

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

DIVISIÓN DE CIENCIAS FORESTALES

**MANEJO COMUNITARIO Y ADAPTATIVO DEL FUEGO
ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO GLOBAL
EN LA RESERVA LA SEPULTURA**

TESIS

QUE COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS EN CIENCIAS FORESTALES PRESENTA:

VICTORIA PANTOJA CAMPA



Chapingo, Estado de México, julio de 2013.



Manejo comunitario y adaptativo del fuego ante el cambio climático global en la Reserva La Sepultura.

Tesis realizada por Victoria Pantoja Campa bajo la dirección del Comité Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN CIENCIAS FORESTALES

DIRECTOR: _____

Dr. Dante Arturo Rodríguez Trejo

CODIRECTORA: _____

Dra. Elizabeth Hernández Acosta

ASESORA: _____

Dra. María Virginia González-Santiago

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), porque gracias a la beca me fue posible cursar la Maestría y desarrollar el proyecto de investigación.

A la Universidad Autónoma Chapingo y a la DICIFO, por ser un espacio que permite el crecimiento.

Al Proyecto Ajusco de la UACH sobre ecología del fuego, manejo del fuego y restauración de áreas incendiadas.

Un reconocimiento especial al Departamento de Suelos de la UACH por continuar siendo un espacio de aprendizaje en esta etapa.

A la IAWF (International Association of Wildland Fire) porque, al otorgarme la *Wildland Fire Scholarship 2011*, mejoró las condiciones de trabajo y pudieron alcanzarse las metas establecidas en el trabajo de campo.

A la Reserva de la Biosfera la Sepultura – Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, porque facilitaron las condiciones para desarrollar el trabajo de campo, especialmente al Biól. Alexser Vázquez Vázquez y al Téc. José Domingo Cruz López.

Al Ing. Sergio García Murillo, a la M. en C. Laura Ponce, al Ing. Ricardo Ayala y a la Lic. María Luisa Mora Vicencio, de la Comisión Nacional Forestal, Gerencia estatal de Chiapas de la – Comisión Nacional de Incendios Forestales, por el equipo facilitado para el muestreo de suelos y por las atenciones a la solicitud de información.

A Don Joaquín –Comisariado ejidal de Valle de Corzo-, a Don Abraham Hernández - Comisariado ejidal de Corazón del Valle- , a Don Sixto Pinacho Posadas y a Don Jorge Gil, que su apoyo fue fundamental para que el proyecto alcanzará sus metas. Un

agradecimiento especial a la Sra. Artemia Posadas y a la Sra. Virginia por todo el apoyo ofrecido en el trabajo de campo.

Al Dr. Dante Arturo Rodríguez Trejo por su paciencia, por la orientación que tuvo hacia mi trabajo y especialmente por la apertura que tiene hacia maneras alternativas de atender la problemática del manejo del fuego.

A la Dra. Elizabeth Hernández Acosta por la confianza, por ser una guía oportuna, por su capacidad de escucha, por compartir sus conocimientos y por su acompañamiento constante.

A la Dra. María Virginia González Santiago, porque todo el tiempo me escuchó, me orientó, me compartió lecturas y pláticas que permitieron que el componente social tuviera una mejor planeación y que el trabajo en comunidad se hiciera de una manera más eficiente.

Al M. en C. Juan Juárez y al Dr. Gustavo Arévalo Galarza por todo el apoyo, la orientación y las facilidades otorgadas.

A Don Gerardo Mendoza, por todas sus atenciones en el préstamo y preparación de materiales para la fase de campo.

DEDICATORIA

En primer lugar dedico mi tesis a Gabriel Durán Férman, porque con amor y paciencia me ha acompañado en el camino que seguí para concluir esta meta.

A María Luisa Campa Hidalgo y a José Gabino Pantoja Moreno, mis padres, porque con su amor y ejemplo me han mostrado las virtudes que orientan mi vida.

A Ana Luisa, a Ana Laura, a Luis Manuel, a Rosario, a Gabriela Angélica y a Carmen por el cariño, por la solidaridad y por todos los momentos buenos que hemos pasado. A mis sobrinos, que son mis soles: Gabrielita, Fernando, Daniel, Bianca, Emiliano y Daniela.

A todas las mujeres que me han acompañado en sororidad en estos momentos de mi vida: Verónica Ruíz Olivares, Zuriñe Durán Mecatí, Noemi Vega, Lorena Sánchez (Quelore), Norma Benítez, Yamileth Fonseca Cerna, Lucy Cañiza, María Luisa Morales Vicenzio y a Rosa Anabey Mayorga Chávez. Todas ellas me ayudaron a recordar la mujer que soy y a disfrutar de la sinergia que ocurre cuando nos juntamos.

En lo personal quiero dedicar esta tesis al Dr. Ronald L. Myers, por todo lo que me ha permitido aprender de él y por ese empeño que ha tenido al promover un enfoque amplio del manejo del fuego en América Latina.

A todos mis amigos del fuego, que siempre me han mostrado que el aspecto humano de los manejadores es muy valioso. Especialmente dedicada al Ing. Víctor Negrete Paz (q.e.p.d.), al Téc. José Domingo Cruz López, al Ing. Agustín Krauss, al Ing. José Velázquez Martínez, al Ing. Sergio García Murillo, al Ing. Pedro Martínez Muñoz, al Ing. Carlos Alberto Velázquez Sanabria, al Ing. Miguel Sánchez, al Ing. Sotero Quechulpa, y a todos los compañeros chiapanecos que tanto han trabajado en mejorar el manejo del fuego.

Con una nostalgia enorme para mis catrachos respetados, al Ing. Lucky Medina Moncada, al Ing. Juan Barrios, al Ing. Víctor Archaga y a la Sociedad Mesoamericana de Biología para la Conservación, Capítulo Honduras.

A los manejadores del fuego guatemaltecos, que siempre me han compartido sus saberes. Al Maestro Estuardo Girón Solorzano. A los compañeros de Petén: Gustavo Rodríguez O., a Walter Mayorga, a Raymundo Beliz, a Donald Pérez y a todos aquellos compañeros de Petén, que por espacio no puedo indicar, pero que me permitieron aprender más acerca del manejo del fuego. A la Red MIF Guatemala.

A todos los compañeros que fueron parte de la Red Latinoamericana de Manejo del Fuego y que en cada experiencia me compartieron tanto que su energía me sigue motivando.

DATOS BIOGRÁFICOS

La autora de la tesis es originaria de San Vicente, Chicoloapan, Estado de México. En 1999 egresó de la carrera de Ingeniería en Planeación y Manejo de los Recursos Naturales Renovables de la Universidad Autónoma Chapingo, titulándose en el año 2000 con la tesis “Evaluación del impacto del crecimiento poblacional sobre los recursos naturales (suelo, agua, vegetación y fauna) en el Municipio de Chicoloapan, Estado de México”. En el año 2006 cursó el Máster de Gestión de Espacios Naturales Protegidos en la Universidad Autónoma de Madrid, becada por la Fundación Carolina; se tituló con el proyecto “Sistematización del estado de la gestión del fuego en el Parque Nacional Yanachaga-Chemillén, Oxapampa, Perú” contando con la dirección de la Dra. María Isabel Manta de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

Se ha desempeñado en la planeación ambiental en áreas naturales protegidas. Comenzó su trabajo con el Grupo Ecológico Sierra Gorda, I.A.P., en septiembre del 2000 fungió como Directora de Proyectos del Fondo Pro-Cuenca Valle de Bravo, A.C., formando parte del proceso de ordenamiento ecológico de la Cuenca de Valle de Bravo-Amanalco. A partir del 2003 se ha concentrado en la planeación del Manejo Integral del Fuego enfatizando la necesidad de incluirlo en las áreas naturales protegidas, siendo la parte ejecutora de la alianza entre The Nature Conservancy (TNC) y el Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza, A.C., (FMCN) para Chiapas, México; en este mismo período ella apoyó al FMCN en la supervisión de los proyectos del Programa de Prevención de Incendios y Restauración. En el 2006 interrumpió su trabajo en el sureste mexicano para ampliar su experiencia en Paraguay y Perú con apoyo de TNC. En el 2007 trabajó como ecóloga aplicada al fuego para América Latina con TNC, con base en Honduras. Ahí trabajó en la capacitación en el Manejo Integral del Fuego y en el fortalecimiento en el uso del fuego prescrito. En el período 2009-2010 fue consultora para el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) y para el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) con el “Mapeo analítico de la problemática del manejo del fuego en la región de la Selva Maya”, dentro del Proyecto Fomento del Manejo del Ecosistema Trinacional de la Selva Maya (Belice-México-Guatemala). En el año 2011 ganó la Wildland Fire Scholarship de la International Association of Wildland Fire (IAWF).

“Un libro no se termina, se abandona”

Gabriel García Márquez

*“Não haverá borboletas se a vida não passar
por longas e silenciosas metamorfoses.”*

Rubem Alves

MANEJO COMUNITARIO Y ADAPTATIVO DEL FUEGO ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO GLOBAL EN LA RESERVA LA SEPULTURA

COMMUNITY BASED AND ADAPTATIVE FIRE MANAGEMENT IN THE CONTEXT OF THE CLIMATE CHANGE AT LA SEPULTURA

Victoria **Pantoja Campa**¹, Dante Arturo **Rodríguez Trejo**²,
Elizabeth **Hernández Acosta**³ y María Virginia **González Santiago**⁴

RESUMEN

Las áreas naturales protegidas son parte de una estrategia de conservación que busca mantener los bienes y servicios que ofrecen las mismas. En esas áreas inciden una serie de amenazas que tienen diferente impacto, dependiendo de su vulnerabilidad. El cambio climático forma parte del contexto para la gestión de áreas protegidas, porque las amenazas ya existentes pueden acentuarse con las modificaciones (como el caso de los regímenes alterados del fuego).

Es por eso que se planteó como objetivo evaluar la severidad del fuego en el suelo y vegetación en áreas quemadas (área prescrita, incendio controlado e incendio). Así como conocer la percepción del cambio climático que tienen los pobladores de un ejido de la Reserva. La percepción individual sobre los problemas se suman y definen el manejo de un área.

La severidad del fuego se evaluó en cuatro áreas (tres quemadas y una no), enfocándose en los árboles de *P. oocarpa*. Las cuatro áreas se compararon empleando las frecuencias, y en el área de incendio se hizo modelación de la mortalidad de *P. oocarpa*.

El componente social se abordó con entrevistas a usuarios del fuego y en una entrevista grupal para validar la información obtenida.

El manejo del fuego basado en la comunidad es una de las fortalezas de la REBISE, que ahora se concentra en comunidades modelo, que pueden compartir lo aprendido con otras.

La mayoría de las personas de Valle de Corzo opinan que sí hay cambio climático y eso las predispone a hacer acciones para adaptarse al mismo.

La adaptación de su manejo del fuego a condiciones cambiantes no es algo nuevo para ellas porque ya lo han hecho. Lo que las personas opinan es que para adaptarse es necesario contar con información del tiempo atmosférico oportuna y entendible para ellos.

Palabras clave: manejo del fuego, ecología del fuego, cambio climático, severidad del fuego, quema prescrita.

1. Tesista

2. Director

3. Codirector

4. Asesor

ABSTRACT

The Natural Protected Areas are part of a conservation strategy whose main objective is to maintain the environmental goods and services that they offer. In these areas there is different impacts, due to several threats; the difference between the damage level is the different vulnerability to threats. The climate change is part of the context for the management of protected areas, because the existing threats are accentuated with modifications (as in the case of altered fire regimes).

That is why it was raised as objective to evaluate the severity of fire on soil and vegetation in burned areas (prescribed burn, controlled wildfire and wildfire). Other objective was to know the perception about climate change in a rural community called ejido Valle de Corzo. The individual perception about problems adds up and defines the management in an area.

The fire severity was assessed in four areas (three burned and one not burned), focusing on trees of *P. oocarpa*. The four areas were compared using frequencies and in the wildfire area was modeled the mortality of *P. oocarpa*.

The social component was addressed by interviewing fire users, as well as used a group interview to validate the obtained information.

Fire management based on the community is one of the strengths of the REBISE, that now concentrates on model communities that can share what they learn with others.

In Valle de Corzo most people believe that climate is changing, and there is predisposition among them to take actions and get adapted to such change.

Adapting community fire management to changing conditions is not new for them, because they already have done that. What people say is that in order to get adapted, it is necessary to have timely and understandable weather information.

Keywords: fire management, fire ecology, climate change, fire severity, prescribed burning.

CUADRO DE CONTENIDO

I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	7
2.1. Objetivo general	7
2.2. Objetivos específicos	7
III. SEVERIDAD DEL FUEGO SOBRE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL SUELO, EN CUATRO ESCENARIOS DIFERENTES EN EL EJIDO CORAZÓN DEL VALLE, CINTALAPA	8
3.1. Introducción	9
3.2. Hipótesis	9
3.3. Objetivo	9
3.4. Marco teórico	10
3.4.1. El fuego en la dinámica del suelo	10
3.4.2. Severidad del fuego	11
3.4.2.1. Grado de severidad del fuego	12
3.4.3. Efectos del fuego sobre las propiedades físicas y químicas del suelo	13
3.4.3.1. Efectos directos del fuego en el suelo	13
3.4.3.2. Efectos indirectos del fuego en el suelo	14
3.5. Materiales y métodos	14
3.5.1. Localización de la zona de estudio	14
3.5.2. Descripción del tipo de suelo en el ejido Corazón del Valle	15
3.5.3. Unidades de muestreo de suelo	16
3.5.3.1. Área no tratada (ANT)	17
3.5.3.2. Área de quema prescrita (AQP)	18
3.5.3.3. Área de incendio controlado (AIC)	20
3.5.3.4. Área de incendio (AI)	22
3.5.4. Muestreo de suelos	23
3.5.5. Análisis de las muestras de suelo	26
3.5.6. Análisis de los resultados	26
3.6. Resultados y discusión	28
3.6.1. Efecto de la severidad del fuego sobre las propiedades físicas del suelo	28
3.6.1.1. Textura	28
3.6.1.2. Densidad Aparente	30
3.6.1.3. Color	33
3.6.2. Efecto de la severidad del fuego sobre las propiedades químicas del suelo	36
3.6.2.1. Contenidos de macronutrientes	36

