal ocurrido en algún año anterior al estudio, abril de 2013. A la derecha se observa una planta de *Valeriana urticifolia*, la cual produce poca biomasa vegetativa, se reproduce rápidamente y sobrevive al fuego por medio de dispersarse o “escapar” del fuego en forma de semilla, octubre de 2013. Proyecto FODECYT 072-2012.



Figura 26. Plantas que cuyos órganos aéreos se queman y resisten el fuego por medio de estructuras subterráneas en el ecosistema de pino y encino de la Sierra de las Minas. A la izquierda se observan las raíces engrosadas de *Commelina tuberosa* y a la derecha el cormo de *Hypoxis decumbens*. Proyecto FODECYT 072-2012.

III.2.4 Las medidas de manejo apropiadas para mitigar los impactos negativos del fuego en el ecosistema de bosque de pino y encino en la Sierra de las Minas

Atendiendo al supuesto de la perturbación intermedia (Whittaker, Willis y Field, 2001) y a la heterogeneidad de condiciones ecológicas para alcanzar la mayor diversidad biológica (Colwell, Rahbek y Gotelli, 2004; Cardelús, Colwell y Watkins., 2006), se propone que los impactos negativos del fuego en el ecosistema de bosque de pino y encino en la Sierra de las Minas puede lograrse implementando algunas acciones como las siguientes: Quemadas controladas y la implementación de un Plan de manejo de incendios forestales que contenga acciones de prevención y control de incendios forestales.-

A la luz de los resultados obtenidos se ha discutido que los incendios forestales hoy día constituyen una de las causas principales de deterioro ambiental. El fuego es utilizado como herramienta para promover el cambio de uso del suelo, extendiendo la frontera agrícola y ganadera. El fuego se utiliza para la quema de pastos, lo que conllevan en muchas ocasiones a quemadas, que fácilmente se convierten en grandes incendios forestales, influenciados por factores climáticos tales como altas temperaturas, baja humedad relativa y largos períodos

secos, han favorecido la propagación e intensidad de los incendios, causando mayores daños en el bosque pino-encino que es el ecosistema que por su naturaleza es más resistente al calor del fuego, afectando además a otros recursos de invaluable valor ambiental como suelo, agua, aire y biodiversidad.

La situación en la subcuenca de los Ríos de Pasabién y Río Hondo y en el ámbito local hace imperativo el establecimiento de una política seria, continua y constante plasmada en un Plan Municipal de Protección contra Incendios Forestales y Manejo del Fuego, el cual incluye la presupresión, prevención, detección y supresión de incendios y manejo del fuego, así como, investigaciones sobre los impactos ambientales, ecología del fuego, restauración de áreas afectadas y el aprovechamiento de las oportunidades que presentan eventos de “post niño” en la reforestación y enriquecimiento de los bosques. Lo anterior, para el beneficio de los habitantes de la región y de los mismos bosques de pino y encino. Este Plan municipal redundará en beneficio de las comunidades y por ende de los recursos naturales de la Sierra de las Minas.

En base de los trabajos de campo y conversaciones con gente afectada, concluimos que hay impactos ambientales y socioeconómicos suficientemente negativos que justifican la presupresión, prevención, detección y combate de incendios descontrolados y el manejo de fuego en los bosques de pino y encino de las subcuencas en estudio.

Los impactos de los incendios sobre las poblaciones que viven en el campo son poco apreciados por los tomadores de decisiones, ya que ellos priorizan como problemática lo que les ocurre a ellos, como son las sequías sobre los centros poblados. El Niño, para las comunidades que dependen de los bosques, los impactos socioeconómicos de los incendios más inmediatos, incluyen el aprovechamiento desmedido de la leña, posible pérdida de recursos genéticos y abandono de las parcelas que ocupan los pobladores por la migración hacia las grandes ciudades u otros lugares donde se pueden encontrar un trabajo eventual.

Lo anterior, requiere de normar, supervisar y fortalecer, el aprovechamiento de leña, carbón y la ganadería, que en muchas ocasiones estas actividades son causas de incendios. Finalmente, a medida en que los eventos El Niño que preceden los incendios son oportunidad de regeneración para las especies arbóreas, los incendios reversan las ganancias generadas. La gente en la región que vive de actividades agrosilvopastoriles, ya se encuentran en una situación económico bastante crítica (Rodríguez et al. 2005) y es probable que a corto plazo, por lo menos, los incendios agraven sus problemas.

En materia de prevención y manejo de incendios forestales en los bosques de pino y encino de las subcuencas de Pasabién y Río Hondo; se plasman las siguientes consideraciones: Con la finalidad de confirmar la aplicación de las políticas municipales en materia de incendios forestales es necesaria la participación de todos los sectores de la

sociedad con el respaldo y aplicación de la legislación y normatividad respectivas mediante las acciones de:

1. Asumir la responsabilidad y coordinación municipal en materia de protección contra incendios forestales y manejo del fuego para identificar las comunidades locales, empresas, organizaciones no gubernamentales, grupos de interés y voluntarios, a fin de evaluar su interés y capacidad, prestando apoyo por parte del gobierno para su desarrollo y establecer acuerdos y compromisos en la ejecución de acciones en materia.
2. Operación y evaluación del Plan de manejo de incendios y Manejo del Fuego, incluyendo a las demás subcuencas de la Sierra de las Minas, como parte del Sistema Nacional de Prevención y Control de Incendios Forestales.
3. Crear y promover un sistema de incentivos (PINFOR y PINPEP) para alentar la aplicación del plan a todos los niveles.

La planificación de la protección contra incendios forestales y manejo del fuego, es importante, ya que dicha planificación debe realizarse de manera integral y cooperativa a nivel local y comunal.

Por lo tanto es necesario estimular a las comunidades a formular planes de manejo del fuego para sus áreas y a buscar la autoridad necesaria para su ejecución. Las instituciones locales capaces de asumir esta responsabilidad deben ser, ante todo, identificadas y, luego, fortalecidas o desarrolladas. La asistencia externa se ha considerado fundamental en la facilitación de este proceso, tanto para ayudar a desarrollar la capacidad de gestión necesaria, como para brindar la información técnica necesaria para respaldar las decisiones a ser tomadas.

III.2.5 El plan de manejo para implementar las quemas controladas

Se propuso un Plan de manejo de quema planificada y controlada de áreas seleccionadas en las subcuencas de la Sierra de la Minas. Este Plan busca un elemento de compensación entre la necesidad de asegurar que los otros usuarios de los bosques y pastizales de las subcuencas pudieran continuar obteniendo beneficios de los recursos naturales. En pocas palabras, la finalidad de este plan es maximizar los beneficios y minimizar las desventajas asociadas con el uso del fuego.

En este contexto, la quema controlada requiere decisiones sobre dónde, cuándo y cómo quemar; cuáles son los preparativos necesarios para controlar el fuego; acciones coordinadas para controlar la propagación del fuego durante la quema; y manejo cooperativo del rebrote posterior a la quema.

Según resultados obtenidos se ha verificado que las quemas controladas disminuyen notablemente la mortalidad de especies arbóreas y arbustivas en sitios con abundante acumulación de combustible vegetal derivado de acículas de pino, por lo que deberían prescribirse en estos sitios;

Los sitios que no presentan notable acumulación de combustible vegetal con acículas de pino, sino que presentan exclusivamente como especies dominantes encinos, y que crecen en ambientes más húmedos, no deberían ser quemados ni siquiera utilizando quemas controladas; la mayor diversidad biológica se alcanzará en el ecosistema de pino y encino de la Sierra de las Minas sometiendo distintas áreas a regímenes de manejo distintos, creando así condiciones heterogéneas para el desarrollo de la vegetación, ofreciendo así hábitats heterogéneos para diferentes especies, por medio de la implementación de quemas bajo diferentes frecuencias: en algunos sitios anualmente, en otros sitios cada tres años, y en otros sitios en intervalos mayores con menor frecuencia de fuego.

Para desarrollar las quemas y garantizar los objetivos previstos se analizaron varios factores climáticos de la región. Heikkilä *et al.* (1993), citado en Martínez (2006), plantean que las condiciones climatológicas determinan el comportamiento del fuego, destacándose las variables precipitación, viento, temperatura y humedad relativa, las cuales fueron tomadas antes, durante y después de efectuar las quemas previstas en los sitios, donde se realizó la investigación.

Las quemas prescritas se realizaron en Febrero de 2014, las cuales favorecieron la efectividad de las quemas prescritas implementadas en el área de estudio, corroborado por Martínez (2006), quien plantea que no pueden realizarse durante aquellos meses del año cuando la temperatura y humedad relativa no son favorables.

Estrategia para la Ejecución:

Se propuso una estrategia para la ejecución basada en una serie de principios directores. El principal consiste en que cualquier programa de quema controlada tiene que planificarse junto con la comunidad, COCODES o las personas interesadas y ser respaldado por ella. Segundo, puesto que personas distintas queman la vegetación por motivos distintos, el tema de la quema no puede separarse de las circunstancias que circundan su utilización. Por ello, la quema controlada debe integrarse en un programa general de ordenación del aprovechamiento de la tierra y de los recursos.

Hay que considerar tres elementos para la quema controlada: los **preparativos previos a la quema**, decidir cuáles áreas serán quemadas y delimitarlas, y adoptar medidas (p. ej., construcción de cortafuegos) para limitar el fuego al área interesada; el **control del fuego durante la quema**, asegurarse de que el fuego queme el área necesaria, pero que no

se escape hacia las zonas circundantes; y el **manejo postincendio del rebrote** en relación con el pastoreo y las otras formas de aprovechamiento de la tierra, para evitar el pastoreo excesivo.

Estos tres elementos necesitan una acción coordinada. Los miembros de la comunidad deben tomar parte en las decisiones relativas a la necesidad de efectuar quemas y en el control de las mismas. Deben ser responsables de establecer cuáles superficies se pueden quemar, cuándo, cómo y por quién; y también deben ser capaces de delegar dichas responsabilidades. Ello pone de relieve la necesidad de un enfoque integrado para el problema de la quema entre los usuarios de la tierra, y de la cooperación en todas las etapas. A este respecto, la función del asesoramiento técnico es facilitar la toma de decisiones por parte de la comunidad, no imponer las decisiones.

Por tanto, la estrategia para aplicar la estrategia propuesta se puede resumir en los siguientes principios:

- Los controles impuestos externamente sobre el uso del fuego fracasarán; un programa de quema controlada debe planificarse en colaboración con la comunidad, y ser respaldado por ella.
- Para mejores resultados, la quema controlada requiere decisiones sobre dónde, cuándo y cómo quemar; cuáles preparativos son necesarios para controlar el fuego; acciones coordinadas para controlar la propagación del fuego durante la quema, y manejo cooperativo del rebrote post-incendio.
- Distintas personas queman la vegetación por diferentes razones; por tanto, el problema de la quema no puede aislarse de las circunstancias que circundan su uso.
- La quema controlada debe integrarse en un plan general de aprovechamiento de la tierra y en un programa de ordenación de los recursos.
- Para ser eficaz, la autoridad para el control tiene que conferirse a la comunidad.
- La Municipalidad tendrá que delegar a las instituciones locales la autoridad correspondiente para el control.
- Es probable que la ejecución funcione mejor en los grupos comunitarios pequeños, unidos, relativamente homogéneos y que cuentan con un fuerte liderazgo popular.