3.6.2.1.1. Nitrógeno	36
3.6.2.1.2. Fósforo	37
3.6.2.1.3. Potasio	38
3.6.2.1.4. Calcio	40
3.6.2.1.5. Magnesio	42
3.6.2.2. Contenido de materia orgánica (MO)	43
3.6.2.3. Carbono total y Carbono orgánico total	46
3.6.2.4. pH	47
3.6.3. Análisis integrado de las propiedades del suelo	49
3.7. Conclusiones	56
IV. SEVERIDAD DEL FUEGO EN LA VEGETACIÓN, EN CUATRO ESCENARIOS DIFERENTES EN EL EJIDO CORAZÓN DEL VALLE, MUNICIPIO DE CINTALAPA	58
4.1. Introducción	58
4.2. Objetivos	61
4.2.1. Objetivo general	61
4.2.1.1. Objetivos específicos	61
4.3. Hipótesis	62
4.4. Materiales y métodos	62
4.4.1. Localización y descripción de la zona de estudio	62
4.4.2. Los incendios forestales en la REBISE	63
4.4.3. Modelo ecológico del fuego en el ecosistema de pino-encino de la REBISE	67
4.4.4. Tratamientos estudiados	70
4.4.4.1. Área no tratada (ANT)	71
4.4.4.2. Área de quema prescrita (AQP)	73
4.4.4.3. Área de incendio controlado (AIC)	74
4.4.4.4. Área de incendio (AI)	75
4.4.5. Variables de respuesta	76
4.5. Resultados y discusión	76
4.5.1. Altura total y diámetro a la altura del pecho	76
4.5.2. Grado de carbonización de la corteza	83
4.5.3. Altura de carbonización	85
4.5.4. Altura de chamuscado	86
4.5.5. Porcentaje de chamuscado de copa	87
4.5.6. Modelo logístico para el AI – El Salto	88
4.6. Conclusiones	93
V. CAMBIO CLIMÁTICO EN LA REBISE	95
5.1. Introducción	95
5.2. Objetivos	95
5.3. Hipótesis	96
5.4. Materiales y métodos	96
5.4.1. Clima en la REBISE	96
5.4.2. Riqueza de especies de la REBISE	98
5.4.3. Vegetación	99

5.4.3.1. <i>Pinus oocarpa</i>	100
5.4.4. Contexto socioeconómico	102
5.4.5. Problemática ambiental	103
5.4.6. Modelos de cambio climático	104
5.5. Resultados y discusión	105
5.5.1. Tendencias de cambio en la REBISE de acuerdo a los modelos consultados	105
5.5.1.1. Temperatura	105
5.5.1.1.1. Modelo de cambio de temperatura en Pacific Climate	105
5.5.1.1.2. Modelo de cambio de temperatura en Magicc 4.5	107
5.5.1.2. Precipitación	107
5.5.1.2.1. Modelo de cambio de precipitación y humedad relativa en Pacific Climate	107
5.5.1.2.2. Modelo de cambio en la precipitación y humedad relativa en Magicc 4.5	109
5.5.1.2.3. Modelo de cambio en la precipitación con el modelo B2A	109
5.6. Conclusiones	111
VI. PERCEPCIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO Y USO DEL FUEGO EN EL EJIDO VALLE DE CORZO, CINTALAPA	112
6.1. Introducción	112
6.2. Objetivos	115
6.3. Materiales y métodos	115
6.4. Resultados y discusión	118
6.4.1. Percepción del cambio en las variables climatológicas	119
6.4.2. Cabañuelas	123
6.4.3. Cambio climático y manejo del fuego	125
6.4.3.1. Manejo del fuego en Valle de Corzo	125
6.4.3.2. Percepción de la problemática de incendios en este momento	128
6.4.3.3. Cambios en la temporada de quemas controladas	128
6.4.3.4. Cambios en la forma de hacer la quema	129
6.4.3.4.1. Consideraciones para quemar en bosque de pino-encino --	131
6.4.3.4.1.1. Manejo del fuego en un clima más caliente y más seco	133
6.4.1. Taller Comunitario	134
6.5. Conclusiones	139
VII. CONCLUSIONES GENERALES	142
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	144
IX. ANEXO	
Anexo 9-1. Lista de asistentes a la reunión “Manejo comunitario del fuego y cambio climático”.	161

LISTA DE CUADROS

Cuadro 3-1. Métodos empleados para el análisis de las muestras de suelo -----	27
Cuadro 3-2. Densidad aparente y real en los suelos de Corazón del Valle -----	32
Cuadro 3-3. Color del suelo en las áreas estudiadas -----	35
Cuadro 3-4. Relaciones de los cationes Ca, Mg y K -----	53
Cuadro 3-5. Cantidad de materia orgánica y de los cationes Ca, Mg y K -----	54
Cuadro 4-1. Porcentaje de árboles por categoría de grado de carbonización (clases propuestas por Plumb y Gómez, 1983) -----	85
Cuadro 5-1. Cambios en temperatura para el 2050 de acuerdo al modelo SRES AR4-CCCMA_CGCM3 A2-run4 (obtenidos en Pacific Climate) ----	106
Cuadro 5-2. Cambios en la precipitación y en la humedad relativa -----	108

LISTA DE FIGURAS

Figura 3-1. Localización del ejido Corazón del Valle -----	15
Figura 3-2. Tipos de suelo en el noroeste de la REBISE (INE- SEMARNAP, 1999) -----	16
Figura 3-3. Vista general del ANT – Cerro de Víctor -----	17
Figura 3-4. Vista general del AQP – Piedra de Afilar -----	19
Figura 3-5. Vista general del AIC – Los Nanches -----	21
Figura 3-6. Vista general del AI – El Salto -----	22
Figura 3-7. Apoyo de los ejidatarios para delimitar y geoposicionar las áreas de muestreo -----	24
Figura 3-8. Muestreo de suelos con la barrena -----	25
Figura 3-9. Análisis granulométrico de las muestras compuestas de suelo -----	29
Figura 3-10. Porcentaje de limo y de arcilla de las muestras de suelo ANT (área no tratada), AQP (área de la quema prescrita), AIC (área de incendio controlado) y AI (área de incendio). -----	30
Figura 3-11. Contenido de N-NH ₄ en los tratamientos -----	37
Figura 3-12. Contenido de P en los suelos muestreados -----	38
Figura 3-13. Contenido de potasio en las áreas muestreadas -----	39
Figura 3-14. Contenido de calcio en las áreas muestreadas -----	42
Figura 3-15. Contenido de magnesio en las áreas muestreadas -----	43
Figura 3-16. Contenido de carbono total y orgánico en las áreas muestreadas -----	46
Figura 3-17. pH de las áreas muestreadas -----	48
Figura 3-18. Concentración de P, K y Ca en relación con el pH -----	50

Figura 3-19. Relación del P y N-NH ₄ con la MO	51
Figura 3-20. Relación entre Ca, Mg y K	52
Figura 3-21. Porcentaje de cambio de Al y Al con respecto a ANT	56
Figura 4-1. Ubicación geográfica del Ejido Corazón del Valle	63
Figura 4-2. Número de incendios y superficie quemada en Chiapas, período 1998-2012	64
Figura 4-3. Superficie quemada en los municipios donde se ubica la REBISE período 1998-2012	65
Figura 4-4. Número de incendios y superficie quemada en Cintalapa, Chiapas, para el período 1998-2012	66
Figura 4-5. Número de incendios en la REBISE y en su área de influencia para el período 2010 a 2011	66
Figura 4-6. Superficie quemada por tipo de vegetación para los años 2010 y 2011	67
Figura 4-7. Modelo ecológico del fuego para el ecosistema pino-encino	69
Figura 4-8. Localización de las unidades de estudio. ANT, AQP, AIC y AI	71
Figura 4-9. Unidad de ANT – Cerro de Víctor	72
Figura 4-10. Vista general de la AQP con las unidades de muestreo	74
Figura 4-11. AIC – Los Nanches	75
Figura 4-12. AI – El Salto	76
Figura 4-13. Porcentaje de arbolado con una altura menor o igual a 12 m y con un diámetro menor o igual a 20 cm	77
Figura 4-14. Relación entre el diámetro y la altura con la mortalidad del arbolado	78
Figura 4-15. Densidad de individuos de acuerdo con la altura (m) en ANT, AQP, AIP y AIC	79
Figura 4-16. Relación entre altura y número de árboles supervivientes en el AI – El Salto	81
Figura 4-17. No de árboles por clase diamétrica	82
Figura 4-18. Relación entre diámetro normal y supervivencia de árboles en el AI	83
Figura 4-19. Proporción de árboles por clase de altura de carbonización	86
Figura 4-20. Número de árboles por clase de altura de chamuscado en los tratamientos	87
Figura 4-21. Clases de afectación en arbolado en AIC	88
Figura 4-22. Probabilidad de mortalidad en función de la altura de <i>Pinus oocarpa</i> en AIC	91
Figura 4-23. Probabilidad de mortalidad de <i>P. oocarpa</i> como función del diámetro normal en AIC	92
Figura 5-1. Mapa de la diversidad de plantas (número de especies por 10,000 km ²)	98
Figura 5-2. Cobertura de la vegetación en la REBISE (INE-SEMARNAP, 1999)	99
Figura 5-3. Clima esperado en la REBISE para el 2050 (Biosphere Smart Initiative)	105

Figura 5-4. Temperatura máxima en la REBISE para el 2050 obtenido con Pacific Climate	106
Figura 5-5. Cambio de temperatura en la REBISE para el 2050 (Magicc 4.5)	107
Figura 5-6. Precipitación y humedad del suelo - 2050 (con datos de Pacific Climate)	108
Figura 5-7. Cambio en la precipitación en la REBISE para el 2050 (Magicc 4.5)	109
Figura 5-8. Mapas de la precipitación esperada con el modelo B2A para el año 2050 (tomadas de http://www.biospheresmart.org/)	110
Figura 6-1. Vista general del ejido Valle de Corzo	116
Figura 6-2. Percepción del cambio en la precipitación por parte de los ejidatarios	119
Figura 6-3. Percepción del cambio en la temperatura por parte de los ejidatarios	120
Figura 6-4. Percepción del cambio en la humedad relativa por parte de los ejidatarios	121
Figura 6-5. Percepción del cambio en el viento por parte de los ejidatarios	122
Figura 6-6. Percepción del cambio en el viento por parte de los ejidatarios	123
Figura 6-7. Participantes a la reunión “Manejo comunitario del fuego y cambio climático”	135

ABREVIATURAS USADAS

AI – Área de incendio

AIC – Área de incendio controlado

ANT – Área no tratada, no se ha quemado en un tiempo prolongado.

AQP – Área de quema prescrita.

CONANP – Comisión Nacional de Áreas Protegidas

IPCC – Panel Intergubernamental de Cambio Climático

REBISE – Reserva de la Biosfera La Sepultura

PACMUND -El Programa de Acción Climática Municipal

Manejo comunitario y adaptativo del fuego ante el cambio climático global en la Reserva La Sepultura

I. INTRODUCCIÓN

En muchas regiones del mundo está aumentando el uso excesivo del fuego en los sistemas de uso y cambio de uso del mismo (FAO, 2007). El fuego puede ser dañino o beneficioso dependiendo de dónde y cómo ocurra. Los incendios, naturales o antrópicos, pueden ser beneficiosos y ayudar a mantener los ecosistemas que han evolucionado con el fuego, no obstante también puede impactar negativamente en estos ecosistemas y especialmente en aquellos que no poseen adaptaciones para sobrevivir o aprovechar el fuego (Iniciativa Global para el Manejo del Fuego, 2004).

El problema no es el fuego por sí mismo, así como no lo es el agua cuando ocurren inundaciones, la amenaza es la alteración que se ha hecho a los regímenes del fuego (Iniciativa Global para el Manejo del Fuego, 2004). Un régimen del fuego es definido como un conjunto de condiciones recurrentes del fuego que caracterizan a un ecosistema dado (Myers, 2006); es decir, que cuando un régimen del fuego es alterado el fuego se comporta de manera diferente a la que había tenido históricamente.

El cambio climático, especialmente el calentamiento global, aumenta la inflamabilidad de los ecosistemas y eso acentúa la alteración de los regímenes del fuego. La atención al restablecimiento de los regímenes alterados del fuego o el mantenimiento de los mismos permitirá minimizar los impactos negativos que pueda ocasionar el fuego en la relación bidireccional entre incendios forestales y calentamiento global.

La atención que se ha dado al cambio climático queda constatada en los instrumentos de planeación ambiental generados a nivel federal, estatal, municipal y la estrategia del cambio climático para áreas protegidas elaborada por la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP). La Estrategia Nacional de Cambio Climático Visión 10-20-40 cuenta con el eje estratégico y línea de acción M4 en donde se refiere a impulsar mejores prácticas agropecuarias y forestales para incrementar y preservar los sumideros naturales de carbono. El apartado se enfoca en los mecanismos que incentiven la preservación y conservación a través de las acciones de las comunidades locales, vinculando los saberes tradicionales con los programas agropecuarios. En el eje estratégico y línea de acción M10 se indica que deben existir esquemas que reduzcan las emisiones derivadas del uso inadecuado del fuego en terrenos forestales y agropecuarios (Gobierno de la República, 2013).

En el Programa de Acción ante el Cambio Climático del estado de Chiapas (Gobierno del Estado de Chiapas, 2011) se presentan las líneas estratégicas para disminuir la vulnerabilidad al cambio climático. Algunos de los ejes estratégicos son: biodiversidad y servicios ambientales; adaptación dentro del

sector de agricultura y ganadería, entre otros. La acción A.2.1.1. considera como primer paso disminuir la degradación en las Áreas Naturales Protegidas, mediante la generación de programas como el manejo integral del fuego y el cumplimiento de la reglamentación vigente.

La CONANP elaboró la Estrategia de Cambio Climático para Áreas Protegidas en el año 2010. En las próximas décadas se espera que el cambio climático modifique la composición y funcionamiento de los ecosistemas. La estrategia se realizó para hacer frente a los efectos del cambio climático al convertir a las áreas protegidas en un instrumento efectivo para la adaptación y mitigación del país. El eje 5 se concentra en fortalecer la capacidad de los equipos de manejo y actores locales para diseñar, ejecutar y evaluar las acciones de mitigación en las áreas protegidas (CONANP, 2010).

El Programa de Acción Climática Municipal (PACMUN), es un programa impulsado por el ICLEI – Gobiernos Locales, que es una asociación internacional de gobiernos locales Implementando desarrollo sustentable. El programa desarrolló su primera etapa en el 2012. El objetivo final del programa es elaborar el plan de acción climática municipal para treinta municipios el municipio de Cintalapa es uno de los municipios de Chiapas que fue elegido para ser parte de los proyectos piloto del (PACMUND) (ICLEI, 2012).

Las comunidades que dependan más de los servicios ecológicos y las que tienen baja capacidad de adaptación serán las más vulnerables ante el cambio climático (CONANP, 2010). La presencia de comunidades en las áreas

naturales protegidas mexicanas no es una excepción sino más bien la norma. El manejo del fuego basado en la comunidad es una necesidad en las áreas donde sus acciones son determinantes para lograr los objetivos de conservación y, por supuesto, para mejorar la calidad de vida de los pobladores del área.

La Reserva de la Biosfera La Sepultura es un área natural protegida con comunidades presentes que hacen uso del fuego en sus actividades agrícolas y que por otra parte los escenarios del cambio climático la muestran como un área que en el futuro será más caliente (de 1.5 a 2.5 °C) y lloverá menos (entre -3 a -27% de precipitación). En la Reserva se cuenta con ejemplos de comunidades que tienen conocimientos tradicionales de manejo del fuego y que se han adaptado a escenarios de cambio en la atención a la problemática de incendios forestales (Huffman, 2010), sin embargo no debe olvidarse que el cambio climático podría superar la velocidad a la que ellos se adaptan a los cambios. Es por esto importante conocer los mecanismos que tienen ellos para adaptarse.

Los escenarios del cambio climático tienen un alto grado de incertidumbre, tanto así que hasta este momento los cambios reales han sido mayores que los mostrados por el escenario más pesimista analizado por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés) ante esto sólo queda claro que es una prioridad prepararse para la adaptación al cambio climático (Martínez, 2010).

La incertidumbre rodea a los procesos de adaptación al cambio climático y si se suma los vacíos de información se puede establecer como una prioridad conocer la vulnerabilidad de los ecosistemas ante los cambios esperados. Los incendios forestales inciden sobre el suelo y la vegetación permite conocer la vulnerabilidad de la vegetación ante el cambio climático. Las comunidades también son más vulnerables cuando cuentan con menos conocimientos y herramientas para responder a cambios en su medio ambiente.

El estudio se conformó de tres componentes: suelo, vegetación y comunidades. En el estudio de severidad del fuego sobre el suelo se esperaba que fuegos más intensos pudieran provocar la pérdida de elementos con mayor volatilidad; en la vegetación se esperaba mayor mortalidad del arbolado en incendios que en fuego prescrito, o en incendios en donde la comunidad vigila que se comporte dentro de los rangos de seguridad que ellos conocen para su territorio; se esperaba que los escenarios de cambio climático mostrarían una tendencia a que la Reserva fuera más seca y más caliente; finalmente se esperaba que la comunidad estudiada percibiera que el clima estaba cambiando y que ellos a su vez estuvieran respondiendo a esas modificaciones (en las variables del tiempo atmosférico y en las de gestión del fuego a nivel regional y estatal).

El estudio se planteó como objetivo principal identificar las adaptaciones que deberían implementar las comunidades estudiadas en su manejo del fuego, para amortiguar los impactos negativos que puedan venir con el cambio climático.

Identificar el manejo adaptativo del fuego basado en la comunidad que permitirá a dos ejidos (Corazón del Valle y Valle de Corzo, Cintalapa) de la Reserva de la Biosfera la Sepultura (REBISE), adecuar sus acciones ante los escenarios esperados del cambio climático. Dado que las acciones de las comunidades se encuentran influenciadas por sus percepciones, se consideró importante estudiar si ellos han visto o no cambios en clima y también para que en el caso de que ellos percibieran cambios registrar si han estado respondiendo a los mismos.

Las acciones necesarias para llegar a determinar con mayor precisión la vulnerabilidad del ecosistema ante los escenarios del cambio climático son varias. Este documento hace una aportación que puede ampliarse con un estudio de percepción del cambio en un mayor número de comunidades y ampliando los estudios que determinen la vulnerabilidad de la vegetación, aquí sólo se estudió la vegetación de pino-encino.

II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Identificar el manejo adaptativo del fuego basado en la comunidad que permitirá a dos ejidos (Corazón del Valle y Valle de Corzo, Cintalapa) de la Reserva de la Biosfera la Sepultura (REBISE), adecuar sus acciones ante los escenarios esperados del cambio climático.

2.2. Objetivos específicos

2.2.1. Estimar el impacto potencial del cambio climático en los incendios forestales, y sus efectos potenciales en suelos y arbolado en el ejido Corazón del Valle de la REBISE.

2.2.2. Estudiar la percepción del cambio climático por parte de los usuarios del fuego en el ejido Valle de Corzo, Cintalapa.

III. SEVERIDAD DEL FUEGO SOBRE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL SUELO, EN CUATRO ESCENARIOS DIFERENTES EN EL EJIDO CORAZÓN DEL VALLE, CINTALAPA

3.1. Introducción

El fuego es un mecanismo de reciclaje de nutrientes porque incorpora el material muerto que se acumula encima del suelo, descompone y libera los minerales, siendo así parte importante de los ciclos biogeoquímicos de varios elementos. Es diferente la respuesta que dará cada ecosistema al incremento de temperatura y al aporte de cenizas (Dube, 2009). Es por esto que resulta relevante tener en cuenta las características particulares de cada elemento (como su temperatura de ebullición, procesos de oxidación-reducción, entre otras) para poder analizar la respuesta del mismo ante el aumento de temperatura y a las modificaciones en pH que originan la incorporación de las bases contenidas en las cenizas.

El análisis del efecto del fuego sobre el suelo puede realizarse observando los cambios (en cantidad y calidad) de las propiedades físicas y químicas de los suelos. El fuego impacta positivamente a los suelos porque incrementa la fertilidad pero también hay pérdidas en la cantidad de nutrimentos cuando el fuego es de alta intensidad (DeBano *et al.*, 1998) como ocurre con el carbono (Ulery y Graham, 1993), el nitrógeno (DeBano *et al.*, 1998) y la reducción de la porosidad del suelo (DeBano *et al.*, 1998, McNabb y Swanson, 1990).

El régimen del fuego del ecosistema es de importancia no sólo para conocer los procesos sucesionales en la vegetación, la frecuencia y la forma como se presenta el fuego también repercutirá en las propiedades químicas y físicas del suelo. En los suelos de Corazón del Valle se pueden observar cambios en las propiedades físicas y químicas del suelo, entre el área no tratada (sin fuego desde la década de 1970) y las áreas que se quemaron en el año 2012.

El orden de abundancia de los elementos en el suelo de un bosque templado que encontraron Gosz *et al.* (1976) en un área quemada fue de $N > Ca > Fe > S > Mn > K > Mg > Zn > Cu$.

El objetivo del estudio fue cuantificar y comparar los principales nutrimentos y las propiedades físicas (textura, densidad aparente y densidad real) en el suelo en cuatro tratamientos: una área no quemada (área no tratada), una de una quema prescrita, una de un incendio controlado y una de un incendio, en el ejido Corazón del Valle, Cintalapa, Chiapas.

3.2. Hipótesis

3.2.1. Como resultado de la presencia del fuego existen diferencias en las cantidades de nutrientes entre las áreas quemadas y la no quemada.

3.3. Objetivo

3.2.1. Cuantificar y comparar los principales nutrimentos en el suelo en cuatro condiciones, una no quemada (área no tratada), una de una quema prescrita,

una de un incendio controlado y una de un incendio, en el ejido Corazón del Valle, Cintalapa, Chiapas.

3.4. Marco teórico

3.4.1. El fuego en la dinámica del suelo

La incidencia del fuego en el suelo va a provocar cambios en sus propiedades físico-químicas y biológicas. El grado de los cambios estará en función a la intensidad y duración del evento. Si un área se quema con una mayor recurrencia los incendios pueden degradar la estructura del suelo, incrementando la erosionabilidad y disminuyendo la fertilidad (Iglesias, 1993).

El efecto del fuego en la productividad del suelo, es referido por Dube (2009) como de efecto limitado a la vez que la aportación de nutrimentos estará en función a la intensidad y a la frecuencia de incendios. La composición química del suelo es modificada por la ceniza que se deposita en el suelo y esto altera el contenido de materia orgánica y la composición química de los suelos. Los efectos del fuego en los nutrientes están en función del tipo de combustibles, tipo de vegetación, intensidad del fuego, tipo de suelo y los cambios en la producción primaria generados a partir de la presencia del fuego. La forma como se modifican las propiedades químicas del suelo son diferentes en el corto y largo plazo (Dube, 2009). Algunos de los cambios mejoran la velocidad de los procesos químicos que participan en la mineralización, mejorando el suministro de nutrimentos en el largo plazo como es el caso de calcio, potasio y magnesio (Arocena y Opio, 2003).

El grado de afectación al suelo después del fuego va a depender de la intensidad del calentamiento experimentado por el mismo y del tiempo que dure la exposición. En los bosques de coníferas pueden alcanzarse temperaturas de 1000°C en la superficie del suelo, temperaturas que pueden modificar las propiedades del suelo (De las Heras *et al.*, 1991).

Hungerford *et al.* (1990) reconocen que casi en todos los bosques de coníferas del oeste de los Estados Unidos el fuego juega un rol muy importante en el ciclo de los nutrientes, así como en la composición y control de especies.

3.4.2. Severidad del fuego

El concepto de severidad del fuego es frecuentemente confundido con el de intensidad del fuego. Los especialistas entrenados en los Estados Unidos y en Canadá han hecho distinciones entre los dos conceptos (Neary, 2005). Keelye (2009) define a la intensidad del fuego como un término relacionado con la termodinámica porque describe el proceso de combustión física de la liberación de energía a partir de la materia orgánica, es decir, es una medida del promedio de energía que se libera por unidad de tiempo (velocidad con que la energía se está moviendo).

El concepto de severidad de los incendios nació de la necesidad de describir la manera como los ecosistemas eran afectados por la intensidad del fuego, en particular después de los incendios forestales, porque en ese caso no se cuenta con información directa sobre la intensidad del fuego y generalmente los efectos varían mucho de un ecosistema a otro. La mayoría de los estudios de severidad

del fuego se han centrado en medir la pérdida o la descomposición de la materia orgánica sobre el suelo y en el suelo (Keeley, 2009).

3.4.2.1. Grado de severidad del fuego

El grado de la severidad del fuego depende de la quema, intensidad, duración, carga de combustibles, tipo de combustión y grado de oxidación, tipo de vegetación, ambiente del fuego, pendiente, topografía, textura del suelo, humedad del suelo, contenido materia orgánica del suelo, tiempo que haya pasado desde la última quema y el área quemada (Neary *et al.*, 1999).

La severidad del fuego se define en términos de (DeBano *et al.*, 1998):

- El tiempo que hay entre un incendio y otro (acumulación de los combustibles).
- Las propiedades de los combustibles (como, inflamabilidad, humedad o contenido de minerales).
- Cómo es el impacto en los combustibles y el comportamiento del fuego.
- La transferencia de calor al suelo durante la combustión.

Una alta intensidad del fuego (con temperaturas que alcanzan y rebasan los 1200° C) no siempre resulta en impactos con alta severidad en el suelo, si la duración es corta, pero intensidades bajas de fuego como 300° C, o menos, que tengan una larga duración en las raíces o en la materia orgánica pueden producir grandes cambios en la superficie del suelo (Neary, 2004).

3.4.3. Efectos del fuego sobre las propiedades físicas y químicas del suelo

Los efectos del fuego “...en el suelo están en función a la cantidad de calor recibido por la combustión de la biomasa –intensidad del fuego- y la duración de la combustión. Los impactos de estos factores en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo es la medida de la severidad” (Neary, 2004).

En el suelo los organismos vivos se localizan cerca de la superficie, por lo tanto están más expuestos a la radiación. La mortalidad de microorganismos dependerá de la severidad del fuego. Los suelos secos protegen a los organismos mientras que los húmedos conducen rápidamente el calor y alcanzan el punto de ebullición del agua (100 °C), siendo esta temperatura letal para la mayoría de los organismos (DeBano *et al.*, 1998).

El fuego daña directamente a los organismos matándolos o hiriéndolos, e indirectamente por los efectos que tiene en la sucesión de la vegetación, cuando transforma en el suelo la materia orgánica y el microclima (DeBano *et al.*, 1998).

3.4.3.1. Efectos directos del fuego sobre el suelo

El fuego afecta directamente a los microorganismos porque moviliza nutrientes a través de los ciclos. Un importante componente que podría ser afectado por el calor está en la rizosfera (DeBano *et al.*, 1998).

Los impactos físicos en el suelo incluyen romper la estructura del suelo, reducir la capacidad de retener humedad y desarrollar repelencia al agua, aumentando así la susceptibilidad a la erosión (Neary, 2004).

3.4.3.2. Efectos indirectos del fuego en el suelo

Los efectos indirectos del fuego en los organismos del suelo son más complejos que los directos y es posible que altere los procesos ecosistémicos por años. En el largo plazo puede tener efectos en la productividad del sitio, la agregación del suelo y en la relación agua-suelo (DeBano *et al.*, 1998).

En el suelo los organismos tienen un papel importante en el ciclado de los nutrientes. Los microorganismos son esenciales en la descomposición de la materia orgánica que determina la productividad de los ecosistemas terrestres. El fuego afecta la descomposición de dos maneras: matando los microorganismos que descomponen la materia orgánica y la segunda es cuando el fuego afecta la descomposición durante la combustión (DeBano *et al.*, 1998).

3.5. Materiales y métodos

3.5.1. Localización de la zona de estudio

La Reserva de la Biosfera La Sepultura (REBISE) se localiza entre los paralelos 16°00'18" y 19°29'01" latitud norte y los meridianos 93°24'34" y 94°07'35" longitud oeste. En la provincia fisiográfica cordillera centroamericana (Ramírez, S.F.a), y en la subprovincia fisiográfica denominada Sierra sur de Chiapas

(Ramírez, S.F.b). El ejido Corazón del Valle se localiza en las coordenadas 16°25'6.30" latitud norte y 93°59'3.71" longitud oeste (figura 3-1)

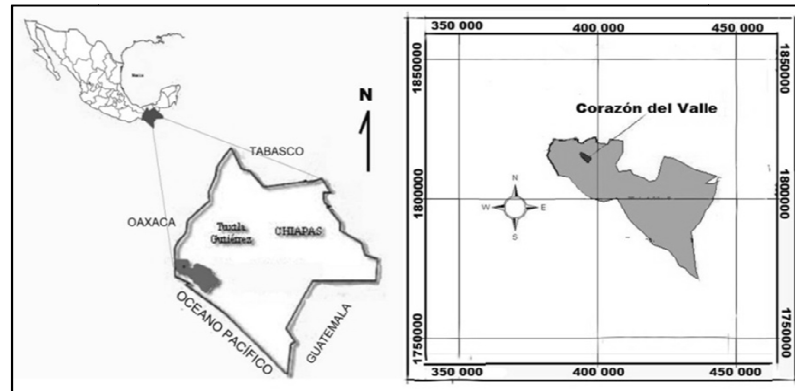


Figura 3-1. Localización del ejido Corazón del Valle (modificado de SETEFA, S.F.)

3.5.2. Descripción del tipo de suelo en el ejido Corazón del Valle

El estudio se realizó en cuatro áreas del ejido Corazón del Valle, Cintalapa, Chiapas. En el ejido predomina el tipo de suelo regosol eútrico, representado con la nomenclatura: Re + Be/2. Éste tipo de suelo se distribuye en el 2% de la REBISE (figura 3-2). Los suelos de este tipo son poco desarrollados, formados a partir de depósitos aluviales recientes característicos de las zonas afectadas por las avenidas de los ríos. Al ser suelos jóvenes están disgregados, sin presentar una estructura definida (Instituto Nacional de Ecología -INESEMARNAP, 1999).

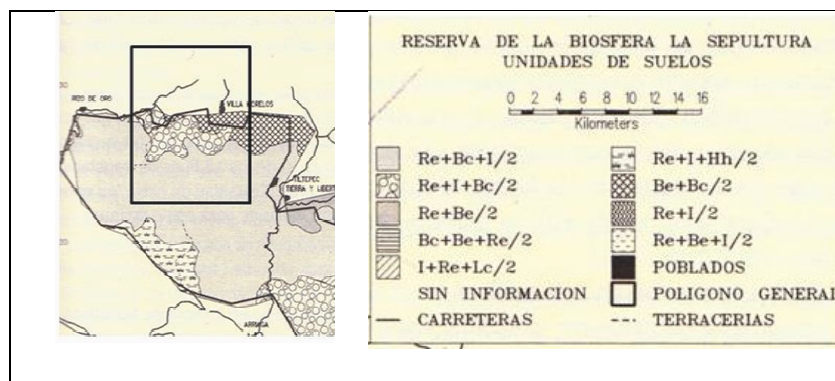


Figura 3-2. Tipos de suelo en el noroeste de la REBISE

(INE-SEMARNAP, 1999).