PARTE IV

IV.1 CONCLUSIONES

- a) Se han caracterizado los impactos del fuego, principalmente los asociados a las quemas controladas, sobre el ecosistema de bosque de pino y encino de Guatemala, los cuales se caracterizan principalmente por la pérdida de diversidad biológica inmediata, pero sostenible en el tiempo dependiendo del régimen de fuego y las características de la vegetación de cada sitio.
- b) Se han evaluado los efectos del fuego en el ecosistema de bosque de pino y encino de la Sierra de las Minas en función de la frecuencia del régimen de fuego, identificándose mayor riqueza de especies vegetales en los sitios con fuego menos frecuente, aunque también identificándose especies exclusivas de los sitios con frecuencia anual de eventos de fuego, lo cual suma para la alta diversidad biológica encontrada en este complejo montañoso.
- c) Se han identificado diferentes especies vegetales adaptadas, o favorecidas por el fuego, y no adaptadas, o no favorecidas por el fuego. La proporción de especies adaptadas al fuego en el ecosistema de bosque de pino y de la Sierra de las Minas, por medio de diversas estrategias biológicas, es del 63.6%, lo que indica que estas plantas completan su ciclo de vida, o se reproducen exitosamente, a lo largo de un año, sin importar la presencia de un evento de fuego.
- d) Se han definido medidas de manejo apropiadas para mitigar los impactos negativos del fuego en los sistemas vegetales de pino-encino.- Las respuestas de emergencia ante los incendios forestales no son adecuadas para proteger a los bosques de los incendios. La clave para salvaguardar los bosques de la Sierra de las Minas está en forjar un vínculo entre la política y la práctica del uso sostenible de las tierras, por un lado, y el estado de preparación para enfrentar emergencias, por el otro. El plan de prevención abarca el conjunto de medidas, acciones o actividades previas a la ocurrencia, tendientes a evitar o minimizar la incidencia destructiva de los incendios y a organizar los preparativos para su atención, en caso de que se presenten.
- e) Se ha elaborado una propuesta del plan de manejo para implementar quemas controladas. La puesta en práctica del concepto integral dentro del manejo de recursos forestales, en Sierra de las Minas ha implicado la búsqueda de alternativas versátiles y económicas para su implementación práctica. Una de estas son las quemas prescritas, que aunque en Sierra de las Minas hay muy pocos antecedentes sobre el tema, dentro de este estudio se presenta esta propuesta, por lo que se considera que la implementación de la misma se le debe prestar atención para conocer sus efectos a mediano y largo plazo
- f) Se divulgó a las autoridades, actores sociales, e instituciones los resultados de la información obtenida.

IV.2 RECOMENDACIONES

- a) Se recomienda invertir recursos económicos y humanos en el manejo de los ecosistemas vulnerables de la Sierra de la Minas, incluyendo entre este el monitoreo e investigación, para poder así tener indicadores del impacto de su conservación sobre la sociedad guatemalteca.
- b) Se recomienda poner en práctica las acciones propuestas para la mitigación de los efectos negativos del fuego en la Sierra de las Minas, especialmente la implementación de quemas controladas en los sitios con alta acumulación de combustible vegetal derivado de acículas de pino.
- c) Se recomienda caracterizar, por medio de un estudio semejante a este, los impactos de los incendios forestales, para poderlos comparar con el efecto de las quemas prescritas caracterizado en este estudio.
- d) Se recomienda la valoración de los servicios de los ecosistemas de la Sierra de las Minas para favorecer su conservación y mantenimiento, y la valoración económica de los impactos negativos del fuego en estos.
- e) Se debe entender que para manejar el fuego en una zona no se necesitan desmesuradas cantidades de recursos monetarios, pues se sabe que esta es una de las principales debilidades encontradas en el área estudiada, pero se recomienda que a partir de los pocos recursos se realice un fuerte y constante trabajo humano, cuya base sea la educación y extensión comunitaria.
- f) Los consejos comunitarios de desarrollo COCODES en la actualidad poseen gran influencia y poder en la toma de decisiones dentro de la comunidad, ellos evaden los temas ambientales o simplemente no les dan la debida relevancia, por lo que establecer buenas relaciones con estas organizaciones comunitarias es de suma importancia y además ejecutar trabajos en conjunto que los encamine a adentrarse en los temas ambientales, en especial en temas de manejo del fuego.
- g) Se recomienda la divulgación de la información sobre la diversidad biológica de Guatemala, ya que es patrimonio de todos sus habitantes, y es por medio del empoderamiento e identificación con estos recursos por parte de la sociedad que se logrará su conservación.

IV.3 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Aylward, B. 2002 Environmental Services in the Guatemalan Context: relevance and Market Potential. MIRNA (Proyecto de Manejo Integrado de los Recursos Naturales y el Ambiente in el Altiplano Occidental de Guatemala). Guatemala. 26 p
2. Aylward, B. 2002. Environmental Services in the Guatemalan Context: relevance and Market Potential. MIRNA (Proyecto de Manejo Integrado de los Recursos Naturales y el Ambiente in el Altiplano Occidental de Guatemala). Guatemala. 26 p.
3. Azurdia, C., Williams, K. A., Williams, D. E., Van Damme, V., Jarvis, A., y Castaño, S. E. (2011). *Atlas of Guatemalan crop wild relatives*. Recuperado en 2012, de Atlas of Guatemalan crop wild relatives: www.ars.usda.gov/ba/atrlascwrguatemala.
4. Balvanera, P., Castillo, A. y Martínez-Harms, M. J. (2011). Ecosystem services in seasonally dry tropical forests. Pp. 259–278. En: Dirzo, R., Young, H. S., Mooney, H. A. y Ceballos, G. (Eds.) *Seasonally dry tropical forests*. Washington: Island Press. 407 pp.
5. B. Cano, *Biodiversidad de Guatemala, Volumen 1* (págs. 1–6). Guatemala: Universidad del Valle de Guatemala.
6. Byram, G. M. (1959). Combustion of forest fuels. Pp. 61–89. En: *Forest Fire: Control and Use*. Segunda ed. Nueva York: McGraw-Hill.
7. Castañeda, C. (2008). Diversidad de ecosistemas en Guatemala. En C. N. *Protegidas, Guatemala y su biodiversidad: un enfoque histórico, cultural, biológico y económico* (págs. 181–229). Guatemala: CONAP.
8. Consejo Nacional de Áreas Protegidas –CONAP–. (2013). *Implementación del Convenio sobre Diversidad Biológica en Guatemala: logros y oportunidades*. Guatemala: CONAP. 132 pp.
9. Flores, J.G., Benavides, J. 1994. Influencias de dos tipos de quemas controladas en bosque de pino en Jalisco. INIFA. Folleto Técnico número 5. Guadalajara. 12 p.

10. Graham, A. (2006). The history of the vegetation of Guatemala: Cretaceous and Tertiary. En E. B. Cano, *Biodiversidad de Guatemala, Volumen 1* (págs. 7–14). Guatemala: Universidad del Valle de Guatemala.
11. Girón E. 2006a. Plan de Manejo Integrado de Fuego – MIF. Región Sur-Oeste de la Cuenca del Lago de Atitlán. Panajachel, Sololá. Guatemala. Proyecto volcanes de Atitlán
12. González-Cabán A. y otros. 2006. Costes y beneficios de la Reducción de la Producción de Sedimentos procedentes de los Incendios Forestales mediante la Quema Prescrita: Estudio de caso del incendio de Kinneloa. En Curso de Formulación de Políticas Nacionales de Manejo del Fuego en América Latina y el Caribe – FPF. Fodepal – FAO; 13 p.
13. Halffter, G., Moreno, C. E., y Pineda, E. O. (2001). *Manual para la evaluación de la biodiversidad en reservas de la biósfera*. Zaragoza: Manuales y tesis.
14. IARNA. (2012). Biodiversidad: nuestra dote despreciada. *Observatorio Ambiental* (7), 2–11.
15. Islebe, G. A., y Leyden, B. (2006). La vegetación de Guatemala durante el Pleistoceno Terminal y Holoceno. En E. B. Cano, *Biodiversidad de Guatemala, Volumen 1* (págs. 15–23). Guatemala: Universidad del Valle de Guatemala.
16. Iturralde-Vinent, M. A. (2006). El origen paleogeográfico de la biota de Guatemala. En E.
15. Martínez. 2006. Uso de quemas prescritas en bosques naturales de *Pinus tropicalis* Morelet en Pinar del Río. Tesis presentada en opción al Grado Científico de Dr. en Ciencias Forestales. Universidad de Pinar del Río Hermanos Saíz Montes de Oca. 94 p.
17. Myers R. 2006. 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; 36 p.
18. Monterroso O. y Buch M. 2003. Valoración económica, ambiental y social de daños ocasionados por incendios forestales durante 2003. Guatemala. Instituto nacional de bosques, consejo nacional de áreas protegidas y centro agronómico tropical de investigación y enseñanza; 14 p.

19. NÁJERA, A. 2000: Curso Internacional de Protección contra Incendios Forestales, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, México, 24 pp.
20. TNC. 2005: «Introducción a quemas prescritas para áreas naturales protegidas», Belice National Commission on Wildfire Disasters, 1995. Report of the National Commission on wildfire Disasters. Washington D. C., 115 pp.
21. The Nature Conservancy (TNC). 2004. El fuego, los ecosistemas y la gente. Una evaluación preliminar del fuego como tema global de conservación. Iniciativa mundial sobre el fuego. Sigrisvil, Suiza. 9p.
22. Vivamos Mejor y Sipecif. 2006. Situación de incendios forestales, aspectos positivos y negativos del uso del fuego en las regiones de Petén, Oriente, Centro y Occidente de Guatemala. Curso básico en planificación de quemas prescritas. San Jerónimo, Baja Verapaz. Instituto nacional de bosques, Sistema nacional de prevención y control de incendios forestales, asociación Vivamos Mejor y The nature conservancy; 14 p.
23. Whittaker R. J., Willis K. J. y Field R. (2001). Scale and species richness: towards a general, hierarchical theory of species diversity. *Journal of Biogeography* 28(4):453–470 pp.

IV.4 ANEXOS

V.4.1 Anexo 1.Boleta Plan de quema



Región Forestal:		Temporada propuesta para la quema:	
Responsable del manejo del área:			
Dirección:		Teléfono: () -	
		Ext:	
LOCALIZACIÓN			
Sitio:	Aldea	Municipio	Departamento
Tenencia:		Propietario (a)	
Coordenada Latitud		Coordenada Longitud	
Área de la unidad de quema (hectáreas) :	Tipos de rondas:		Fecha de la quema anterior:
Descripción general de la unidad de quema:			
Especies arbóreas dominantes:	Especies del sotobosque dominantes:		Especies de interés:
Modelo de combustible y descripción:			Topografía:
Motivo de la quema:		Objetivos específicos:	
Técnicas de ignición:			
Personal y calificaciones:		Herramientas y equipo:	
% chamuscado de copa aceptable (si aplica):	¿Existen áreas sensibles al humo?:		
	Si No		
Listado de áreas sensibles al humo:			
Precauciones especiales/peligros del lugar:			

Notificaciones y permisos:

PRESCRIPCIÓN

FACTORES DEL TIEMPO Y COMBUSTIBLES	PREFERIDO (RANGO ACEPTABLE)	REGISTRADO (DURANTE DE LA QUEMA)
Velocidad del viento (Km/h)		
Dirección de viento		
Temperatura C		
Humedad Relativa		
Humedad del combustible fino muerto		
Longitud de la llama		
Días sin lluvia		
Otro		

Mapas adjuntos:

- Contexto de la unidad de quema
- Unidad de quema
- Otros (humo, ignición, contención)

Tareas de liquidación anticipadas:

Tareas de contingencia anticipadas (en caso de escapes no manejables):

PROCEDIMIENTO DE MONITOREO Y EVALUACIÓN

ANTES DE LA QUEMA	DURANTE LA QUEMA	POSTERIOR A LA QUEMA

Fecha de la quema	Resultados inmediatos de la quema:	Problemas/dificultades durante de la quema:

LISTA DE CONTROL

A. ANTES DE LA SESIÓN INFORMATIVA CON EL PERSONAL DE LA QUEMA

- La Unidad de quema es como se la describe en el plan.
- Se completaron las rondas cortafuegos necesarias.
- Se obtuvieron los permisos para hacer la quema.
- Se completaron las notificaciones oficiales y a los vecinos.
- El equipo necesario está en el sitio y funciona.
- Los métodos planificados de ignición y contención son adecuados.
- Hay una lista de números telefónicos de emergencia.
- Las contingencias y la liquidación planificadas son adecuadas.

B. SESIÓN INFORMATIVA

- Cada miembro de la brigada tiene un mapa de la unidad de quema.
- Se discutieron el tamaño y los límites de la unidad de quema.
- Se discutieron los riesgos de la unidad de quema.
- Propósito de la quema.
- Comportamiento anticipado del fuego y del humo.
- Revisión del equipo y detección de problemas.
- Comprobar las calificaciones de los miembros de la brigada.
- Reexaminar la organización del personal y las tareas.
- Reexaminar los métodos de ignición, contención, liquidación, comunicaciones.
- Reexaminar el contacto con el público; posibles problemas con el tránsito.
- Ubicación de los vehículos, llaves y teléfono más cercano.
- Ubicación del equipo de respaldo, suministros y agua.
- Reexaminar todas las contingencias, incluidas las rutas de escape y zonas de seguridad.
- Reexaminar los procedimientos de liquidación.
- Responder a las preguntas de los miembros de la brigada.
- Darles a los miembros de la brigada la oportunidad de rehusarse a participar.