3.5.3. Unidades de estudio

En el estudio se determinó la concentración de nutrimentos en cuatro áreas: tres áreas quemadas bajo diferentes condiciones y una que no se ha quemado desde el año desde 1975. Las decisiones que excluyeron el fuego o lo introdujeron en cada una de las áreas fueron el resultado de una decisión humana. En las cuatro áreas tenemos la muestra de diferentes tipos de fuego -o no fuego- resultado de un escape de fuego en quema agrícola, una quema controlada y la protección que se ha brindado a un área que se quemó en el año de 1975 (que en este caso es el área testigo).

En este trabajo partimos de tener áreas que se quemaron en diferentes momentos (el tiempo que ha transcurrido desde la última vez que se quemaron es diferente) y también difieren por la temporada en que fueron quemadas. Es necesario no perder de vista este punto porque, de acuerdo con Dube (2009), la temporada en que ocurre el evento influye en las interacciones del fuego con el clima, si lo que se quiere es limitar la pérdida de nutrimentos y controlar la

erosión ocasionada por la alta intensidad del fuego, usualmente se quema en la temporada seca.

3.5.3.1. Área no tratada (ANT)

Se llamó área no tratada (ANT) a la que ha tenido más tiempo sin la presencia de incendios forestales, el área que cumplió con esos requisitos es el sitio que los pobladores locales llaman el Cerro de Víctor (antes era conocido como el banco de materiales), y es un área común de los ejidatarios de Corazón del Valle (figura 3-3).



Figura 3-3. Vistas del ANT – Cerro de Víctor.

La zona se quemó aproximadamente entre 1975 y 1977. El incendio fue de reemplazo de masa. En ese tiempo se estaba fundando el ejido y de esa área

extrajeron madera, que quedó tirada, para hacer las primeras casas (comunicación personal con la Sra. Artemia Posadas y con el Sr. Sixto Pinacho Posadas, septiembre de 2012).

El estudio se realizó en una parte del área que se quemó. El área seleccionada tiene como coordenada extrema norte 16°24'39.1" y mínima de 16°24'32.1". Las coordenadas extremas oeste son: 093°58'48.0" 093°58'55.5". Se muestrearon 16 puntos para obtener la muestra compuesta de suelo.

3.5.3.2. Área de quema prescrita (AQP)

En el predio denominado Piedra de Afilar, área de uso común del ejido, se realizó una quema prescrita en el mes de febrero del año 2006. Las coordenadas del área son 16°24'47.0" latitud norte y 093°58'43.6" longitud oeste, con una altura de 856 msnm.

Es un área donadora de agua. La profundidad del suelo es menor a los 28 cm, en general es un suelo somero con alta pedregosidad. La exposición predominante es norte. El suelo está cubierto por pastos. Están presentes los tres estratos: herbáceo, arbustivo y arbóreo. Los árboles predominantes son *Pinus oocarpa* y *Quercus spp.*; en el sotobosque predominan los pastos. Los pobladores locales denominan a este tipo de vegetación como bosque de calzada porque es un sitio con pendiente abrupta y predomina el *Pinus oocarpa* Schiede ex Schltdl., el *Quercus sp.* y la *Byrsonima crassifolia* L. (Kunth) (conocido como nanche o nance) (figura 3-4).



Figura 3-4. Vista general del AQP – Piedra de Afilar.

Los ejidatarios Ángel Toledo (26 de septiembre de 2012), Abraham Hernández (17 de septiembre de 2012), Jorge Gil Pérez (21 de septiembre de 2012) y Alonso Bolóm Hernández (27 de septiembre de 2012), refirieron que en este sitio han observado la siguiente fauna: venado cola blanca, armadillo, ardilla voladora, conejos, ardilla gris, jabalí, zorrillo gris, coyote, tepezcuintle, águila, chachalaca y colibríes. Cuando se realizó el trabajo de campo se observó en esta unidad la presencia de una águila, excretas de venado cola blanca y un árbol muerto que al parecer es el hogar de una ardilla voladora.

El modelo de combustible al que se aproxima el área es al SH3 (143), propuesto por Scott y Burgan (2005). En este sitio se observó una mayor cantidad de arbustos. El modelo SH3 se caracteriza por una moderada carga de arbustos, posiblemente con una cobertura de pinos o combustibles herbáceos,

la cama de combustible tiene una profundidad de 60 a 90 cm. Se espera que el comportamiento del fuego tenga una velocidad de propagación baja con una altura de llama baja.

3.5.3.3. Área de incendio controlado (AIC)

El área elegida para el muestreo de un incendio controlado fue el predio denominado Los Nanches, el propietario es el Sr. Miguel Hernández Pérez. En ésta unidad ocurrió un incendio entre los meses de abril y mayo del 2012, las mujeres lo detectaron por la mañana cuando iban al molino; ellas avisaron a los hombres quienes determinaron que el comportamiento del fuego era seguro, entonces hicieron una brecha cortafuego y dejaron que el fuego continuara (siempre bajo la vigilancia de ellos).

Es un área con bosque de pino-encino y pastizal, los ejidatarios llaman esto bosque de calzada. Predominan los árboles con corteza gruesa. Hay pastos y está presente *Mimosa pudica* (dormilona). Los pobladores del ejido refieren que la dormilona es una planta favorecida por el fuego porque después de un incendio cubre una superficie importante del área que se quemó.

El modelo de combustible se aproxima al GR6 (106) propuesto por Scott y Burgan (2005). El modelo GR6 (106) es un modelo con carga moderada, con pastos en clima húmedo (dinámico). En el modelo GR6 la propagación del fuego ocurre a través del estrato herbáceo continuo. La carga estimada para el combustible fino es de 8.65 Mg/ha.

Los habitantes del lugar han observado en ésta área: venados, mapaches, tejones, conejos, ardillas voladoras, pájaros, colibríes, armadillos y zorros.

El suelo está cubierto por pastos, herbáceas y las porciones que no tienen vegetación están cubiertas por acículas de pino, es muy poca la superficie del suelo que está descubierta (figura 3-5).



Figura 3-5. Vista general del AIC – Los Nanches.

Es un área donadora y receptora por la variabilidad de la topografía que hay en el terreno. El 40% es convexa y el 60% cóncava. La profundidad del suelo es mayor a los 30 cm y tiene exposición norte.

En este sitio se contó con el apoyo del Sr. Sixto Posadas (14 y 15 de septiembre del 2012), del Sr. Miguel Pinacho (24 de septiembre) y del Sr. Jorge Gil Pérez (25 de septiembre).

3.5.3.4. Área de incendio (AI)

El Salto se identificó como el área de incendio, se quemó en mayo de 2012; en varios puntos del área se quemaron las copas de los árboles (figura 3-6) y varios de ellos murieron a causa del fuego. El área es propiedad del Sr. Porfirio Cruz Rodríguez. Las coordenadas del sitio son 16°24'51.2" latitud norte y 093°58'05.7" longitud oeste, tiene una altura de 763 msnm.



Figura 3-6. Vista general del AI – El Salto

Es un bosque de pino-encino y los pobladores lo llaman bosque de calzada. El modelo de combustibles al que se aproxima es al TU1 (161). En sitios con este modelo se encuentra que la cama de combustibles tiene una capa baja de pastos y/o arbustos con materia orgánica. La velocidad de propagación es lenta y la altura de llama es baja.

Es un sitio donador de agua. El suelo es poco profundo, en algunas zonas está descubierto (mostrando indicios del suelo perdido en la temporada de lluvias) se encuentran pastos y plantas que han sido favorecidas por el fuego como la dormilona (*Mimosa pudica*).

El trabajo de campo se realizó con el apoyo de Alonso Bolom Huet, Sixto Pinacho y de José Marcos Sánchez Pérez. Alonso Bolóm Huet refirió que en la zona hay venado cola blanca, armadillo, mico, ardilla voladora (en los árboles podridos) y en el recorrido él identificó que cantaban las aves que ellos conocen como chorchá y otra llamada chinchoco. Él encontró indicios de que había caminado un venado cola blanca en el área poco antes de que se realizó el recorrido.

3.5.4. Muestreo de suelos

Las áreas de muestreo fueron seleccionadas en las primeras salidas de campo, se habló de manera personal con Abraham Hernández -comisariado ejidal hasta diciembre de 2012-, con Jorge Gil –Encargado del Comité de Vigilancia- y con Sixto Pinacho Posadas (figura 3-7). Con base en lo que ellos comentaron

se identificaron las cuatro áreas y fueron también ellos quienes apoyaron en el recorrido para marcar los polígonos.



Figura 3-7. Apoyo de los ejidatarios para delimitar y geoposicionar las áreas de muestreo (de izquierda a derecha: Abraham Hernández, Jorge Gil y Sixto Pinacho).

El muestreo de las áreas se planificó con base en la Norma oficial mexicana NOM-021-SEMARNAT-2000 (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2002) que establece, entre otros puntos, el muestreo del suelo. Siguiendo las directrices del documento de cada unidad se tomó una muestra compuesta cumpliendo con lo requerido por la norma (entre 15 y 40 muestras individuales).

Cada unidad se subdividió considerando la NOM-021-SEMARNAT-2000, es decir, se marcó el rumbo a seguir para marcar líneas en zigzag y ubicar los

puntos de muestreo en ellas. El muestreo en zigzag comenzó por un lado del terreno, se escogió al azar el punto de partida para definir el plano del muestreo. La distancia entre puntos se respetó para asegurar que se cubriera de manera homogénea la unidad muestreada.

Considerando que es un área natural protegida se protegió al recurso suelo extrayendo la cantidad de suelo contenida en la barrena y evitando hacer varias excavaciones en las áreas estudiadas. La profundidad de la perforación fue de 28 cm, es la profundidad que puede penetrar la barrena. La barrena se introdujo después de quitar los residuos orgánicos no descompuestos. Cada perforación hecha con la barrena equivalió a una muestra, el suelo se mezcló en una bolsa para homogeneizarlo y de ahí se tomó la muestra compuesta (figura 3-8).



Figura 3-8. Muestreo de suelos con la barrena (en la foto Alonso Bolóm Hernández).

Una porción del suelo se vació en una bolsa transparente, con capacidad de dos kilogramos. Las cuatro muestras compuestas que se obtuvieron fueron sometidas a análisis de nutrimentos, pH, materia orgánica, nitrógeno total, nitrógeno amoniacal, textura, densidad aparente, densidad real, capacidad de intercambio catiónico, carbono orgánico total y carbono total.

3.5.5. Análisis de las muestras de suelo

Las muestras de suelo se secaron y fueron llevadas al Laboratorio Central Universitario de la Universidad Autónoma Chapingo y al Colegio de Postgraduados de Ciencias Agrícolas (para el análisis de carbono total). Con las muestras de suelo determinaron la textura, densidad aparente, densidad real, color del suelo, la capacidad de intercambio catiónico, el pH, el porcentaje de carbono total, la concentración de macronutrimentos (nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio).

3.5.6. Análisis de los resultados

Una vez que se recibieron los resultados obtenidos por los laboratorios se procedió a interpretarlos. El análisis se realizó comparado las áreas de estudio, teniendo como punto de partida que no es igual el tiempo que ha pasado desde que se quemaron. En ANT han pasado más de treinta años y en AQP son seis años; pero el AIC y AI ocurrieron en el 2012.

Cuadro 3-1. Métodos empleados para el análisis de las muestras de suelo.

Propiedad del suelo		Método empleado
pH		Potenciométrico relación suelo agua 1:2.
Carbono orgánico total		Horton y Newson-Walkley y Black.
Carbono total		Determinado con el equipo TOC 5050 Analyzer en el Colegio de Postgraduados de Ciencias Agrícolas.
Materia orgánica		Walkley y Black
Nitrógeno amoniacal (N-NH ₄)		Extraído con cloruro de potasio 2N y determinado por arrastre de vapor (Kjeldahl).
Nitrógeno total		Digestión ácida y determinado por arrastre de vapor (Kjeldahl).
Fósforo		Bray P-1.
Potasio		Extraído en acetato de amonio 1.0N pH 7.0 relación 1:20 y determinado por espectrofotometría de emisión de flama.
Calcio y magnesio.		Extraído en acetato de amonio 1.0N pH 7.0 Relación 1:20 y determinado por espectrofotometría de absorción atómica.
Densidad aparente		Método de la probeta.
Densidad real		Método del picnómetro.
Capacidad de intercambio catiónico		Acetato de amonio 1.0N pH 7.0 centrifugación.
Color del suelo		Tabla de colores Munsell

3.6. Resultados y Discusión

3.6.1. Efecto de la severidad del fuego sobre las propiedades físicas del suelo

3.6.1.1. Textura

La textura del suelo se basa en la porción de arena, limo y arcilla del suelo. Es esta propiedad, junto con la humedad del suelo, clave en el transporte del calor hacia los lados y hacia abajo del perfil. La conducción de calor ocurre a través del contacto entre la superficie de las partículas y el tamaño de la partícula de suelo está relacionado con el proceso de transferencia de calor (Busse *et al.*, 2005).

La mayoría de los incendios y quemaduras prescritas no calientan al suelo al punto de modificar de manera directa la estructura del mismo. Si la temperatura va de 400 a 800°C una porción de arcilla es alterada (Chandler *et al.*, 1983). Busse *et al.* (2005) destaca que son necesarios estudios para identificar los umbrales de humedad del suelo y proporcionar directrices prácticas para limitar el calentamiento excesivo del suelo en suelos de texturas diferentes.

El análisis de la textura de las cuatro muestras reflejó que hay un porcentaje mayor al 50% de arena en todos los casos, todos son suelos de textura franco-arenosa. El área no tratada mostró una diferencia importante en el porcentaje de arcilla, tiene 71% más arcilla que el área del incendio y la del incendio controlado (figura 3-9).

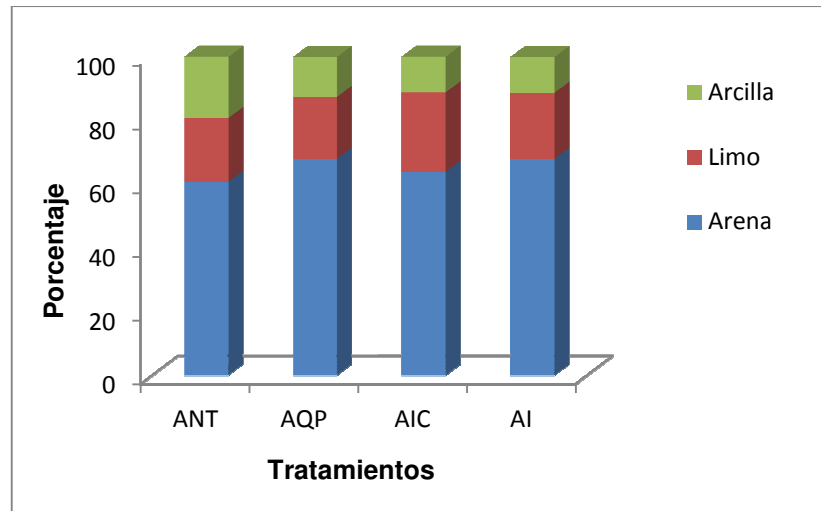


Figura 3-9. Análisis granulométrico de las muestras compuestas de suelo ANT (área no tratada), AQP (área de la quema prescrita), AIC (área de incendio controlado) y AI (área de incendio).

Capulín *et al.* (2007) estudió el suelo de un bosque de pino afectado por un incendio y encontró que la proporción de arena aumentó en detrimento de la arcilla. El resultado de los análisis de suelo para las cuatro áreas mostró un porcentaje de arena sin grandes diferencias entre las cuatro áreas, las dos lecturas más altas (68%) fueron en el área de quema prescrita y la del incendio.

Iglesias (1993) comparó los porcentajes de arcilla y limo para buscar si hay una disminución entre estos y su testigo, en su investigación no encontró cambios y por lo tanto concluyó que en esos casos no hubo pérdida de suelo. En el caso de este estudio los análisis mostraron diferencias entre el porcentaje de arcilla y de limo en las áreas quemadas con los porcentajes del área no tratada (figura 3-10).

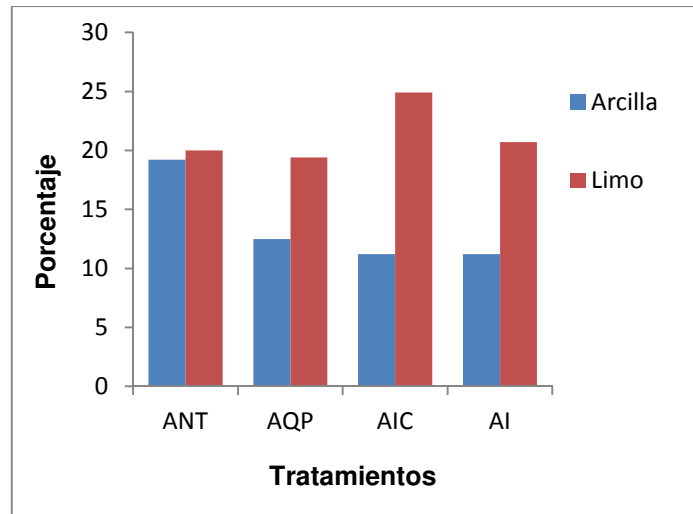


Figura 3-10. Porcentaje de limo y de arcilla de las muestras de suelo ANT (área no tratada), AQP (área de la quema prescrita), AIC (área de incendio controlado) y AI (área de incendio).

El fuego interacciona con las lluvias torrenciales porque generalmente existe una secuencia en el tiempo entre fuego y lluvia, los incendios ocurren con mayor frecuencia en los meses de verano mientras que las precipitaciones extremas se presentan a finales de verano (De Luis *et al.*, 2003).

3.6.1.2. Densidad Aparente

La densidad aparente hace referencia a la cantidad de masa de sólidos que existe por unidad de volumen total de suelo. Se hace tomando en cuenta el volumen que ocupan los sólidos y los poros. “Cuanto más seco esté el suelo y cuanto menos oxígeno haya, dentro de cierto rango, se requieren niveles menores de densidad aparente para mantener cierto nivel de crecimiento radicular” (Gandoy, 1991).

La densidad aparente en los suelos bien agregados es generalmente más baja que en los suelos que tienen menos materia orgánica. El fuego puede afectar los minerales contenidos en la arcilla y los componentes orgánicos del suelo pero de diferente manera. Las arcillas pueden tolerar temperaturas relativamente altas, una vez que ese límite se pasa (más de 980 °C) los cambios son irreversibles y aumenta la hidrofobicidad; por el contrario la materia orgánica comienza a ser destruida a bajas temperaturas, 200 °C, y es consumida en su totalidad cuando se llega a los 500 °C (DeBano *et al.*, 1998).

Un incendio forestal puede destruir la vegetación y la capa de hojarasca en una cuenca, reduciendo así la infiltración del agua en los suelos. Un incendio con alta intensidad puede eliminar la materia orgánica del suelo y colapsar la estructura del mismo dando como resultado el aumento de la densidad aparente y de la reducción de la porosidad (DeBano *et al.*, 1998, McNabb y Swanson, 1990).

En los suelos estudiados en el ejido Corazón del Valle la porosidad de los suelos en todos los casos estuvo alrededor del 50% (cuadro 3-2). Bielefeld y da Cunha (2003) encontraron que en un sitio no quemado la porosidad fue de 76% y en uno quemado fue de 75.6%, la porosidad mostró una diferencia de 0.4%. En este caso no se muestra una tendencia porque al comparar la porosidad del área testigo se puede ver que sólo se redujo la porosidad 1% en el área de quema prescrita, que aumentó 1% en el área del incendio controlado y que en el incendio el valor de la porosidad igual al del área no quemada.

Cuadro 3-2. Densidad aparente y real en los suelos de Corazón del Valle.

SITIO	Dap ⁽¹⁾ (g m ⁻³)	DR ⁽²⁾ (tm ⁻³)	Porosidad (%)
ANT	1.30	2.55	49
AQP	1.40	2.67	48
AIC	1.25	2.50	50
AI	1.33	2.61	49

(1) Densidad aparente, (2) Densidad real.

La densidad aparente se mantiene entre 1.25 y 1.40 gm⁻³. Hay una relación directa entre el incremento de la densidad aparente en los suelos forestales y el aumento de altura de las plántulas (Adams y Froehlich, 1981). Estos suelos tienen un régimen de fuego que va de 3 a 5 años, lo cual puede apoyar la poca diferencia que hay entre las densidades aparentes para los diferentes sitios porque se ha reportado que después de incendios tras quemas prescritas de baja intensidad, de carácter bianual, los valores de la densidad aparente aumentaron en las capas más superficiales porque se reduce el nivel de microporos (Boyer *et al.*, 1994).

Las diferencias entre los valores de densidad aparente del área no quemada desde el año 1975 y las áreas quemadas no son grandes, aunque se identificó que el área no quemada tiene una densidad menor (1.3 gm⁻³) en relación con el área de quema prescrita (1.4 gm⁻³) y con el área de incendio (1.33 gm⁻³). Esto concuerda con lo encontrado por Beielefeld y da Cuhna (2003) que compararon sitios quemados y no quemados en la sabana central de Brasil, en donde

encontraron que la densidad aparente del sitio no quemado fue de 0.64 gcm^{-3} y en el sitio quemado fue de 0.67 gcm^{-3} . Un estudio similar realizaron Choromanska y DeLuca (2001), en donde encontraron que el área de quema prescrita tuvo una densidad aparente mayor (0.24 gm^{-3}) a la de la zona control (0.16 gm^{-3}) e inclusive fue mayor con respecto a la del área de fuego prescrito después de un incendio forestal (0.17 gm^{-3}).

3.6.1.3. Color

El color es una de las propiedades que se determinan relativamente con mayor facilidad porque puede observarse directamente. Es por eso que fue la primer característica que consideraron para aproximarse a las clasificaciones de suelos (Gandoy, 1991).

El color refleja los procesos a los que el suelo está sometido como pueden ser: procesos de reducción-oxidación, el clima actual, el clima fósil, material parental o el contenido de materia orgánica (Gandoy, 1991). Junto con lo anterior, Andrades (2012) destacó que el color del suelo está determinado por las cantidades que contenga de: materia orgánica, carbonatos y compuestos de hierro y manganeso. Los colores del suelo más oscuros absorben más intensamente la radiación solar que los suelos de tonos más claros.

Ulery y Graham (1993) encontraron que los tonos más rojos en los suelos quemados eran aparentemente el resultado de las transformaciones de óxido de hierro y los valores mayores eran el resultado de la eliminación, casi completa, de la materia orgánica, esos colores rojizos en la capa superficial

coincidieron con sus áreas muestreadas que se quemaron gravemente en donde se redujo de 80 a 100% el carbono orgánico. Los contenidos de carbono orgánico también se redujeron significativamente en las capas ennegrecidas (aquí el carbono disminuyó entre un 15 y un 68%), las capas de suelo enrojecido tenían menos arcilla que cualquiera de los suelos no quemados o con capas ennegrecidas. Los colores blancos con cantidad de ceniza de espesor variable, dependiendo de la carga de combustible.

Los colores comienzan a ser menos amarillentos por la exposición de corto tiempo a temperaturas superiores a los 300 o 600 °C. Los colores son más amarillentos a temperaturas mayores a 600 °C (Ketterings y Bigham, 2000).

Los colores café amarillento (yellowish brown) pueden deberse a que durante un incendio la goetita se oxida de manera deficiente, especialmente si hay materia orgánica presente, dando como resultado agentes de pigmentación que aportaran los colores marrones rojizos y rojo (Ulery y Graham, 1993). Esto tiene relación con los suelos YR (como es el caso de los aquí estudiados), lo cual puede sugerir que los minerales que aportan los tonos rojizos aumentaron después de la quema.

Los valores de *hue* obtenidos para las cuatro áreas fueron 10YR (tabla 3) lo cual indica que todos los suelos tienen un matiz amarillo, el más claro de todos (0 es el más oscuro y 10 el valor para el más claro) (cuadro 3-3). Como tiene el matiz de más claro de los amarillos es preciso citar a Fassbender (1987) porque el mencionó que comúnmente los suelos de color oscuro se encuentran con

mayor frecuencia en zonas templadas que en los trópicos y estos suelos están más próximos a los suelos tropicales. En los trópicos el humus no siempre da color al suelo porque el proceso de mineralización de los residuos animales y principalmente de los vegetales puede pasar por un proceso de degradación o descomposición hasta sus partes más elementales, dando como resultado –a través de resíntesis y polimerización- ácidos húmicos.

Cuadro 3-3. Color del suelo en las áreas estudiadas.

SITIO	Color de suelo
ANT	10YR 5/3 café
AQP	10YR 6/3 café pálido
AIC	10YR 5/2 café grisáceo
AI	10YR 5/2 café grisáceo

La pureza, o el *value*, obtuvo el valor de 5 para el área no quemada, para el incendio controlado y para el área de incendio. La muestra del área de quema prescrita tuvo un valor de pureza igual a 6 (tabla 3). El croma en las áreas fue de 3 y de 2. Los colores de los tratamientos no cambian de manera significativa y todos se mantienen en colores cafés, con dos áreas en café grisáceo, una café pálido y una café.

3.6.2. Efecto de la severidad del fuego sobre las propiedades químicas del suelo

3.6.2.1. Contenidos de macronutrientes

3.6.2.1.1. Nitrógeno

Knoepp *et al.* (2005) citan que la disponibilidad de N en el suelo se incrementa después del fuego, particularmente en forma de $\text{NH}_4\text{-N}$. La disponibilidad de N favorece el desarrollo de las plantas después del fuego, e incrementa la fertilidad del suelo, dando la impresión de que hay más N total presente. Sin embargo, el ciclo del nitrógeno puede ser drásticamente afectado en sus procesos, con la magnitud de esos cambios dependiendo principalmente de la severidad del fuego (DeBano *et al.*, 1998).

Para el contenido de $\text{NH}_4\text{-N}$ en el suelo se obtuvieron contenidos muy bajo (9.7 mg kg^{-1}) y contenido medio (20.9 mg kg^{-1}) (NOM 2002) (figura 3-11). Estos resultados fueron superiores (de 1 a 8.5 mg kg^{-1}) a los reportados por Knoepp *et al.* (2009) en bosques templados. Los suelos de áreas quemadas en AIC y AI (ambos de 2012) en la zona de estudio (ejido Corazón del Valle), presentaron mayores contenidos de N que en AQP (que fue quemada en el 2006).

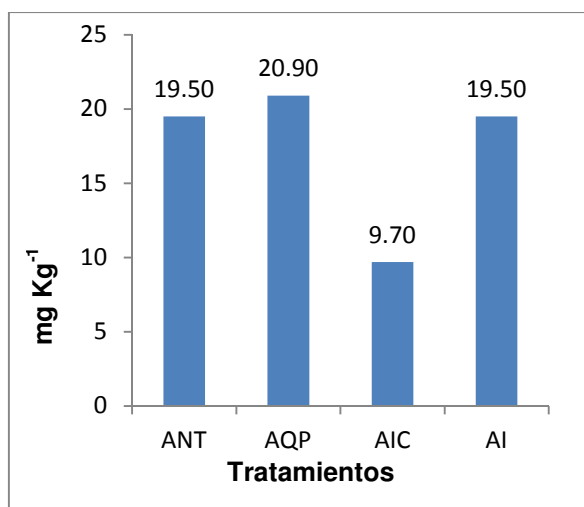


Figura 3-11. Contenido de N-NH₄ en los tratamientos

3.6.2.1.2. Fósforo

El fósforo orgánico comienza a volatilizarse a los 350 °C y el inorgánico a los 750 °C (Agee, 1993). Certini (2005) cita que la disponibilidad del fósforo en un suelo bajo incendio se relaciona con varios factores entre ellos el pH del suelo, porque puede cambiarlo de 6.5 a 7.0 (neutro), favoreciendo con ello una mayor disponibilidad de P, y como resultado se tiene un enriquecimiento de P disponible. Pero este comportamiento es momentáneo y decae rápidamente y si el pH del suelo baja, la disponibilidad de fosforo también.

De acuerdo con Castellanos *et al.* (2000), los resultados mostraron que la concentración de fósforo en los cuatro tipos de suelos analizados fueron bajas (de 6.87 a 7.81 mg kg⁻¹) (figura 3-12). Al respecto Knoepp *et al.* (2005) mencionan que hasta un 60% de fósforo se pierde cuando la materia orgánica se quema en su totalidad en áreas bajo incendios. El área de la quema prescrita

realizada hace seis años tiene una cantidad de fósforo similar a la del ANT; mientras que las áreas quemadas en el año 2012 (AIC e AIC) tienen más fósforo que el ANT y la AQP.

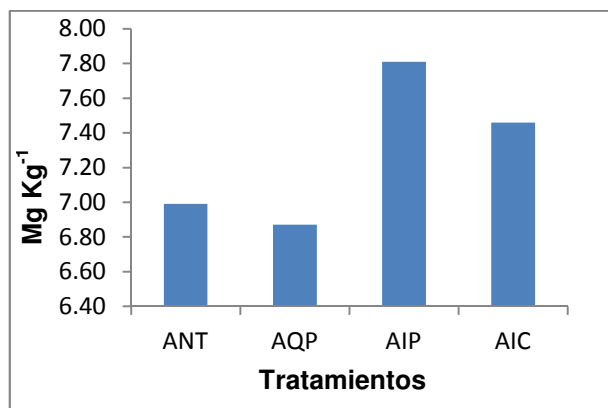


Figura 3-12. Contenido de P en los suelos muestreados.

En este trabajo el comportamiento de fósforo en el suelo fue similar a lo reportado por Flores y Benavides (1996) quienes encontraron cantidades bajas de fosforo (el fosfato tuvo una reducción hasta de 75%) en los suelos con quemas controladas.