C. ANTES DE LA IGNICIÓN

- Las condiciones meteorológicas y del combustible están dentro de lo prescrito.
- El pronóstico meteorológico, obtenido en el período de las dos horas que preceden a la ignición, dice que las condiciones meteorológicas prescritas se van a mantener por dos horas después de la duración anticipada de la quema.
- Los miembros de la brigada tienen la ropa protectora requerida.
- Los miembros de la brigada tienen fósforos.
- Realizar una quema de prueba.

D. ANTES DE DEJAR LA UNIDAD DE QUEMA

- Se completó la liquidación según se describe en el plan.
- Se arregló una inspección para la mañana siguiente.
- Notificaciones de la terminación de la quema (si se requiere).

Anote cualquier modificación del plan:

Plan preparado por:

Firma:

Puesto:

Fecha:

Jefe de la Quema:

Firma:

Puesto:

Fecha:

Comentarios:

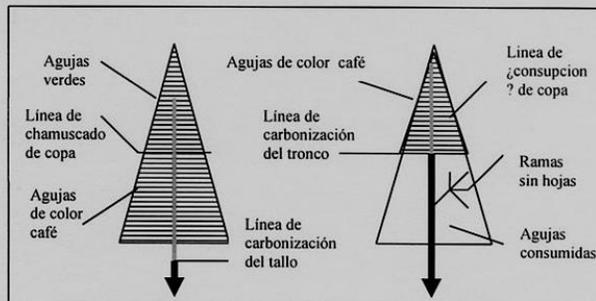
Anexo 2. Evaluación Inmediata posterior a la quema

TABLA DE EVALUACION INMEDIATA POSTERIOR A LA QUEMA

CUADRO 1

Modelo de Combustible	Descripción
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
11	
12	
13	

FIGURA 1



CUADRO 2

CLASIFICACION DE % DE CHAMUSCADO DE COPA					
0	1	2	3	4	5
NO QUEMADO	≤25%	>25≤50%	>50≤75%	>75≤99	>99≤100

CUADRO 4

CLASIFICACION ALTURA DE CHAMUSCADO			
1	2	3	4
NO QUEMADO	≤3MTS	>3≤6MTS	>6MTS

CUADRO 3

CLASIFICACION DE % DE CHAMUSCADO DE SOTOBOSQUE					
0	1	2	3	4	5
NO QUEMADO	≤25%	>25≤50%	>50≤75%	>75≤99%	>99≤100%

CUADRO 5

CLASIFICACION DE ALTURA DE CARBONIZADO				
0	1	2	3	4
NO QUEMADO	≤1.5 MTS	>1.5≤3MTS	>3≤6MTS	>6MTS

CUADRO 6

GRADO DE CARBONIZACION (PLUMB Y GOMEZ 1983)		
LIGERO (1)	MODERADO (2)	FUERTE (3)
CARBONIZACION ESPORADICA O CHAMUSCADO CON CICATRICES DISPERSAS EN LA CORTEZA	CARBONIZACION CONTINUA PRESENTA AREAS CON REDUCCION DE GROSOR DE CORTEZA	CARBONIZACION CONTINUA, CON PRONUNCIADA REDUCCION EN GROSOR DE CORTEZA, CON MADERA SUBYACENTE, A VECES EXPUESTA

CUADRO 7

CLASIFICACION DE SEVERIDAD DE QUEMA (USNPS 1991)					
	SIN QUEMAR (0)	CHAMUSCADO (1)	LIGERAMENTE QUEMADO (2)	MODERADAMENTE QUEMADO (3)	FUERTEMENTE QUEMADO (4)
MATERIA ORGANICA (HOJARASCA O MANTILLO)	NO QUEMADO	HOJARASCA PARCIALMENTE QUEMADO/RAMILLAS Y HOJAS SIN CAMBIO	HOJARASCA PARCIALMENTE CHAMUSCADO/RAMILLAS Y HOJAS CHAMUSCADAS PERO RECONOCIBLES	HOJARASCA CONSUMIDA CASI COMPLETAMENTE, DEJANDO CENIZAS CLARAS, MANTILLO FUERTEMENTE QUEMADO RAMILLAS Y HOJAS NO SE PUEDEN IDENTIFICAR	HOJARASCA Y MANTILLO CONSUMIDO, DEJANDO CENIZAS BLANCAS, LA TIERRA VISIBLEMENTE ALTERADA, A VECES ROJIZA
VEGETACION (SOTOBOSQUE ≤3M DE ALTURA)	NO QUEMADO	HOJAS CHAMUSCADAS Y PEGADAS A SUS RAMILLAS	HOJAS Y RAMAS PEQUEÑAS CASI COMPLETAMENTE CONSUMIDAS	HOJAS Y RAMILLAS CONSUMIDAS	TODAS LAS PLANTAS CONSUMIDAS NADA DE TRONCO NI RAMILLAS

Anexo 3. Formatos de las boletas de campo utilizadas en la colecta de información:

PARCELA No.:	Altitud (m):	Coordenadas:		
Fecha: _____	Pendiente (°):	N		
Hora:	Orientación Pendiente:	O		
Ruta de acceso:				
Altura del dosel:			Tipo de Cobertura:	
Porcentaje cobertura:				
ESPECIES DE HELECHOS				
1	6			
2	7			
3	8			
4	9			
5	10			
HERBÁCEAS 1 (1x1m)			HERBÁCEAS 2 (1x1m)	
1	1			
2	2			
3	3			
4	4			
5	5			
ESPECIES NATURALIZADAS/INVASORAS				
1	4			
2	5			
3	6			

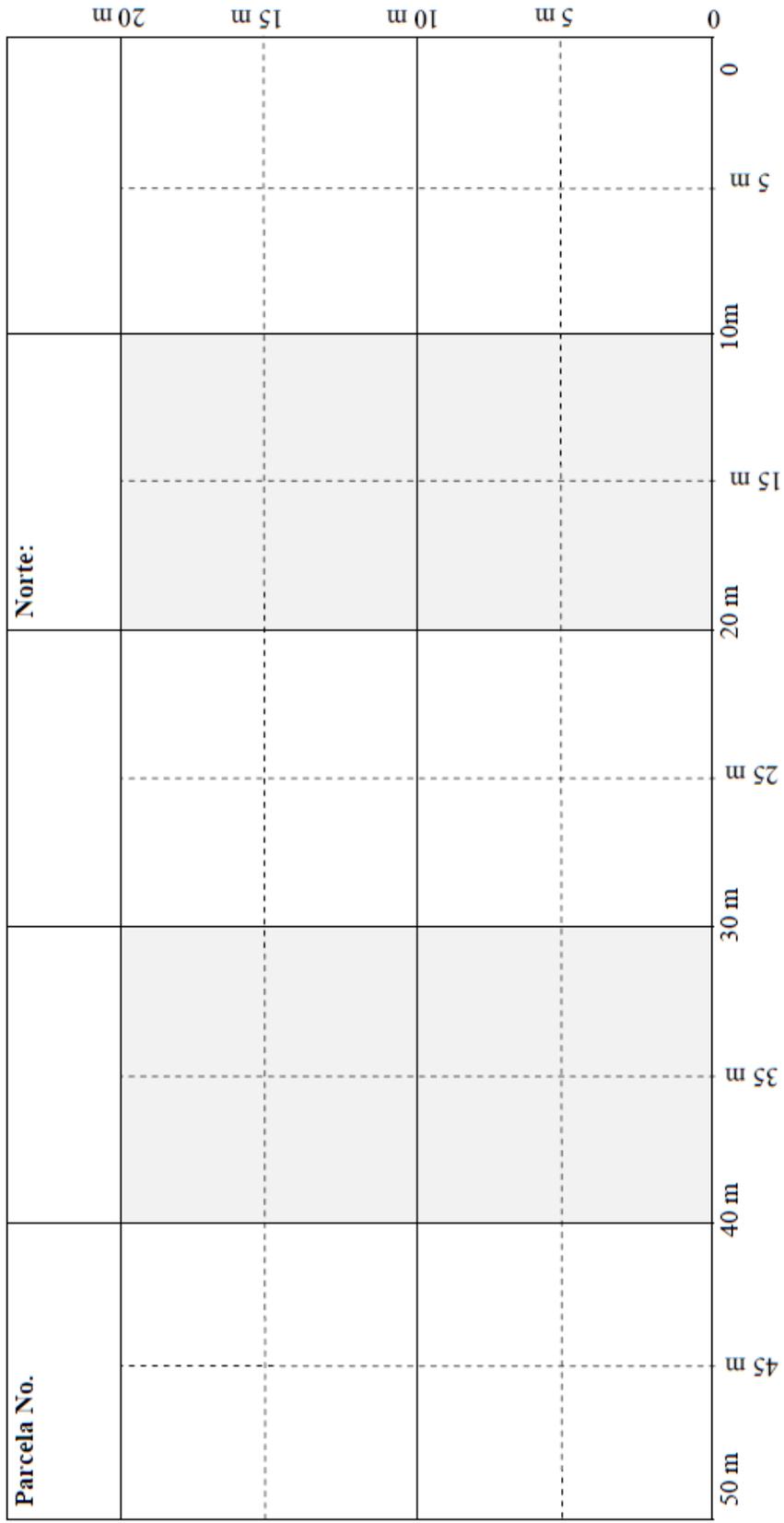
ESPECIES DE ARBUSTOS (20X15m) (DAP/Altura)
1
2
3
4
5
6
7
8

SUBARBUSTOS (2x5m)	SUBARBUSTOS 2 (2x5m)
1	1
2	2
3	3
4	4
5	5
6	6
7	7
8	8

Proyecto FODECYT 72-2012

Parcela No.	Perímetro cm	Alto (m)	Árboles	Perímetro cm	Alto (m)
1			21		
2			22		
3			23		
4			24		
5			25		
6			26		
7			27		
8			28		
9			29		
10			30		
11			31		
12			32		
13			33		
14			34		
15			35		
16			36		
17			37		
18			38		
19			39		
20			40		

Proyecto FODECYT 72-2012



Proyecto FODECYT 72-2012

Anexo 4: Lista de especies vegetales registradas en el estudio

Lista de especies vegetales registradas en el estudio, considerando aquellas dentro de las parcelas de la muestra, especificando la presencia de características asociadas a adaptaciones en relación al fuego, en el ecosistema de pino y encino en la Sierra de las Minas (Hábito = forma de vida; Parcela = Presencia detectada en las parcelas de estudio o en los recorridos entre parcelas; Resistencia = Presencia de características asociadas a adaptaciones en relación al fuego). Proyecto FODECYT 072-2012.

No.	Familia	Especie	Autores	Hábito	Parcela	Resistencia
1	Anacardiaceae	<i>Rhus schiedeana</i>	Schltld.	Arbusto	s	n
2	Apiaceae	<i>Centella asiatica</i>	(L.) Urb.	Hierba	s	s
3	Apocynaceae	<i>Asclepias similis</i>	Hemsl.	Hierba	s	s
4	Areacaceae	<i>Sabal guatemalensis</i>	Becc.	Árbol	s	s
5	Asparagaceae	<i>Echeandia reflexa</i>	(Cav.) Rose	Hierba	s	n
6	Asteraceae	<i>Ageratina prunellifolia</i>	(Kunth) R.M. King et H. Rob.	Hierba	s	s
7	Asteraceae	<i>Archibaccharis asperifolia</i>	(Benth.) S.F. Blake	Hierba	s	n
8	Asteraceae	<i>Asteraceae1</i>		Hierba	n	n
9	Asteraceae	<i>Bellis perennis</i>	L.	Hierba	s	s
10	Asteraceae	<i>Bidens alba var. radiata</i>	(Sch. Bip.) R.E. Ballard	Hierba	s	n
11	Asteraceae	<i>Chaptalia nutans</i>	(L.) Polak	Hierba	s	s
12	Asteraceae	<i>Critoniopsis leiocarpa</i>	(DC.) H. Rob.	Arbusto	s	n
13	Asteraceae	<i>Gnaphalium semiamplexicaule</i>	DC.	Hierba	s	s
14	Asteraceae	<i>Hieracium abscissum</i>	L.	Hierba	s	s
15	Asteraceae	<i>Perezia nudicaulis</i>	A. Gray	Hierba	s	s
16	Asteraceae	<i>Piptothrix areolaris</i>	(DC.) R.M. King et H. Rob.	Hierba	s	s
17	Asteraceae	<i>Roldana petasioides</i>	(Greenm.) H. Rob.	Arbusto	s	n
18	Asteraceae	<i>Senecio deppeanus</i>	Hemsl.	Arbusto	s	n
19	Asteraceae	<i>Telanthophora cobanensis</i>	(J.M. Coult) H. Rob. et Brettell	Arbusto	n	n
20	Asteraceae	<i>Vernonanthura patens</i>	(Kunth) H. Rob.	Arbusto	s	s

No.	Familia	Especie	Autores	Hábito	Parcela	Resistencia
21	Asteraceae	<i>Viguiera cordata</i>	(Hook. et Arn.) D'Arcy	Hierba	s	n
22	Betulaceae	<i>Ostrya virginiana</i>	(Mill.) K. Koch	Árbol	s	n
23	Campanulaceae	<i>Lobelia laxiflora</i>	Kunth	Arbusto	s	s
24	Caprifoliaceae	<i>Valeriana urticifolia</i>	Kunth	Hierba	s	s
25	Caryophyllaceae	<i>Arenaria lanuginosa</i>	(Michx.) Rohrb.	Hierba	s	n
26	Caryophyllaceae	<i>Drymaria villosa</i>	Cham. et Schtdl.	Hierba	s	n
27	Commelinaceae	<i>Commelina tuberosa</i>	L.	Hierba	s	s
28	Cyperaceae	<i>Cyperus tenerrimus</i>	J. Presl et C. Presl	Hierba	s	n
29	Cyperaceae	<i>Eleocharis flavescens</i>	(Poir.) Urban	Hierba	n	n
30	Cyperaceae	<i>Rhynchospora divergens</i>	Chapm. ex M.A. Curtis	Hierba	n	s
31	Cyperaceae	<i>Rhynchospora nervosa</i>	(Vahl) Boeckeler	Hierba	n	s
32	Cyperaceae	<i>Scleria oligantha</i>	Michx.	Hierba	s	s
33	Dennstaedtiaceae	<i>Pteridium caudatum</i>	(L.) Maxon	Hierba	s	s
34	Dennstaedtiaceae	<i>Pteridium feei</i>	(W. Schaffn. ex Fée) Faull	Hierba	s	s
35	Dryopteridaceae	<i>Elaphoglossum lonchophyllum</i>	(Fée) T. Moore	Hierba	s	s
36	Ericaceae	<i>Arbutus xalapensis</i>	Kunth	Árbol	s	s
37	Ericaceae	<i>Leucothoe mexicana</i>	(Hemsl.) Small	Árbol	s	s
38	Euphorbiaceae	<i>Acalypha unibracteata</i>	Müell. Arg.	Hierba	s	n
39	Euphorbiaceae	<i>Euphorbia steyermarkii</i>	Standl.	Hierba	s	n
40	Fabaceae	<i>Calliandra grandiflora</i>	(L'Her.) Benth.	Arbusto	s	s
41	Fabaceae	<i>Chamaecrista nictitans var. disadena</i>	(Steud.) H.S. Irwin et Barneby	Hierba	s	s

No.	Familia	Especie	Autores	Hábito	Parcela	Resistencia
42	Fabaceae	<i>Cologania broussonetii</i>	(Balb.) DC.	Hierba	s	s
43	Fabaceae	<i>Crotalaria sp.</i>		Hierba	s	s
44	Fabaceae	<i>Crotalaria vitellina</i>	Ker Gawl.	Hierba	s	n
45	Fabaceae	<i>Desmodium angustifolium</i>	(Kunth) DC.	Hierba	s	n
46	Fabaceae	<i>Desmodium sp.</i>		Hierba	s	s
47	Fabaceae	<i>Diphysa sp.</i>		Árbol	s	n
48	Fabaceae	<i>Mimosa albida</i>	Humb. et Bonpl. ex Willd.	Arbusto	s	s
49	Fabaceae	<i>Rhynchosia pyramidalis</i>	(Lam.) Urban	Liana	n	n
50	Fabaceae	<i>Stylosanthes humilis</i>	Kunth	Hierba	s	n
51	Fabaceae	<i>Vigna speciosa</i>	(Kunth) Verdc.	Liana	s	s
52	Fagaceae	<i>Quercus peduncularis</i>	Née	Árbol	s	s
53	Fagaceae	<i>Quercus pilicaulis</i>	Trel.	Árbol	s	s
54	Fagaceae	<i>Quercus sapotaefolia</i>	Liebm.	Árbol	s	s
55	Hypoxidaceae	<i>Hypoxis decumbens</i>	L.	Hierba	s	s
56	Juncaceae	<i>Juncus tenuis</i>	Willd.	Hierba	n	n
57	Lamiaceae	<i>Salvia lavanduloides</i>	Kunth	Hierba	s	S
58	Lamiaceae	<i>Salvia urica</i>	Epling	Hierba	s	S
59	Lentibulariaceae	<i>Pinguicula crenatiloba</i>	A. DC.	Hierba	s	N
60	Loganiaceae	<i>Centaurium brachycalyx</i>	Standl. et L.O. Williams	Hierba	s	N
61	Malvaceae	<i>Triunfetta speciosa</i>	Seem.	Arbusto	n	n
62	Melastomataceae	<i>Miconia sp.</i>		Arbusto	s	s
63	Myricaceae	<i>Morella cerifera</i>	(L.) Small	Arbusto	s	s
64	Myrsinaceae	<i>Rapanea myricoides</i>	(Schltdl.) Lundell	Arbusto	s	n
65	Onagraceae	<i>Fuchsia encliandra ssp. tetradactyla</i>	(Lindl.) Breedlove	Hierba	s	n

No.	Familia	Especie	Autores	Hábito	Parcela	Resistencia
66	Ophioglossaceae	<i>Ophioglossum nudicaule</i>	L. f.	Hierba	n	s
67	Orchidaceae	<i>Bletia purpurata</i>	A. Rich. et Gal.	Hierba	s	s
68	Orchidaceae	<i>Corallorhiza odontorhiza</i>	(Willd.) Poir.	Hierba	s	s
69	Orchidaceae	<i>Habenaria sp.</i>		Hierba	s	s
70	Orchidaceae	<i>Habenaria sp. 2</i>		Hierba	s	s
71	Oxalidaceae	<i>Oxalis latifolia</i>	Kunth	Hierba	s	s
72	Oxalidaceae	<i>Oxalis tetraphylla</i>	Cav.	Hierba	s	s
73	Pinaceae	<i>Pinus maximinoi</i>	H.E. Moore	Árbol	s	s
74	Pinaceae	<i>Pinus oocarpa</i>	Schiede ex Schtldl.	Árbol	s	s
75	Poaceae	<i>Axonopus fissifolius</i>	(Raddi) Kunth	Hierba	n	s
76	Poaceae	<i>Dichantheium aciculare</i>	(Desv. ex Poir) Gould & C.A. Clark	Hierba	s	s
77	Poaceae	<i>Dichantheium umbonulatum</i>	(Swallen) Davidse	Hierba	s	s
78	Poaceae	<i>Dichantheium viscidellum</i>	(Scribn.) Gould	Hierba	s	s
79	Poaceae	<i>Imperata brasiliensis</i>	Trin.	Hierba	s	s
80	Poaceae	<i>Schizachyrium sanguineum</i>	(Retz.) Alston	Hierba	s	n
81	Poaceae	<i>Setaria parviflora</i>	(Poir.) Kerguélen	Hierba	s	n
82	Poaceae	<i>Steinchisma laxum</i>	(Sw.) Zuloaga	Hierba	s	s
83	Poaceae	<i>Zuloagaea bulbosa</i>	(Kunth) Bess	Hierba	s	s
84	Polygalaceae	<i>Polygala floribunda</i>	Benth.	Hierba	s	n
85	Polygonaceae	<i>Polygonum punctatum</i>	Elliott	Hierba	n	n
86	Polypodiaceae	<i>Campyloneurum angustifolia</i>	(Sw.) Fée	Epifita	s	s
87	Polypodiaceae	<i>Polypodium polypodioides</i>	(L.) Watt	Epifita	s	s

No.	Familia	Especie	Autores	Hábito	Parcela	Resistencia
88	Polypodiaceae	<i>Polypodium sanctae-rosae</i>	(Maxon) C. Chr.	Epifita	s	s
89	Pteridaceae	<i>Adiantum feei</i>	T. Moore ex Fée	Hierba	n	n
90	Pteridaceae	<i>Cheilanthes marginata</i>	Kunth	Hierba	s	n
91	Ranunculaceae	<i>Ranunculus praemorsus</i>	Humb., Bonpl. et Kunth. ex DC.	Hierba	s	n
92	Ranunculaceae	<i>Thalictrum steyermarkii</i>	Standl.	Hierba	s	n
93	Rosaceae	<i>Rubus sp.</i>		Hierba	s	s
94	Rubiaceae	<i>Borreria ocymoides</i>	(Burm. f.) DC.	Hierba	s	n
95	Rubiaceae	<i>Bouvardia leiantha</i>	Benth.	Hierba	s	s
96	Rubiaceae	<i>Crusea coccinea</i>	DC.	Hierba	n	n
97	Rubiaceae	<i>Randia aculeata</i>	L.	Arbusto	n	n
98	Rutaceae	<i>Zanthoxylum sp.</i>		Arbusto	s	s
99	Salicaceae	<i>Xylosma flexuosa</i>	(Kunth) Hemsl.	Arbusto	s	n
100	Sapindaceae	<i>Serjania grosii</i>	Schltld.	Liana	s	n
101	Solanaceae	<i>Solanum hartwegii</i>	Benth.	Arbusto	s	s
102	Thelypteridaceae	<i>Thelypteris resinifera</i>	(Desv.) Proctor	Hierba	n	n
103	Urticaceae	<i>Pilea sp.</i>		Hierba	s	n

Anexo 5: Fotografías de las actividades



Fotografías 1,2,3,4: Reconocimiento, identificación y delimitación de parcelas en las subcuencas objeto de estudio.-



Fuente: FODECYT 072-2012/FDN

Fotografías 5,6,7,8: Equipo técnico implementando los procesos de quemas controladas e Identificando las especies florísticas y forestales que se encuentran en el ecosistema de pino-encino en las subcuencas.



Fuente: FODECYT 072-2012/FDN

Fotografías 9,10,11,12: Equipo técnico identificando las especies florísticas y forestales que se encuentran en el ecosistema de pino-encino en las subcuencas.

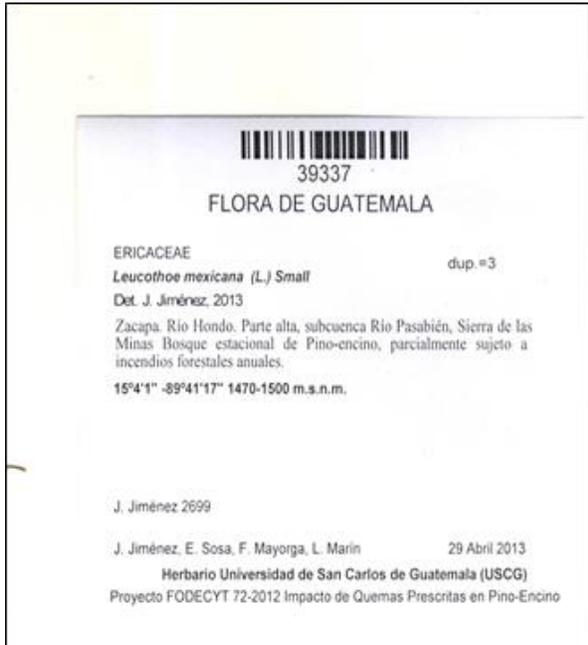


Fuente: FODECYT 072-2012/FDN

Fotografías 13,14,15,16: Rebrotos y regeneración natural después de la quema, en el bosque de pino-encino en la subcuena Río Hondo, Sierra de las Minas.- Mantenimiento de Brechas cortafuegos en Parcelas de investigación.-



Fotografías 17,18,19,20. Etiqueta de espécimen y plantas identificadas en herbario, Universidad de San Carlos de Guatemala.