La literatura clásica reporta que en suelos bajo incendio existe una reducción de la capacidad del suelo para absorber fósforo y que esto puede deberse a una mayor movilidad del fósforo Flores y Benavides (1996) que es característica del efecto de la capa de cenizas que se produce después del fuego.

3.6.2.1.3. Potasio

En una quema prescrita no se producen modificaciones en los contenidos de nutrimentos del suelo mineral siempre que se realice de manera que las

temperaturas no alcancen los 400°C. El potasio y el sodio son dos elementos favorecidos por las temperaturas mayores a los 400°C, ya que bajo esas condiciones aumentan (Hepper *et al.*, 2008). El potasio no se perderá por volatilización a menos que se superen los 760°C (Neary *et al.*, 1999), está es una de las razones por las que Trabaud (1994) encontró que en las área quemadas el potasio, así como el magnesio, tienen las pérdidas más bajas con relación a la biomasa total (no más del 58%) y el material combustible (no más de 86%).

Según la clasificación de Castellanos *et al.* (2000) los valores de potasio son bajos en el área de quema prescrita y en el área de incendio controlado; mientras que el contenido de potasio es muy bajo para el área no tratada y para el área de incendio (figura 3-13).

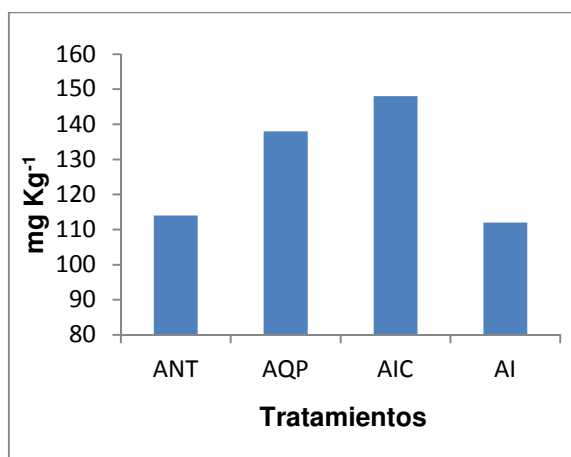


Figura 3-13. Contenido de potasio en las áreas muestreadas.

Al comparar los valores obtenidos con los reportados por Scharenbroch *et al.* (2012) se encontró que su sitio de control tuvo una concentración de 136 ± 6.5

mg kg⁻¹, muy aproximado a la concentración de potasio para el área de quema prescrita (138 mg kg⁻¹), recordando que han pasado seis años de su realización. La diferencia aumentó al contrastar el valor de potasio obtenido en las áreas que se han manejado con quemas prescritas durante dos décadas y ahí tuvieron valores de hasta 179±11 mg kg⁻¹. Los análisis estadísticos les permitieron concluir que la concentración de potasio (así como la de calcio, magnesio y sodio) aumentó significativamente en los suelos de las áreas quemadas, la diferencia entre el testigo y las áreas quemadas fue de 32 unidades. En cuanto a las áreas estudiadas en Corazón del Valle el sitio testigo tuvo como resultado 24 unidades menos de potasio que el área de quema prescrita y 34 unidades menos con respecto al área de incendio controlado. No se cuenta con un registro del comportamiento del fuego en el área de incendio pero al haber sido un incendio de copa podría considerarse como una posibilidad que la temperatura del suelo haya superado los 760 °C, temperatura a la que se volatiliza el potasio. Esto último puede apoyarse en los resultados obtenidos por Flores-Garnica y Benavides-Solorio (1996) ya que en su estudio encontraron que la intensidad del fuego si afecta al potasio y el suelo en las áreas donde el fuego iba en retroceso el potasio aumentó 109.26% mientras que en la cabeza del incendio se redujo 60.80% con respecto al valor original.

3.6.2.1.4. Calcio

El calcio es uno de los metales con mayor presencia en los seres vivos y en las plantas (vivas o muertas), con concentraciones que están alrededor de 1.0 a 1.5% en hojas y 0.2 a 0.6 en residuos de pastos (Qian *et al.*, 2009).

El calcio ha sido reportado como un elemento que incrementa en las áreas quemadas (Ahlgren y Ahlgren, 1965) por otro lado Hepper, *et al.* (2008) reportó que los contenidos de calcio no disminuyeron a ninguna de las temperaturas que estudiaron, ya que la temperatura para que el calcio se volatilice es de 1484°C (Qian *et al.*, 2009). Resulta importante tener en cuenta que el uso del suelo de las áreas muestreadas en Corazón del Valle es silvopastura, en el sotobosque predominan los pastos y los suelos con pastos de manera natural tienden a ser naturalmente ricos en calcio (Sharrow y Wright, 1977).

Hasta aquí es posible saber que el calcio es un elemento abundante en los pastizales, con una temperatura considerablemente alta para alcanzar el punto de ebullición y que por estos dos factores se podría esperar que en el área estudiada los valores de calcio no fueran bajos; lo anterior se verificó porque los valores obtenidos quedaron en las categorías (propuestas por Castellanos *et al.*, 2000) de muy alto contenido de calcio para el área de incendio controlado y como área moderada alto contenido de calcio para las tres áreas restantes.

Adicionalmente puede observarse (figura 3-14) que en las tres áreas quemadas la concentración de calcio es mayor a la del área no tratada. La concentración de calcio incrementó conforme aumentó la intensidad del fuego que se puede suponer para cada área, no obstante en el área donde puede inferirse que tuvo la mayor intensidad de fuego se encuentra una concentración de calcio muy parecida a la de la quema prescrita, las razones de esto pudieran deberse a que el área del incendio es más pedregosa y tiene una menor cobertura de pastos.

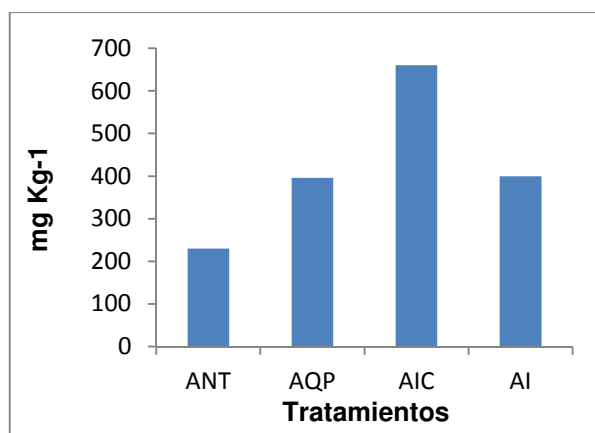


Figura 3-14. Contenido de calcio en las áreas muestreadas

3.6.2.1.5. Magnesio

El magnesio tiene una temperatura de ebullición de 400°C a partir de la cual comienza a disminuir el contenido del mismo (Hepper *et al.*, 2008). La ceniza depositada durante los incendios de alta intensidad aumentan de manera significativa las concentraciones de magnesio en los 8 cm superiores del suelo, los incendios de baja intensidad también incrementaron la concentración de Mg en los primeros 8 cm del suelo (Kennard y Gholz, 2001).

Afif y Oliveira (2008) midieron la cantidad de magnesio en las cenizas de un área quemada y encontraron un contenido de 285.36 mg kg⁻¹, este dato se tomó como referencia ya que variará en función a los materiales vegetales que se quemen. El dato resulta de utilidad porque permite contrastarlo con el del área de incendio controlado del 2012, ya que la cantidad de Mg en el suelo fue de 257 mg kg⁻¹ después de cuatro meses, aproximadamente, de ocurrido el incendio. Una aportación, también importante, de Afif y Oliveira (2008) fue el estudio del comportamiento de la cantidad de Mg en el área quemada hasta los

90 días después de ocurrido el fuego, después del incendio y hasta los 7 días después del fuego observaron un leve aumento no significativo en el contenido de magnesio, a los 30 y 90 días la concentración de Mg es muy parecida a la que tenían antes del incendio en las profundidades de 2 a 5 cm y de 5 a 10 cm, sólo en la capa de 0 a 2 cm se nota un incremento de 0.125 unidades. La disminución observada pudo deberse a un lavado por precipitación y a que eran suelos arenosos.

Los contenidos de magnesio de los suelos muestreados fueron medios en el área no tratada, en el área de quema prescrita y en el área de incendio controlado; sólo obtuvo valores de moderadamente alto contenido de magnesio en el área de incendio controlado de mayo del 2012 (figura 3-15).

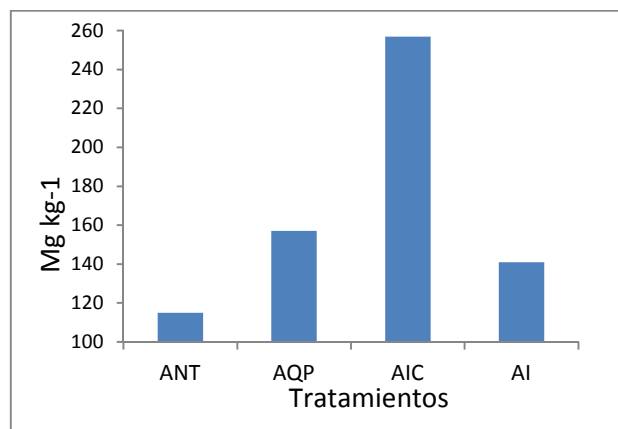


Figura 3-15. Contenido de magnesio en las áreas muestreadas

3.6.2.2. Contenido de materia orgánica (MO)

Las propiedades físicas, químicas y biológicas están condicionadas a la presencia de MO (Faria *et al.*, 2011). Muchas de las propiedades químicas y

procesos que ocurren en el suelo dependen de la presencia de la MO. La MO es particularmente importante para proveer nutrientes, la capacidad de intercambio catiónico y la retención de agua (Knoepp *et al.*, 2005). La MO se volatiliza a temperaturas que van de 200 a 315 °C (Lide, 2004), sin embargo Knoepp *et al.* (2005) reportaron que la pérdida de MO comienza cerca de los 100 °C. La magnitud del cambio en MO está relacionada con la severidad de la quema (por ejemplo, baja, moderada o alta) (Knoepp *et al.*, 2005). Faria *et al.* (2011) encontraron que la MO bajo la acción del fuego se redujo aproximadamente 14% con respecto al testigo. Parte de la MO está compuesta solamente de nitrógeno que es altamente volátil (tiene una temperatura de ebullición cercana a los 500 °C). Así mismo, es importante considerar los procesos de escorrentía, la pérdida de suelo por el viento y que la capacidad de retención de los suelos con pendientes desprovistos de cobertura vegetal es baja (Abril y González 1999).

La materia orgánica es afectada por el calor y muestra una caída después de ocurrida una quema o incendio forestal. En el caso estudiado por Abril y González (1999) encontraron que después de una quema la materia orgánica había disminuido 0.2% entre el área no quemada y la quemada (el porcentaje de materia orgánica fue de 5.5% para el área no quemada y 5.3% para el área quemada). Un año después el porcentaje de materia orgánica los dos tratamientos había reducido pero aumentó la diferencia entre ellos al 8% (3.7% de MO en el área no quemada y 2.9% en el área quemada). Kutiel y Naveh (1987) también encontraron una disminución de la materia orgánica, en suelos

bajo *Pinus halepensis*, el área no quemada obtuvo 37.7% de MO, después de un mes en el área quemada bajo a 29.5% y en el área quemada después de 14 meses la concentración decayó hasta 19.0% de MO. Ellos también encontraron que los suelos con pinos tuvieron 28% más MO en los primeros 5 centímetros que los que estaban debajo de encino.

Mientras tanto en las áreas muestreadas en Corazón del Valle se encontró un 2.96% de MO en el área no tratada (sin fuego desde aproximadamente el año 1975), de 2.15% en el área de quema prescrita (sin fuego desde hace aproximadamente 4 años), de 2.96% en el área de incendio controlado (se quemó 4 meses antes de que se muestreara) y de 2.55% para el área de incendio (muestreo a cuatro meses de haberse quemado). El área no tratada tiene más MO que el área de quema prescrita y que el área de incendio (0.81% más MO con respecto a ANT y 0.41% más con respecto al área de incendio), en cambio en el área de incendio controlado se conserva la misma cantidad de MO que en el área no tratada.

Abril y González (1999) reportaron que en sus primeras evaluaciones no encontraron diferencias entre los diferentes tratamientos porque al evaluar materia orgánica incluían a todo el carbono reducido del suelo y no exclusivamente el material humificado. En el caso estudiado lo anteriormente expuesto es importante porque en el área de incendio controlado había más carbón (que pudiera estar en partículas en la muestra) que pudo provocar una lectura mayor a la que se hubiera tenido de cuantificar únicamente el material humificado.

3.6.2.3. Carbono total y Carbono orgánico total.

Iglesias (1993) encontró que los contenidos en carbono fueron muy variables en los horizontes superficiales, esa diferencia la explicó como el resultado de un mayor o menor aporte de restos vegetales, la naturaleza de los restos y la topografía. En las capas superficiales ella encontró valores con un rango que va desde el 4 al 11%. Trabaud (1994) encontró que el carbono constituye la mayor parte de la masa de cenizas, más del 97% del C contenido en la materia foliar y materia orgánica se disipa por la quema.

El carbono total incluye al carbono orgánico, razón por la cual el valor del total es mayor al orgánico en todos los casos (figura 3-16). Las áreas con mayor cantidad de carbono total son el área no quemada y el área de incendio controlado (108.58 y 1004.43 t ha⁻¹ respectivamente). El mayor porcentaje de carbono orgánico lo tiene el área de incendio controlado (con 69.27%), las tres áreas restantes tienen valores que están entre 58 y 62% de carbono orgánico.

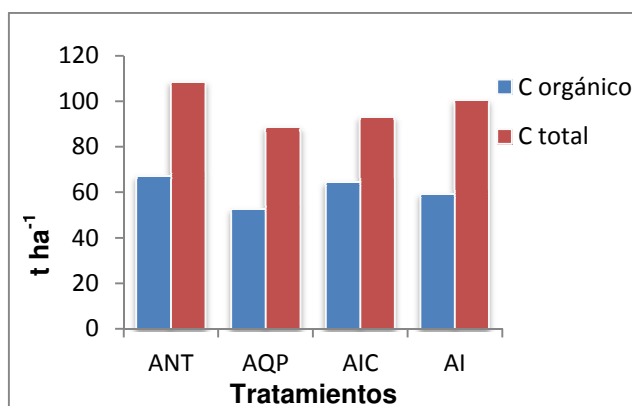


Figura 3-16. Contenido de carbono total y orgánico en las áreas muestreadas.

Los valores de carbono total son bajos al compararlos con los resultados de Choromanska y DeLuca (2001), ellos obtuvieron en la zona control 90.8 g kg^{-1} de carbono total mientras que en el área no tratada de Corazón del Valle se obtuvieron 27.84 g kg^{-1} , en el área de quema prescrita ellos encontraron 216 g kg^{-1} y en la correspondiente a este estudio se encontró un valor igual a 21.08 g kg^{-1} . A pesar de la diferencia de cantidades es posible observar que existen diferencias en los estudios porque en el caso de Choromanska y DeLuca (2001) aumenta la cantidad de carbono total en las áreas quemadas con respecto al área control, mientras que en el caso de Corazón del Valle no ocurrió de así, el área no tratada es la que tiene mayor cantidad de carbono total y la de quema prescrita la que menos tiene.