Fuente: FODECYT 072-2012/FDN

Fotografías 21,22,23,24. Etiqueta de espécimen y plantas identificadas en herbario, Universidad de San Carlos de Guatemala



Fuente: FODECYT 072-2012/FDN

Fotografías 25, 26, 27, 28, 29, 30: Rebrotos y regeneración natural después de la quema, en el bosque de pino-encino en la subcuenca Río Hondo, Sierra de las Minas.- Gira de campo con estudiantes universitarios de la carrera de Ingeniería Ambiental. Universidad Rural de Guatemala.



Fuente: FODECYT 072-2012/FDN

Fotografías 31, 32, 33, 34: Equipo de Campo en actividades de recabación de muestras de suelo en el bosque de pino-encino en la subcuenca Río Hondo, Sierra de las Minas.



Fuente: FODECYT 072-2012/FDN

Fotografías 35, 36: Capacitación en prevención y control de incendios forestales dirigido a comunitarios (Teoría)



Fotografías de campo 37, 38, 39: Capacitación en elaboración de brechas y quemas controladas (Práctica)



Fotografías 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46 Divulgación de resultados de la Investigación a actores locales, instituciones de gobierno, autoridades municipales y a líderes comunitarios



Fuente: Fodecyt No. 072-2012/FDN

Fotografías 47, 48, Divulgación de resultados de la Investigación a líderes comunitarios



Fotografías 49, 50, Monitoreo de avance de los resultados del proyecto Fodecyt 072-2012



Anexo

Plan de Quemadas



**CONSEJO NACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA -CONCYT-
SECRETARIA NACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA -SENACYT-
FONDO NACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA -FONACYT-
FUNDACIÓN DEFENSORES DE LA NATURALEZA -FDN-**

**PLAN DE QUEMAS PRESCRITAS PARA LAS CUENCAS DE PASABIEN Y
RIO HONDO, RESERVA DE BIÓSFERA SIERRA DE LAS MINAS, RÍO
HONDO, ZACAPA, GUATEMALA**

PROYECTO FODECYT No. 072-2012

**Ing. Oscar Danilo Saavedra Morales
Investigador Principal**

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2014



PRESENTACIÓN

Este documento contempla una base técnica en el cual indica a través de consideraciones estratégicas y en una investigación realizada bajo diferentes criterios climáticos, topográficos y biológicos (ecosistemas) establecidos en la zona, los lineamientos a considerar para la realización y ejecución de un Plan de Quemas Prescritas para las subcuencas Río Hondo y Pasabién.

En cuanto a las consideraciones climáticas de establecen parámetros de temperatura, humedad relativa y velocidad del viento, en condiciones topográficas se determinan criterios principalmente de pendiente, en el componente biótico se consideraron aquellos ecosistemas en los cuales a través de otras investigaciones realizadas a nivel nacional e internacional bajo la modalidad de Manejo Integral del Fuego, en el cual The Natura Conservancy establece cuatro categorías de acciones de manejo del fuego dentro de áreas de conservación, las cuales son: ecosistemas independientes del fuego, dependientes del fuego, sensibles al fuego e influidos por el fuego.

Considerando esto y a través de la investigación realizada se ha podido determinar que en la zona existen ecosistemas de pino-encino los cuales se encuentran dentro de la categoría de ecosistemas dependientes del fuego, los cuales donde el fuego es esencial y las especies han desarrollado adaptaciones para responder positivamente al fuego y facilitar su propagación, es decir, la vegetación es inflamable y propensa al fuego. A estos ecosistemas a menudo se les ha denominado adaptados al fuego o mantenidos por el fuego, dado a la gran capacidad de adaptación y propagación a las altas temperaturas generadas por el fuego, lo cual se ha podido observar y demostrar a través de la investigación realizada en el área de interés.

El presente plan busca establecer tanto objetivos como metas cuantitativas y cualitativas, en donde se pueda medir claramente un parámetro de área a quemar durante cada periodo durante la época de prevención de incendios, mientras que, en un proceso cualitativo se considera la preservación del ecosistema en un entorno ecológico y ambiental, pudiendo de esta manera asegurar la preservación de los procesos químicos y biológicos que se desarrollan dentro de estos ecosistemas.

Esta es una línea base en el cual se pretende establecer un proceso metodológico y modelo para su aplicación en las demás subcuencas que se encuentran dentro de Sierra de las Minas y que presentan la problemática de los incendios forestales, pudiendo así establecer un nuevo mecanismo de mitigación de la incidencia y magnitud de los incendios forestales dentro de la zona núcleo de la Reserva de Biosfera Sierra de las Minas y asegurar

la viabilidad de los ecosistemas sensibles al fuego que abastecen a través de las zonas de recarga hídrica de cada una de las subcuencas.

CARACTERISTICAS Y DIAGNOSTICO DEL SITIO

Físicas

Las características específicas en cuando a ubicación, clima, suelos y ecosistemas de las subcuencas, la definen como un sitio piloto muy adecuado para el desarrollo de esta práctica que generará nuevas formas de manejo sostenible. Su ubicación en diversas zonas de vida, indica una variación de altura bastante fuerte, lo cual influye en su conformación de fauna y flora. Por consiguiente las actividades de manejo y uso del fuego en la elaboración de quemas controladas debe adecuarse a sus características de cada ecosistema, tal es el caso en condiciones cuando se trate de un bosque completamente de coníferas o un bosque mixto con mayor presencia de latifoliadas.

Ubicación del área:

Las subcuencas Río Hondo y Pasabién se encuentran ubicadas al sur de la Reserva de Biosfera Sierra de las Minas, pertenecientes al municipio de Río Hondo del departamento de Zacapa, formando parte de la región nor-oriental del país de Guatemala.

Estas colindan con las subcuencas río Jones hacia el oriente y con la subcuenca Teculután hacia el poniente, siendo límites entre el departamento de Zacapa y Alta Verapaz, formando parte de una de las áreas protegidas más importantes del país.

Topografía

Las subcuencas Río Hondo y Pasabién son áreas con condiciones y características topográficas con mucha similitud, su relieve se denomina totalmente quebrado, en cuanto a la clasificación realizada a través de procesamiento de sistemas de información geográfica corresponde una variación de pendiente que va de <4% a rangos mayores del 32%.

Hidrología

Estas dos áreas se encuentran ubicadas dentro de la vertiente del atlántico, las cuales en base a su clasificación forman parte de la cuenca del río Motagua. Dentro del bosque se pueden contabilizar corrientes de agua permanente que son de gran valor e importancia para el abastecimiento de las comunidades y permanencia del caudal hídrico de dichas áreas. Sus condiciones de bosque con gran capacidad de retención de la recarga hídrica crean condiciones adecuadas para que la escorrentía superficial y subterránea contenga muy buena regulación, lo cual permite que el fluido líquido permanezca durante todo el año, pudiendo así asegurar la conservación de la biodiversidad que se encuentra en la zona.

Clima

Las características climáticas de la región están dadas en temperaturas que oscilan hasta los 42°C con altitudes promedio de 900msnm aproximadamente, así también, en las partes altas se pueden presentar temperaturas que oscilan hasta una temperatura menos a los 10°C.

Sus altas temperaturas y condiciones climáticas que se presentan en los meses de febrero al mes de abril son fuente principal para propiciar los incendios forestales con mayor severidad, lo que hace que sea una zona con gran impacto ambiental a causa de los incendios forestales.

Zonas de Vida

Sus condiciones climáticas varían en función de sus características topográficas y en función a la zona de vida que atraviesa, considerando que en función a las condiciones y características que presenta cada zona de vida. En el área se puede observar 5 diferentes zonas de vida, las cuales se encuentran muy marcadas en base a los rangos altitudinales que se encuentran en sus recorridos. Sus características varían drásticamente en función a sus condiciones, lo que crean ambientes muy agradables y con buen desarrollo vegetal, asegurando de esta manera la conservación de la biodiversidad de demás recursos naturales de la zona.

Dentro de los tres ecosistemas identificados, existen especies forestales y arbustivas que pueden considerarse sensibles y adaptables al fuego, las identificadas se presentan a continuación:

Cuadro No. 1: Especies sensibles y adaptables al régimen del fuego.

Especies	Dependiente	Independiente	Sensible
Encinos (<i>Quercus</i>)	X		
Pino <i>maximinoi</i>	X		
Pino <i>oocarpa</i>	X		
Pasto jaragua	X		
Flores de la región	x		
Arbustos secundarios		X	
Acacias		X	

Características de Combustibles

El régimen del fuego es influenciado por la cantidad de combustible presente en un área y su disposición está dada por las condiciones climáticas del área (Gómez Garlos. 2009). Definitivamente es difícil poder influir en el clima, pero la cantidad de combustible puede ser manejable y controlable en base a una planificación bien establecida.

Clasificación de combustibles.

El combustible tiene diferentes formas para ser clasificado, por lo cual para el presente plan y basándose en estudios realizados en áreas con características muy similares a esta zona, los cuales se describen a continuación:

- a. Acículas y hojarasca
- b. Ramillas
- c. Ramas medianas
- d. Ramas gruesas
- e. Troncos
- f. Conos
- g. Broza

Comportamiento del Fuego

Frecuencia de incendios forestales

Los incendios forestales en las subcuencas Río Hondo y Pasabién con una constante amenaza presente cada año, oficialmente en el área se cuentan con registros a partir del año 2008, lo cual ha permitido poder determinar la gran ocurrencia que estos frecuentan cada año, ocasionando grandes perjuicios en el deterioro de los recursos naturales.

La ocurrencia de los incendios forestales en dichas subcuencas varían en función de la intensidad que estos tengan, ya que la frecuencia en cuanto al número de incendios ocurridos en cada año varían cada año, sin embargo esto nos demuestra a través de un historial muy amplio que la magnitud y el área afectada por los mismos no es significativamente variable.

PLAN ESTRATEGICO DE QUEMAS PRESCRITAS

Dentro del marco de planificación para la elaboración de las quemas prescritas se establece una línea de procesos técnicos a considerar para poder dar inicio al plan operativo el cual se describirá seguidamente.

Las consideraciones establecidas y retomadas para la elaboración de este plan de quemas se base en la investigación realizada en las subcuencas Río Hondo y Pasabién, en la cual se determinaron parámetros de temperatura, altitud, clima y tipo de ecosistema, lo cual nos permitió poder para obtener resultados y conclusiones claras sobre los diferentes procesos que se deben de establecer para el desarrollo de quemas prescritas como medio de prevención y mitigación de incendios forestales en los ecosistemas de bosque pino-encino en las subcuencas Río Hondo y Pasabién.

Objetivo General:

Impulsar manejo integral del fuego a través de la implementación de quemas prescritas (quemas controladas) para la recuperación, manejo y conservación de ecosistemas dependientes del fuego en las subcuencas Río Hondo y Pasabién.

Objetivos Específicos:

- Establecer un mecanismo pertinente para el buen uso y manejo del fuego en áreas críticas por incendios forestales en los ecosistemas de pino-encino.
- Establecer una línea base que permita evaluar el comportamiento de desarrollo y recuperación de ecosistemas en las subcuencas Río Hondo y Pasabién.
- Incorporar acciones de manejo y uso del fuego en las actividades de las poblaciones locales para propiciar la prevención y combate de incendios forestales y el uso del fuego para manejo de hábitat e investigación ecológica.

líneas de acción

Las líneas de acción han sido establecidas en base a los componentes estratégicos descritos, por lo cual el plan á integrado la elaboración de quemas prescritas que buscará ejecutar en un periodo de 3 años, una serie de acciones que permitan el alcance de los objetivos planteados; las acciones se describen a continuación:

Organización

En este componente se busca establecer la participación de los grupos organizados que se encuentren dentro de las subcuencas establecidas, entidades privadas, organizaciones no

gubernamentales, autoridades municipales y toda aquella que sea beneficiada y relacionada a los ecosistemas de la zona, en tal sentido que sean parte de:

- La toma de decisiones,
- La gestión interinstitucional de apoyo financiero
- La ejecución de operaciones de manejo y uso del fuego, y
- La evaluación del plan integrado del uso del fuego.

INSTITUCIÓN COMUNIDAD	ROL	RESPONSABILIDAD	ENCARGADO
Municipalidad de Río Hondo	Gestión financiera	Participación activa dentro de la toma de decisiones y evaluación del plan.	UGAM
SIPECIF-CONAP	Incorporación del MIF a su planificación institucional	Participación activa en la toma de decisiones en la ejecución de actividades. Apoyo logístico, capacitación y educación.	Delegado SIPECIF y Técnico CONAP
FDN	Dirección y coordinación de actividades y Plan de Quemadas Prescritas	Administración del recurso humano, participación en la toma de decisiones, ejecución y evaluación del plan.	Distrito Motagua, FDN
Entidades Privadas, COCODE's y Grupos Organizados	Participación activa en la planificación y seguimiento a actividades del plan	Ser parte activa dentro de plan, evaluación de resultados y apoyo en la detección y vigilancia de incendios forestales	Representantes legales y presidentes de organizaciones.

Socialización:

El Plan de Quemadas Prescritas forma parte generalmente de los planes de prevención de incendios forestales dentro de las subcuencas que se encuentran dentro de la Sierra de las Minas como componentes de prevención de incendios forestales, en donde se establecen prácticas de educación y concientización comunitaria, estudiantil y sociedad en general, con el objeto de tener una mayor participación de las personas y posible involucramiento de instituciones privadas y organizaciones gubernamentales. Es por ello que dentro de este componente se determina establecer dos procesos de socialización a través de programas de divulgación y concientización ambiental con un enfoque educativo hacia los diferentes sectores sociales que se encuentran en la zona.

1. Concientización Comunitaria

Como parte de las líneas de socialización se establece que existe la necesidad de realizar reuniones a nivel comunitario, en donde se pueda dar a conocer la intencionalidad del presente plan y buscar el apoyo de la mayor cantidad posible de personas.

Las charlas de concientización a nivel escolar también forman parte de este proceso, considerando que son un elemento básico, pues debe hacerse ver a los niños y adolescentes las dos caras del fuego y la importancia que este presenta para la conservación de los ecosistemas.

2. Divulgación y comunicación

Esta quedará a cargo de los grupos organizacionales del plan, los cuales divulgarán e informarán de las actividades programadas y realizadas a sus diferentes comunidades, para que puedan tener mayor conocimiento de los beneficios e impactos que ejercen las quemadas controladas hacia los ecosistemas de la zona. Será importante la gestión de material divulgativo, para poder dar a conocer de mejor forma las prácticas que se desarrollarán dentro de las dos subcuencas, para que no exista confusión entre las personas en cuanto al rol ecológico que trae el uso del fuego en dichos ecosistemas.

Las actividades de divulgación y comunicación se enfocarán en:

- Campañas de divulgación de resultados obtenidos en procesos de investigación sobre el uso del fuego en ecosistemas de pino-encino.
- Gestión de afiche, calendarios, vallas publicitarias, mantas vinílicas y folletos escolares que apoyen a la divulgación del Manejo Integral del Fuego.
- Gestión de campañas de divulgación por medio de spot televisivos.
- Promoción en todas las comunidades sobre el manejo integrado del fuego.

PLAN OPERATIVO DE QUEMAS PRESCRITAS

Dentro de este marco se encuentran los lineamientos técnicos, ecológicos y ambientales a considerar para poder desarrollar y ejecutar las operaciones de elaboración de quemas prescritas. Este nos indica los procesos metodológicos y adecuados para poder ejecutar las quemas prescritas, que van desde la planificación de ejecución hasta el desarrollo final de las mismas.

Los lineamientos y parámetros establecidos dentro de este marco, se basan en indicadores tomados en base a resultados de la investigación desarrollada y mecanismos técnicos establecidos en la *Guía de para la Realización de Quemias Prescritas* elaborado por Todd S. Fredericksen y Deborah Kennard a través del proyecto de Manejo Forestal Sostenible en el año 1999.

Organización y Equipamiento de los grupos de trabajo.

Para la ejecución del presente plan, se cuenta con el equipo y herramienta perteneciente a la Fundación Defensores de la Naturaleza, la cual cuenta con el equipo siguiente: técnicos y guarda recursos, computadoras, vehículos, GPS, bombas de mochila, gafas, guantes, mascarillas, Herramientas: mclauds, pulaski, matafuego, cascos, azadones, machetes, entre otras herramientas más, las cuales estarán dispuestas para las cuadrillas de la misma entidad y la municipalidad de Río Hondo; así también en dado caso existiera la participación voluntaria por parte de las comunidades se brindará apoyo en forma de préstamo por parte de la fundación. Por otra parte la cuadrilla brindada por SIPECIF cuenta con sus equipos y herramientas para la ejecución de las actividades pertinentes que se desarrollen en el área.

Como parte del plan de quemias es básico contar con una cuadrilla que como mínimo contenga 8 bomberos forestales, los cuales estando equipados y capacitados, llevarán a cabo las actividades directamente en campo.

Operación de Manejo y Uso del Fuego

Las operaciones de manejo y uso del fuego hasta la fecha han sido liderados y manejados por cuadrillas de la Fundación Defensores de la Naturaleza, en colaboración con algunas entidades privadas y gubernamentales.

Logrando la organización establecida en el cuadro anteriormente visto, obteniendo la voluntad de las comunidades para colaborar en actividades de uso y manejo del fuego en sus procesos agrícolas y ganaderos, se estima realizar las operaciones de la siguiente forma:

Consideraciones del tipo de quema:

Para determinar qué tipo de quema utilizar, es importante considerar varios puntos. Se deben tomar en cuenta los objetivos, la cantidad y distribución de la materia combustible, la topografía y el clima para decidir el tipo o la combinación de tipos de técnicas de quema que se utilizarán. Las técnicas de quema con menor intensidad, tales como las de avance o retroceso. Las quemas de retroceso se desplazan más lentamente, queman la materia combustible de forma más eficiente y producen menos humo que las quemas de avance. Por lo tanto, en lugares con vegetación tupida y grandes cantidades de materia combustible, las quemas de retroceso serán más fáciles de controlar y eliminarán la materia combustible de modo más eficiente.

La intensidad del fuego tiende a incrementarse con el tiempo transcurrido desde su inicio, de modo que será riesgoso dejar que una quema de retroceso arda de un extremo a otro, con sólo un rompe fuego en el lado más alejado de la parcela.

Comportamiento del fuego

Es importante entender el comportamiento del fuego para lograr quemas eficientes y evitar su escape. Los tres factores más importantes para determinar el comportamiento del fuego son las características de la materia combustible, el clima y la topografía (USDA 1989).

Tal como se señala en la anterior sección, el desplazamiento y comportamiento del fuego están controlados por la cantidad y composición de la materia combustible y la dirección y velocidad de los vientos prevalecientes. Lógicamente, el fuego arderá con mayor intensidad en las áreas que contienen materia combustible más seca o en mayor cantidad.

Las características de la materia combustible que influyen en el comportamiento del fuego son: carga, tamaño y forma, disposición, estado de compactación, continuidad horizontal y vertical, y humedad de la materia combustible.

- *Carga de materia combustible:* Este término se refiere a la cantidad de materia combustible disponible para la quema, medida en kg/m². En general, a mayor disponibilidad de materia combustible, mayor la intensidad del fuego.

- *Tamaño y forma de la materia combustible:* La materia combustible, generalmente, se agrupa en categorías basadas en su proporción superficie a volumen. La materia combustible fina, tal como pastos y hojas, tiene proporciones muy altas, mientras que la materia combustible de mayor tamaño, tal como ramas grandes y troncos, tiene proporciones menores. La materia fina es más fácil de encender y transporta el fuego, mientras que la materia de mayor tamaño requiere más energía para encenderse y mantiene el fuego.
- *Estado de compactación de la materia combustible:* A mayor compactación de la materia combustible (menor espacio de aire dentro de la capa de material), mayor dificultad para encender el fuego y suprimirlo una vez que se ha iniciado.
- *Distribución de la materia combustible:* La materia combustible puede estar dispuesta de forma horizontal o vertical. El patrón de quema, generalmente, se puede predecir según la continuidad horizontal de la materia combustible que se encuentra en el suelo; la materia dispersa causa quemas dispersas. La materia orientada verticalmente se quema más rápidamente que la dispuesta de forma horizontal.
- *Humedad de la materia combustible:* La humedad de la materia combustible influye en el modo en que ésta arde. Cuando la materia combustible fina alcanza un 30% de humedad, el fuego tiende a arder lenta e irregularmente, mientras que la quema de esta misma cuando la humedad es inferior al 6% puede causar daños a las raíces y el suelo. La humedad ideal para la materia fina es de 5 a 15%.

Algunos de los aspectos más importantes del clima que afectan el comportamiento del fuego son la velocidad del viento y la humedad relativa.

- *Viento:* Las quemas controladas se comportan de manera pronosticable cuando la velocidad y dirección del viento son constantes. Las ráfagas y cambios de dirección del viento pueden alterar la intensidad del viento y/o la posibilidad de que el fuego se propague a otras áreas, ubicadas fuera de la zona de quema controlada. Las quemas de retroceso pueden convertirse, instantáneamente, en quemas de avance con resultados opuestos a los inicialmente planificados.
- *Humedad relativa:* Cuando la humedad relativa desciende a menos del 30%, las condiciones se tornan peligrosas, incrementándose la posibilidad de que se produzcan fuegos aislados al otro lado de las líneas de fuego, mientras que si ésta es superior al 60%, las quemas se hacen dispersas e incompletas. La humedad relativa ideal para las quemas controladas oscila entre el 30 y 60%.

La topografía influye en el movimiento del viento y tiene un papel importante en el comportamiento del fuego. El viento tiende a soplar con mayor rapidez cuesta arriba durante el día. Las personas que realicen quemas controladas en pendientes pronunciadas deberán tomar las precauciones necesarias y saber que el fuego se propaga más rápido en dicha dirección.

Preparación Previa a las Quemadas

Una vez que se ha decidido utilizar quemadas controladas, es necesario efectuar preparaciones con bastante anticipación al inicio de éstas. El grado de preparación para la quemada dependerá de la superficie y topografía del área a quemarse, las condiciones climáticas prevalecientes, y las cantidades, disposición y contenido de humedad de la materia combustible de cada sitio.

Para ello se establece e indican los procesos estratégicos a desarrollar directamente en campo, lo cual se basa principalmente en lineamientos tomados para la realización de la investigación desarrollada y la Guía de Elaboración de Quemadas Prescritas. Estos lineamientos son:

1. **Construcción de Brechas Cortafuego y Delimitación de las Áreas a ser Quemadas:** se basa en la elaboración de una brecha en la cual se deberá de remover la broza o combustible acumulado en el contorno del área a quemar. Este proceso conlleva un minucioso trabajo de remoción en tal forma que deberá quedar solamente el suelo mineral, removiendo así mismo troncos y árboles caídos que puedan ejercer un canal de conducción del fuego a través de los mismos a las áreas fuera de la quemada. La elaboración de las brechas no solamente se basa en la remoción del combustible, si no también, en las áreas de ladera con pendientes más elevadas en la parte baja de la misma se deberá construir un canal de retención de focos rodantes que puedan trasladar el fuego a las partes bajas, lo cual permitirá tener una mayor seguridad sobre los bomberos forestales. Según Smith, no recomienda quemar más de 20 hectáreas por día o permitir que el fuego arda con intensidad por más de 10 horas. El ancho de las brechas cortafuego variará según la intensidad esperada de las llamas, en los casos en que la acumulación de materia combustible sea baja y no exista “combustible-escaleta” es una línea de fuego, será suficiente preparar barreras de 1 a 2 metros de ancho; en otras condiciones con mayor presencia de material combustible, las barreras deberán tener un ancho de 3-5 metros.

2. Preparación de las cargas de Material Combustible

La intensidad y el grado de plenitud de las quemas están determinados por la cantidad, tamaño, disposición y contenido de humedad de la materia combustible. Si el área quemada carece de materia combustible seca, será necesario cortar más vegetación para la propagación del fuego.