3.6.2.4. pH

Iglesias (1993) encontró que el pH aumenta después de un incendio forestal, el incremento del valor fue más significativo en los horizontes superficiales del suelo. Giardina *et al.* (2000) también documentó un incremento del pH en la evaluación posterior a la quema de 1.3 unidades -el pH antes de la quema era de 7.0 y aumentó a 8.3-. El incremento en los valores de pH (así como de calcio y magnesio) puede explicarse por el hecho de que al quemar se generan óxidos y así se neutraliza la acidez (Faria *et al.*, 2011). En el mismo sentido Hepper *et al.* (2008) realizaron un estudio evaluando la respuesta a las temperaturas que van de 100 a 600 °C y encontraron una relación directa entre el incremento de la temperatura y el aumento del pH. Los valores de pH originados a partir de la quema pueden permanecer por un tiempo considerable, Simard *et al.* (2001)

halló que después de 14 años del disturbio los valores del pH se mantenían significativamente más altos que los del área testigo.

La variación en el pH es el resultado de incorporar las cenizas –bases- por incineración de la vegetación (Giardina *et al.*, 2000). Faria *et al.* (2011) cita que puede darse un pequeño aumento en el pH porque al quemar se generan óxidos y estos neutralizan la acides y adicionan nutrimentos al suelo. Ubeda (2001) registró que el pH del suelo paso de valores menores a 7 a mayores a 8 en las tres áreas incendiadas que estudio. Las zonas que se quemaron con mayor intensidad obtuvieron los valores más elevados. En el estudio muestreo por un período de tiempo que le permitió observar que después de dos años los valores de pH del suelo disminuyen pero continúan siendo superiores a los de la zona de bosque control.

Las áreas muestreadas tiene un pH moderado ácido y sólo el área de quema prescrita tuvo un pH ácido (Castellanos *et al.*, 2000). El pH del área de la quema prescrita es el más bajo de todos (la quema fue realizada en el año de 2006, pasando 6 años de la presencia del fuego) (figura 3-17).

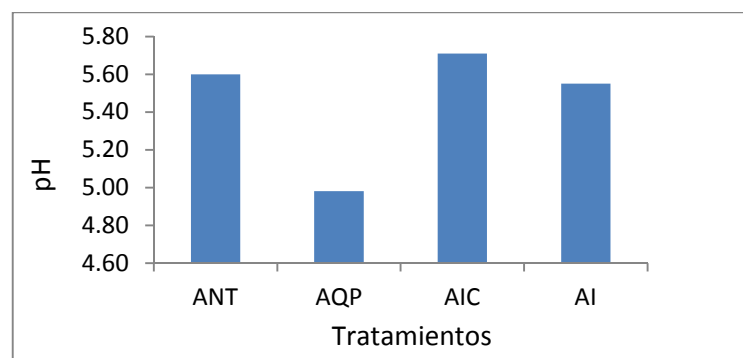


Figura 3-17. pH de las áreas muestreadas.

3.6.3. Análisis integrado de las propiedades del suelo

Los efectos del fuego en las propiedades físicas y químicas del suelo van a depender en gran manera de la intensidad del mismo. Como un ejemplo de esto tenemos los resultados de porosidad para las áreas estudiadas y se parte de que la porosidad disminuye conforme aumenta la intensidad del fuego. El área de incendio controlado mantuvo la misma porosidad (0.49) que el área no tratada, es probable que no cambió esta propiedad porque el fuego no alcanzó altas intensidades en el área llamada los Nanches. El dato de porosidad para el área de quema prescrita fue 0.01 menos que en el área testigo, por ahora faltaría un análisis más amplio para conocer el por qué de este cambio en un área donde se aplicó una quema planificada.

El pH no mostró un rango de datos entre 4.98 y 5.71. El área de quema prescrita mostró un decremento del pH al compararla con el ANT (-0.62 unidades). En el AIP el pH incrementó 0.11 unidades a 4 meses del evento de fuego al que estuvo sometida el área; podría suponerse que al ser un fuego más intenso tendría que haber sido mayor el pH con respecto al resto de las áreas pero no ocurrió así y tiene 0.05 unidades menos que en el ANT y 0.16 menos con respecto al AIP.

La textura en las áreas muestreadas tuvo un comportamiento que coincidió con Oliveira (2006) porque después de que un área se quema decreció el contenido de arcilla al mismo tiempo que aumentó la arena.

El pH es una propiedad muy importante porque su aumento o disminución pueden favorecer o modificar las cantidades de algunos elementos o su disponibilidad. En el estudio el área sin tratar es un área que no se ha quemado en más de 30 años pero que la última vez que se quemó lo que ocurrió fue un incendio de remplazo.

A pesar de que no se mostró una tendencia entre los diferentes tratamientos y el pH, ya que las áreas en las que se supone que el fuego fue más intenso no mostraron un incremento mayor del pH, lo que sí se puede mostrar es la relación que hay entre el incremento del pH y las cantidades reportadas para Ca, K y P. El área del incendio controlado, con un pH de 5.71, tiene las mayores cantidades de estos nutrientes y en el otro extremo está el área de quema prescrita, con el pH más bajo de todos, que tuvo las menores concentraciones para los tres elementos (figura 3-18).

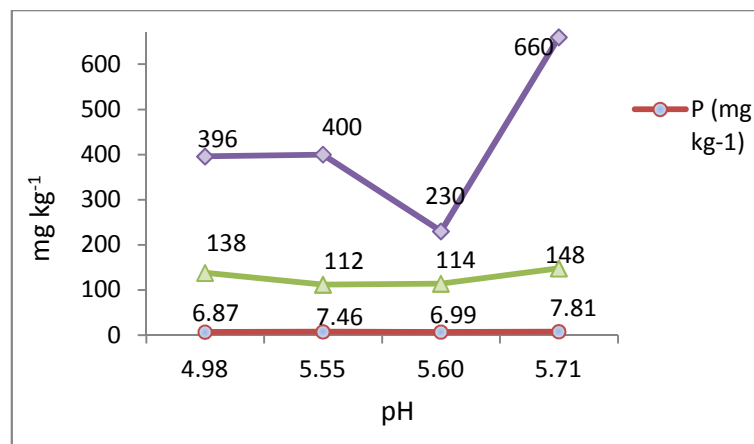


Figura 3-18. Concentración de P, K y Ca en relación con el pH.

El N-NH_4 tiene una relación inversa con el nitrógeno total y con la MO, conforme disminuyen los dos últimos el N-NH_4 aumenta. Se esperaría un comportamiento similar en el caso del P. Conforme aumenta la cantidad de MO disminuye la cantidad de P y de N-NH_4 (figura 3-19).

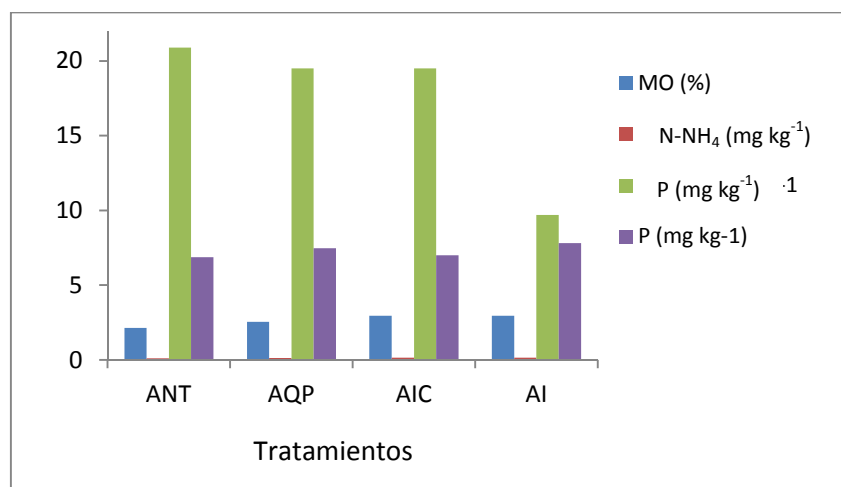


Figura 3-19. Relación del P y N-NH_4 con la MO.

La MO y el nitrógeno total tienen una relación inversa, conforme disminuyen incrementa el N-NH_4 y el P. El ANT y el AIP tienen el mismo pH pero difieren en la cantidad de MO y P siendo menor la cantidad de N-NH_4 en el AIP, en el caso del P es menor la cantidad en el ANT.

En las cuatro áreas de estudio la distribución de los cationes sigue el patrón normal (Sadzawka *et al.*, 1995) de los suelos, es decir, calcio > magnesio > potasio (figura 3-20). El calcio estuvo en un rango que va de 230 a 660 mg kg^{-1} ; el magnesio estuvo entre 115 y 257 mg kg^{-1} ; y, el potasio entre 114 y 148 mg kg^{-1} . Los valores más bajos de Ca, Mg y K estuvieron en el área que no se ha

quemado en más de 30 años (ANT), por otro lado los valores más altos de estos elementos estuvieron en el área de incendio controlado (AIC) donde estuvo presente el fuego 4 meses antes de hacer el muestreo.

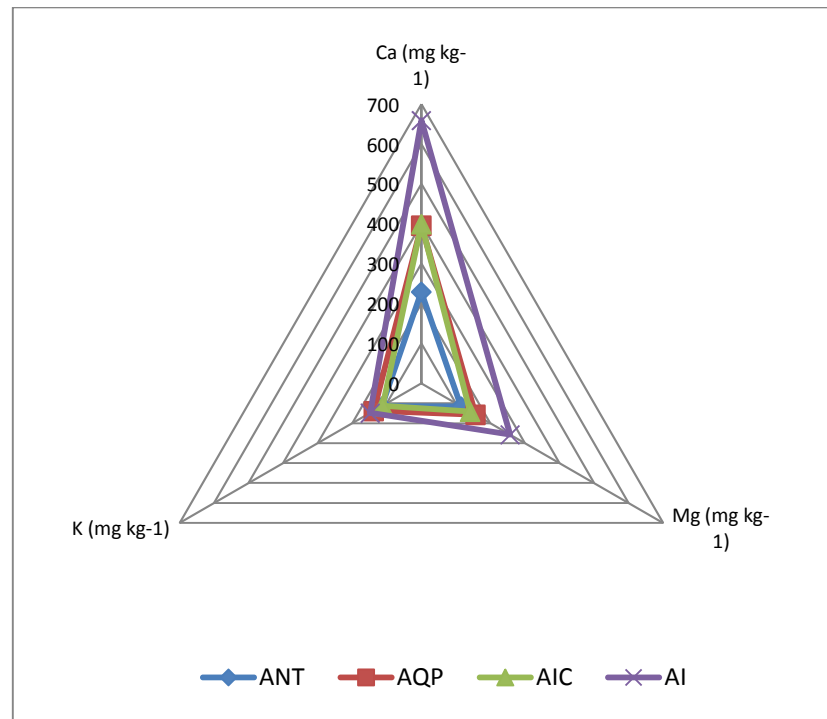


Figura 3-20. Relación entre Ca, Mg y K.

La interacción del K con Ca y Mg ha sido descrita como antagónica en la mayoría de los casos tanto en suelo como en planta. Esto quiere decir que si se quiere enmendar algún problema nutrimental relacionado con Ca y Mg podría haber un efecto negativo en la absorción del K. En el mismo sentido han estudiado que si se aplica K este disminuye la presencia de Mg en los tejidos de la planta (Henríquez y Bertsch, 1997).

De acuerdo con Bertsch (1987) es mayor la frecuencia con la que se encuentran como antagonistas al Ca, Mg y K; la escasez de Mg respecto a K, identificada por las relaciones Mg:K menor igual a 2.5 y Ca+Mg/K menor igual a 10 y la escasez de K respecto a Ca, Mg o a ambos, que se detecta a través de las relaciones Ca:K mayor que 25.

Como todas las áreas de estudio tienen muy bajos los valores de la relación Mg:K (es decir que están por debajo de 2.5) y también son muy bajos los valores para Ca+Mg/K (no alcanzaron el valor de 10), estas relaciones indican que hay escasez de Mg con respecto a potasio, es decir que existe la probabilidad de que se dificulte la absorción de Mg por las plantas (cuadro 3-4).

Cuadro 3-4. Relaciones de los cationes Ca, Mg y K.

SITIO	Ca:Mg	Ca:Mg:K	Mg: K	Ca+Mg/K
ANT	2	2:1:0.99	1.01:1	3.03
AQP	2.52	2.52:1:0.88	1.14:1	4.01
AI	2.84	2.84:1:0.79	1.26:1	4.83
AIC	2.57	2.57:1:0.57	1.74:1	6.19

Los valores de la relación Ca:Mg son óptimos para AQP, AI y AIC, pero son bajos en ANT. Los valores de Ca:K son muy bajos en todas las unidades. Las relaciones de los cationes de cambio Ca:Mg:K para el ANT fueron de 2:1:0.99, para el AQP fue de 2.52:1:0.88, en el AI fue de 2.84:1:0.79 y para el AIC fue de

2.57:1:0.57. Martínez (2011) reporta que la relación normal de Ca:Mg:K es 3:1:0.25, en todas las áreas estudiadas no se cumple esta condición.

Los cationes de cambio en el suelo aumentan considerablemente después del fuego como consecuencia directa de la destrucción de la materia orgánica (De las Heras *et al*, 1991). Esto ocurrió de manera notable al comparar el ANT con AQP y AIP. El incremento de Ca en AQP fue de 72% y en AIP fue de 187%; mientras que el incremento de Mg fue de 36.5% en AQP y de 123.5% en AIP; en el mismo sentido el aumento de K fue de 21% para AQP y de 30% (cuadro 3-5). El potasio muestra un menor porcentaje de incremento, esto puede deberse a que el potasio desaparece rápidamente después de 4 meses de la quema o incendio forestal (por el lavado y porque es fácilmente absorbido por las plantas) (De las Heras *et al*, 1991).

Cuadro 3-5. Cantidad de materia orgánica y de los cationes Ca, Mg y K.

SITIO	MO (%)	Ca (mg kg ⁻¹)	Mg (mg kg ⁻¹)	K (mg kg ⁻¹)
ANT	2.96	230.00	115.00	114.00
AQP	2.15	396.00	157.00	138.00
AIC	2.96	400.00	141.00	112.00
AI	2.55	660.00	257.00	148.00

El calcio y el magnesio se muestran un mayor porcentaje de aumento en las áreas quemadas (exceptuando Mg en AI) con respecto a el ANT. Estos resultados pueden explicarse mejor porque el Ca y el Mg tienen

comportamientos similares, ambos incrementan de 5 a 10 veces sus valores iniciales y mantienen ese aumento durante más tiempo (a los dos años de la presencia del fuego mantienen un 40% del incremento inicial) (De las Heras *et al*, 1991) lo cual ha sido de gran utilidad en este caso porque las áreas estudiadas no tienen el mismo tiempo de haberse quemado pero muestran la tendencia a aumentar en estos dos valores conforme se pasa de un área no quemada a una de quema prescrita y a una de incendio forestal.