La adición de la vegetación cortada para la formación de barreras corta fuego, aportará al aumento de las cargas de materia combustible. Aún con suficiente materia combustible acumulada, será necesario esperar tres o más meses después del aprovechamiento, para que la materia más gruesa esté suficientemente seca como para quemarse. Cuanto mayor sea el período de secado después de la corta, mayor serán la intensidad y el grado de plenitud de las quemas.

Realización de las quemas

Para la realización de las quemas prescritas se deberán de tomar en consideración una serie de criterios técnicos, los cuales son sumamente básicos para obtener buenos resultados y alcanzar con los objetivos y metas planteadas.

1. *Precipitación y humedad relativa:* Las quemas se pueden llevar a cabo a los pocos días de una lluvia, dependiendo del nivel de asoleamiento posterior, la cantidad de precipitación y la humedad relativa. Tal como se menciona anteriormente, la humedad relativa deberá fluctuar idealmente entre un 30 y 60% en base a los parámetros utilizados durante el proceso de investigación desarrollada.
El margen de la humedad del aire, la material combustible deberá estar suficientemente seca como para transmitir el fuego (5-15%).
2. *Velocidad del viento:* como consideración técnica y básica para la elaboración de una quema prescrita, la velocidad del y juega un papel importante en el comportamiento del fuego. Se recomienda que las quemas e efectúen dentro del rango de viento que oscile entre los 5 y 15 km/h. cuando estas velocidades de viento se desarrollan en las primeras horas de las mañana, entre las 6 y 10 a.m.
3. *Inspección previa a la realización de la quema:* retomando que las condiciones sean apropiadas para la quema, el encargado de cuadrilla deberá realizar una inspección del área a ser quemada. Esta inspección se basa en la revisión de las brechas cortafuego, problemas potenciales con troncos que puedan tener conexión a través de las brechas líneas de fuego, y otros peligros.
4. *Inicio de la Quema:* Generalmente y través de resultados obtenidos en la investigación se enciende con un mechero en las zonas establecidas como línea de fuego, la cual varía de acuerdo a tipo de quema a realizar. Dependiendo de la

extensión de la línea de fuego, una o más personas se desplazaran a lo largo de esta. Si el material combustible es escaso, es aconsejable entrar dentro del área quemada para asegurar la continuidad del fuego.

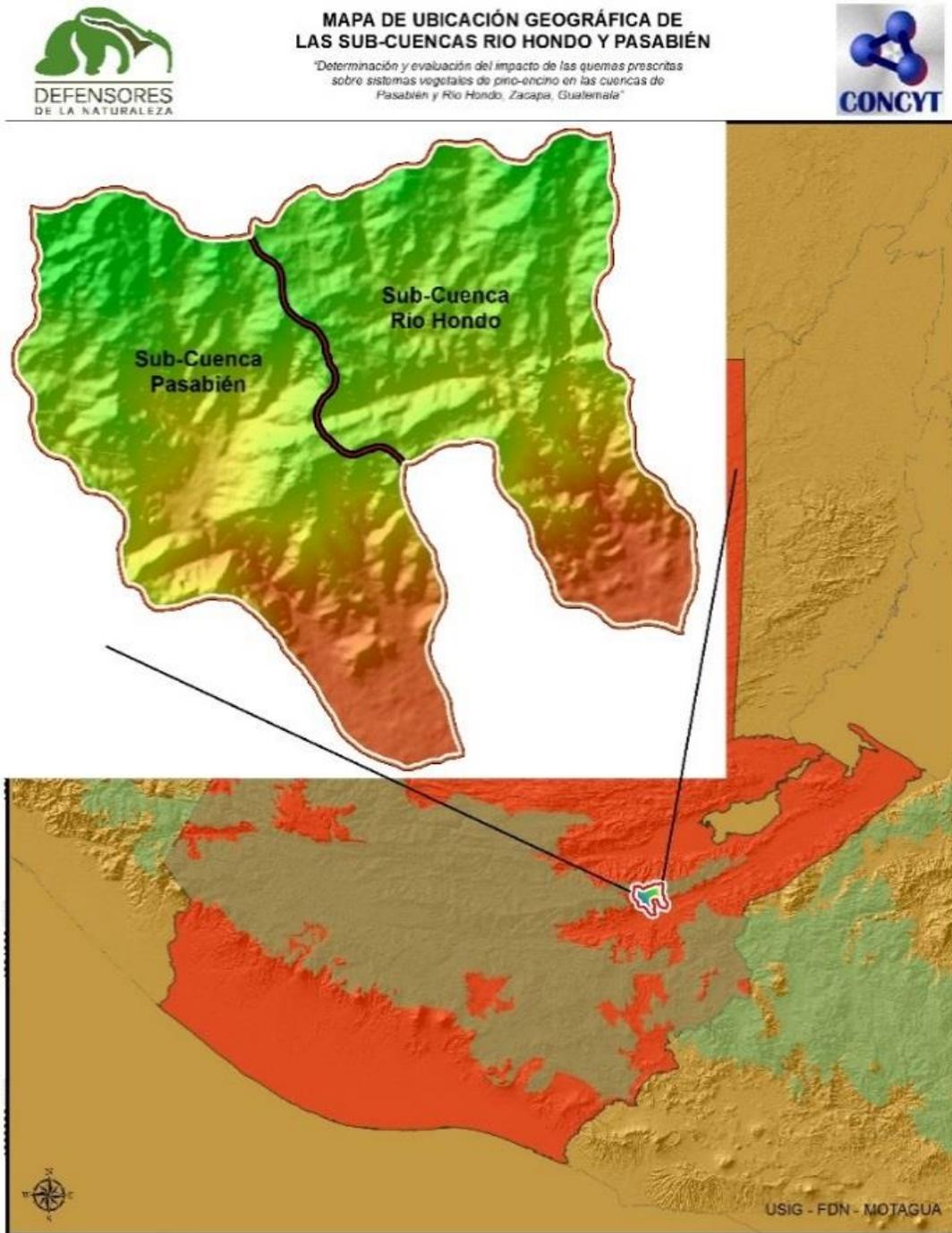
5. *Vigilancia y Finalización de la Quemada*: Después de iniciado el fuego, se deberá de apagar los mecheros de ignición para evitar que los bomberos forestales tengan un accidente. Se deberá distribuir la cuadrilla hacia la línea de fuego para vigilar el desplazamiento del fuego, extinguir las brasas que caigan más allá de las brechas cortafuego y alertar a otros trabajadores en caso de emergencia.
6. *Evaluación de las Quemadas*: Las quemadas controladas son funcionales solamente si se producen los resultados deseados, por lo tanto el monitoreo de las mismas determinará si se cumplieron los objetivos, y tiene tanta importancia como los pasos anteriormente descritos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

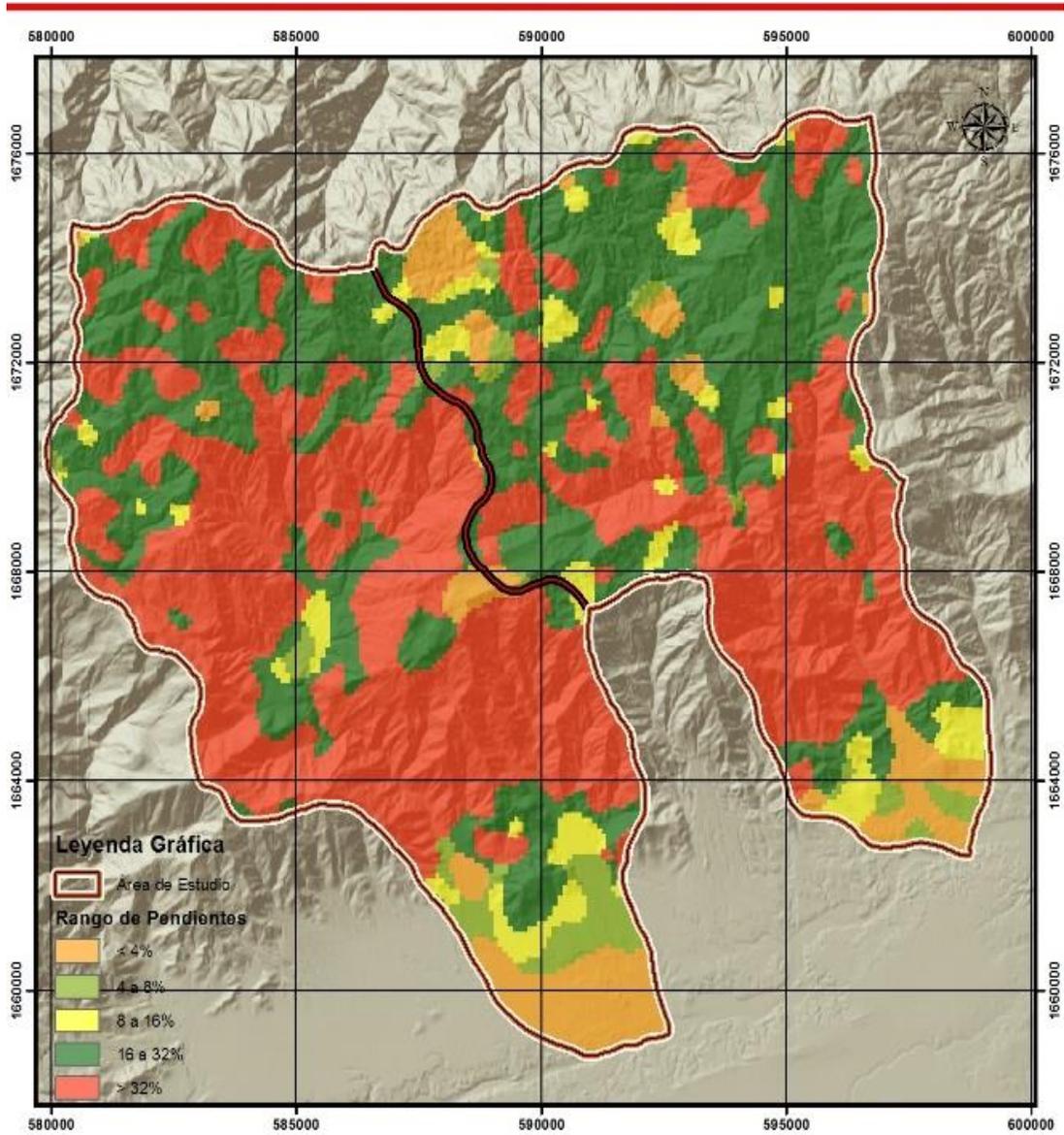
1. Fundación Defensores de la Naturaleza. 2014. Plan de Manejo Integrado en el Uso del Fuego a Través de Quemadas Prescritas.
2. Todd S. Fredericksen y Deborah Kennard. 1999. Guía para la Realización de Quemadas Controladas.
3. Myers, Ronald. 2006. Manteniendo los Ecosistemas y los Medios de subsistencia mediante el Manejo Integral del Fuego.

ANEXOS

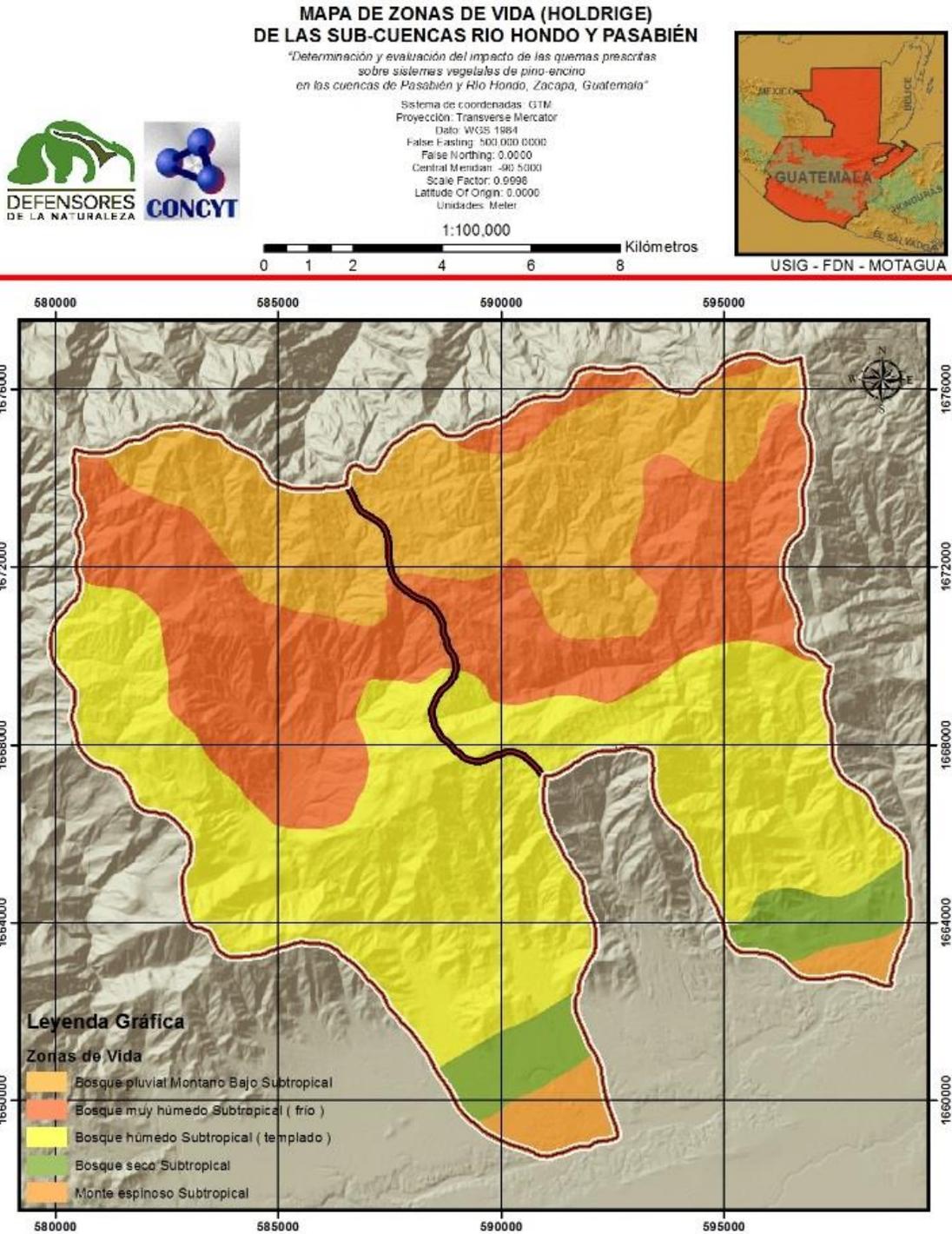
Anexo 1: *Mapa de Ubicación Geográfica de las subcuencas Río Hondo y Pasabién, Reserva de Biósfera Sierra de las Minas*



Anexo 2: Mapa de pendientes de las subcuencas Río Hondo y Pasabién, Reserva de Biósfera Sierra de las Minas



Anexo 4: *Mapa de Zonas de Vida de las subcuencas Río Hondo y Pasabién, Reserva de Biósfera Sierra de las Minas*



Anexo 5: Mapa de la Incidencia de Incendios Forestales en las subcuencas Río Hondo y Pasabién, Reserva de Biósfera Sierra de las Minas.

MAPA DE INCIDENCIA DE INCENDIOS FORESTALES EN LAS SUB-CUENCAS RIO HONDO Y PASABIÉN 2003-2012

"Determinación y evaluación del impacto de las quemadas prescritas sobre sistemas vegetales de pino-encino en las cuencas de Pasabién y Río Hondo, Zacapa, Guatemala"



Sistema de coordenadas: GTM
Proyección: Transverse Mercator
Datum: WGS 1984
False Easting: 500,000,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: -90,5000
Scale Factor: 0,9998
Latitude Of Origin: 0,0000
Unidades: Meter
Escala 1:100,000



USIG - FDN - MOTAGUA

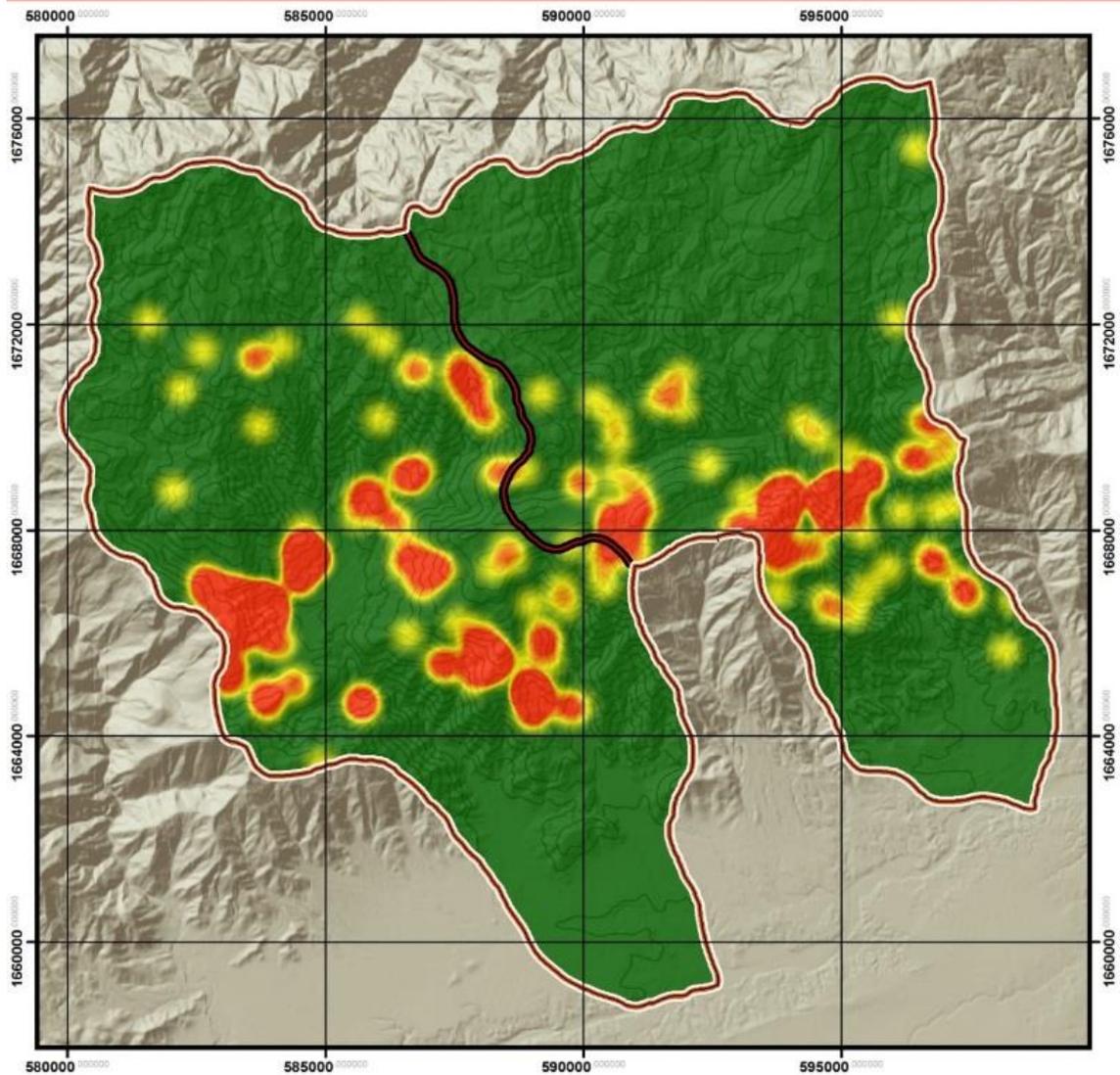


Figura No. 1: *Bombero Forestal utilizando herramienta y equipo adecuado en la realización de una quema prescrita en las subcuencas Río Hondo y Pasabién, Sierra de las Minas.*



Figura No. 2: *Visualización de una quema prescrita en las subcuencas Río Hondo y Pasabién, Sierra de las Minas. Se observa las condiciones climáticas y topográficas favorables, así como la técnica utilizada.*



PARTE V

V.1 INFORME FINANCIERO

							AD-R-0013		
FICHA DE EJECUCIÓN PRESUPUESTARIA									
LINEA:									
FODECYT									
Nombre del Proyecto:			"Determinación y evaluación del impacto de las quemas prescritas sobre Sistemas Vegetales de Pino-Encino en las Cuencas de Pasabién y Río Hondo, Zacapa, Guatemala"						
Numero del Proyecto:			072-2012						
Investigador Principal y/o Responsable del Proyecto:			ING. OSCAR DANILLO SAAVEDRA MORALES						
Monto Autorizado:			Q230,500.00		Orden de Inicio (y/o Fecha primer p				01/02/2013
Plazo en meses			18 meses						
Fecha de Inicio y Finalización:			01/02/2013 al 31/07/2014						
Grupo	Reglon	Nombre del Gasto	Asignacion Presupuestaria	TRANSFERENCIA		Ejecutado	Pendiente de Ejecutar		
				Menos (-)	Mas (+)				
0		SERVICIOS PERSONALES							
	035	Retribuciones a destajo	Q 15,000.00			Q 14,994.00	Q 6.00		
1		SERVICIOS NO PERSONALES							
	122	Impresión, encuadernación y reproducción	Q 5,000.00				Q 5,000.00		
	133	Viáticos en el interior	Q 15,000.00			Q 14,990.00	Q 10.00		
	181	Estudios, investigaciones y proyectos de factibilidad	Q 126,000.00			Q 126,000.00	Q -		
	185	Servicios de capacitación	Q 20,000.00			Q 20,000.00	Q -		
	189	Otros estudios y/o servicios: evaluación extena de impacto	Q 8,000.00				Q 8,000.00		
2		MATERIALES Y SUMINISTROS							
	215	Productos agroforestales para comercialización			Q 800.00	Q 800.00	Q -		
	233	Prendas de Vestir			Q 900.00	Q 830.00	Q 70.00		
	241	Papel de escritorio	Q 500.00			Q 500.00	Q -		
	242	Papeles comerciales, cartones y otros	Q 1,500.00	Q 438.00		Q 1,050.00	Q 12.00		
	243	Productos de papel o cartón	Q 1,500.00			Q 1,491.90	Q 8.10		
	244	Productos de artes gráficas	Q 1,500.00			Q 1,406.40	Q 93.60		
	245	Libros, revistas y periódicos	Q 2,000.00	Q 900.00			Q 1,100.00		
	261	Elementos y compuestos químicos	Q 1,000.00	Q 551.70		Q 173.80	Q 274.50		
	262	Combustibles y lubricantes	Q 18,000.00			Q 17,850.00	Q 150.00		
	263	Abonos y fertilizantes	Q 1,500.00			Q 1,495.00	Q 5.00		
	267	Tintes, pinturas y colorantes	Q 1,000.00		Q 380.00	Q 1,380.00	Q -		
	268	Productos plásticos, nylon, vinil y pvc	Q 2,000.00			Q 1,983.40	Q 16.60		
	286	Herramientas menores	Q 2,000.00			Q 2,000.00	Q -		
	291	Útiles de oficina	Q 500.00		Q 289.70	Q 789.70	Q -		
	294	Útiles deportivos y recreativos			Q 700.00	Q 700.00	Q -		
	297	Útiles, accesorios y materiales eléctricos			Q 400.00	Q 392.25	Q 7.75		
	299	Otros materiales y suministros	Q 2,500.00	Q 1,580.00		Q 670.14	Q 249.86		
3		PROPIEDAD, PLANTA, EQUIPO E INTANGIBLES							
	323	Equipo médico-sanitario y de laboratorio	Q 6,000.00			Q 3,440.60	Q 2,559.40		
		GASTOS DE ADMÓN. (10%)							
			Q 230,500.00	Q 3,469.70	Q 3,469.70	Q 212,937.19	Q 17,562.81		
		MONTO AUTORIZADO	Q 230,500.00			Disponibilidad	Q 17,562.81		
	(-)	EJECUTADO	Q 212,937.19						
		SUBTOTAL	Q 17,562.81						
	(-)	CAJA CHICA	Q -						
		TOTAL POR EJECUTAR	Q 17,562.81						