El AI es la que mostró una reducción en el porcentaje de K con respecto a la ANT (1.75% menos) y tiene menos Mg que el AQP. Lo anterior coincide con una cantidad de materia orgánica igual a la del ANT (recordando que los incrementos en Ca, Mg y K se tienen una relación inversa con el contenido de MO) y puede respaldar la decisión que tomaron los ejidatarios para permitir que el fuego continuara porque el comportamiento del mismo era parecido al que ellos desean en las quemas prescritas.

Si se concentra la atención en el comportamiento de los elementos Ca, Mg, K y P entre la ANT y compara con AIC y AI, se puede observar que el AIC tiene un mayor incremento de de estos elementos que el AI (figura 3-20). En el AIC el Ca aumentó 186.96% mientras que en el AI fue de de 73.91%; el Mg también incrementó más en el AIC (123.48%) que en el de AI (22.61%). El porcentaje de cambio fue menos marcado para K en el AI (29.82%) y fue negativo en el AI (-1.75%), finalmente el P aumentó en proporción menor en ambas unidades (11.73% para el AIC y 6.72% para el AI). El AIC tuvo mayores incrementos en los elementos indicados, eso puede estar relacionado con que el

comportamiento del fuego fue muy aproximado al de una quema prescrita y las temperaturas no fueron tan altas como para afectar la cantidad de Ca, Mg, K y P (figura 3-21). En los suelos estudiados del ejido Corazón del Valle la abundancia fue de la siguiente manera $\text{Ca} > \text{Mg} > \text{K} > \text{Fe} > \text{N-NH}_4 > \text{P} > \text{Mn} > \text{Zn} > \text{B} > \text{Cu}$.

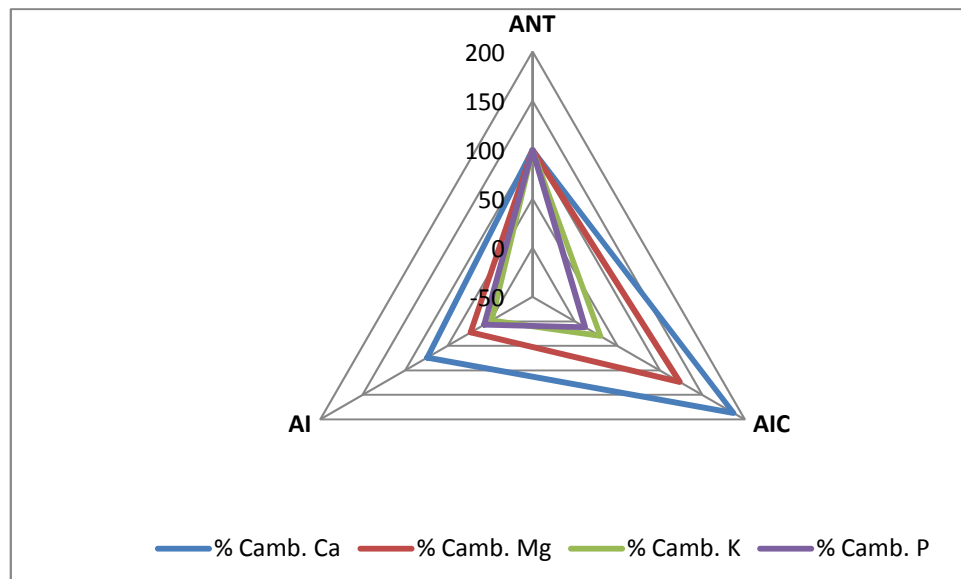


Figura 3-21. Porcentaje de cambio de Al y Al con respecto a ANT

2.6. CONCLUSIONES

Las áreas estudiadas en Corazón del Valle tienen un sotobosque con una alta presencia de pastos y soportan la presión del pastoreo. Esto hace suponer que las temperaturas de la quema prescrita y del incendio controlado fueron más bajas y que la permanencia del fuego en el área duro menos tiempo. La

comparación entre la quema prescrita con las áreas quemadas en el año 2012 se ha hecho con reservas porque fue hecha hace ya 6 años.

El calcio, fósforo, magnesio y potasio tuvieron un comportamiento similar en los diferentes tipos de suelo. Los valores más altos los tuvieron el Ca y el Mg, con un comportamiento muy parecido.

Las propiedades que mostraron una diferencia entre área no quemada y áreas quemadas fueron el porcentaje de arcilla con respecto al porcentaje de arena (en textura); el fósforo incrementó -con respecto al área no tratada- 24 unidades en el AQP y 34 en el AIP; el calcio es mayor en las áreas quemadas que en el área no tratada; el Mg fue más alto en el área de incendio controlado; la materia orgánica decreció en el área de quema prescrita y el área de incendio; y el carbono total fue mayor en el área no quemada y menor en el área de quema prescrita.

IV. SEVERIDAD DEL FUEGO EN LA VEGETACIÓN, EN CUATRO ESCENARIOS DIFERENTES EN EL EJIDO CORAZÓN DEL VALLE, MUNICIPIO DE CINTALAPA

4.1. Introducción

En la REBISE, las variaciones altitudinales, climáticas, edáficas y topográficas han favorecido el desarrollo de al menos diez de los dieciocho tipos de vegetación primaria reportados para Chiapas (INE-SEMARNAP, 1999). Los tipos de vegetación de la REBISE son: bosque de pino-encino, bosque de encino, bosque mesófilo de montaña, selvas bajas caducifolias, selvas medianas subperennifolias y subcaducifolias, matorral de niebla y sabanas. La diversidad de ecosistemas sitúan a la REBISE como una de las áreas de mayor riqueza y diversidad natural en Chiapas (Castro *et al.*, 2003).

Los pinos están asociados con disturbios y/o estrés físico del ambiente (Myers y Rodríguez, 2009). El fuego es uno de los disturbios que va a determinar el grado de supervivencia y de fecundidad de los individuos, así como la época y los lugares en los que una especie puede establecerse luego de un evento de fuego. La selección de la vegetación ocurrirá principalmente por dos de los rasgos del régimen del fuego que son la frecuencia y la intensidad. El intervalo de recurrencia del fuego impacta negativamente cuando es más corto que la edad de producción de semilla y si el fuego es muy intenso dañará más a los tejidos expuestos al calor (Vega, 2003).

Los incendios forestales y los árboles del género *Pinus* están vinculados en el espacio y en el tiempo porque el fuego ha sido responsable de las adaptaciones especializadas que poseen los pinos y de su rango de distribución. Comprender los vínculos del género *Pinus* con el fuego requiere entender las relaciones que hay entre la evolución de los pinos y el fuego, así como la forma en que el fuego ha interactuado con los géneros dominantes de la familia Pinaceae (Agee, 1998). El fuego es un factor que generalmente ha favorecido al género *Pinus* en su área de distribución natural, el fuego tiene un papel importante en el proceso de nutrición del ecosistema pino (Agee, 1998).

Las diferentes respuestas de las plantas pueden deberse a las variaciones del fuego o a adaptaciones específicas de las plantas para sobrevivir (Agee, 1993), los pinos tienen adaptaciones morfológicas al fuego que no se explican simplemente como el resultado de la presencia o ausencia del fuego, sino más bien a las combinaciones específicas de la frecuencia de incendios con la intensidad. Las principales adaptaciones al fuego que tienen los pinos son la corteza gruesa, la serotinidad, su rápido desarrollo y la germinación (Agee, 1998).

Los regímenes del pasado no son los actuales y no serán los mismos en el futuro. Las adaptaciones al fuego de los pinos en algunos casos podrían poner en situaciones de riesgo a los mismos en los nuevos escenarios del fuego (Agee, 1998).

Los pinos tropicales nacionales han recibido poca atención, solamente cuentan con el estudio de Huffman (2010) en *P. oocarpa* en donde evaluó un conjunto de características de la especie en dos parcelas de quema controlada y determinó la supervivencia de las plántulas de pino en una quema tradicional, en los ejidos Corazón del Valle y Valle de Corzo municipio de Cintalapa, Chiapas.

Últimamente ha crecido el interés para conocer la supervivencia al fuego de las especies dominantes. Una de ellas es la realizada por Alanís, *et al.* (2000) para *P. duranguensis*. No obstante, la modelación de la mortalidad en el país comenzó a hacerse con *P. hartwegii* (Rodríguez *et al.*, 2007; Vera y Rodríguez, 2007). En las primeras modelaciones, realizadas en los Estados Unidos, estimaban la supervivencia a partir de variables como altura y diámetro (Ryan y Reinhardt, 1988) y el grosor de la corteza (Ryan y Frandsen, 1991). El grado de carbonización de la corteza ha sido tomado como un indicador indirecto de la supervivencia (Plumb y Gómez, 1983). En el año de 1996 en plantaciones de Tanzania realizaron un estudio para analizar la supervivencia de *P. oocarpa*, relacionando datos de diámetro normal y altura tomados durante 16 años (Mugasha *et al.*, 1996).

En el ejido Corazón del Valle se estudiaron cuatro áreas, la primera lleva tres décadas sin fuego (ANT), la segunda es una quema prescrita realizada en abril del 2006 (AQP), la tercera es un área que se quemó en el 2012 pero que los ejidatarios decidieron que el fuego podía continuar porque se comportaba de una forma aproximada a la que tienen las quemas prescritas que ellos realizan

(AIC) y la última fue un incendio ocurrido por el escape del fuego de una zona donde cultivan milpa, el área también se quemó en el 2012 pero en este caso si se tuvo una mayor severidad en arbolado que se reflejó en la alta mortalidad (62.4% del arbolado murió). Es importante mencionar que los estudios de severidad del fuego en el arbolado en pinos tropicales es muy poca.

4.2. Objetivos

4.2.1. Objetivo general

Analizar la severidad del fuego en la vegetación en cuatro áreas en el ejido Corazón del Valle para compararlas entre sí y ver las diferencias que hay entre el área no quemada con las áreas de quema prescrita, de incendio controlado y de incendio.

4.2.1.1. Objetivos específicos

4.2.1.1.1. Cuantificar la sobrevivencia del arbolado en las cuatro áreas para examinar su relación con el tipo de fuego (o no fuego en el área testigo) que se presentó en cada unidad.

4.2.1.1.2. Relacionar el diámetro y la altura del árbol con la sobrevivencia del arbolado en el área de incendio controlado.

4.3. Hipótesis

4.3.1. La mortalidad del arbolado es mayor en los árboles con diámetros y alturas menores.

4.3.2. En el área que quema prescrita e incendio controlado la mortalidad es menor a la del área de incendio.

4.3.3. El incendio fue más severo que el incendio controlado.

4.4. Materiales y métodos

4.4.1. Localización y descripción de la zona de estudio

Las áreas muestreadas se localizan en el ejido Corazón del Valle, Cintalapa, Chiapas; dentro del polígono de la Reserva de la Biosfera La Sepultura (REBISE) (en el extremo noroeste) (figura 4-1). La vegetación en el ejido es bosque de pino-encino, siendo así una vegetación con predominancia del género *Pinus*, la especie presente es *Pinus oocarpa*, y *Quercus* spp.; la vegetación de éste tipo es importante en la REBISE porque en 1999 era reportada como la que cubría el 22.5 de la superficie de la Reserva. Corazón del Valle se encuentra en la zona de uso agropecuario y forestal en recuperación. El ejido quedó en ésta clasificación por sus características topográficas (laderas y planicies con lomeríos), por el tipo de suelo y porque las condiciones climatológicas permiten el desarrollo de actividades productivas haciendo uso de tecnologías adecuadas pero que requieren de acciones que permitan la restauración del área (INEGI-SEMARNAP, 1999).

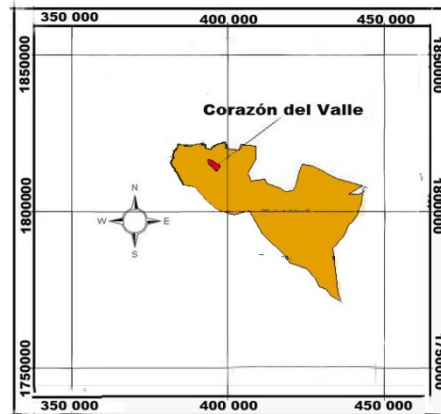


Figura 4-1. Ubicación geográfica del Ejido Corazón del Valle.

4.4.2. Los incendios forestales en la REBISE

En el período de 1998 al 2012 destacan el año 1998 y el año 2003 por la superficie que se quemó. En el año 1998 en Chiapas se quemaron 198,808.5 ha y en el 2003 fueron 67,355.06 ha (figura 4-2). El promedio de la relación superficie afectada por incendio forestal para el período 1998-2012 fue de 80.21 ha por incendio; el año de 1998 tuvo el índice más alto porque por cada incendio se quemaron 490.88 ha; por otro lado en el año 2010 por cada incendio se quemaron 27.01 ha. El año 2003 destaca porque fue el año con mayor número de incendios forestales, 495 incendios, y el año con menor número de incendios fue 1999, con 203 incendios.

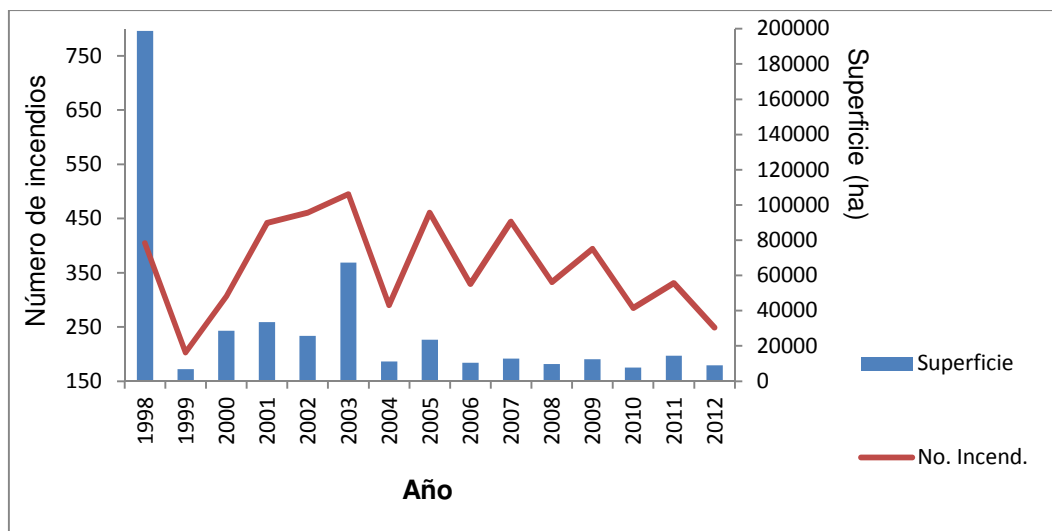


Figura 4-2. Número de incendios y superficie quemada en Chiapas, período 1998-2012 (datos proporcionados por la CONAFOR).

En los municipios donde queda la Reserva de la Biosfera La Sepultura en el período 1998 al 2012 el año con mayor número de incendios también ha sido 1998 (con 81,740 ha) y 2003 (con 36,677.51 ha) (figura 4-3). En el período 1998-2012 el promedio de superficie afectada por incendio es de 146.45 ha/incendio, en los años con mayor superficie también han destacado por el alto valor que tienen al relacionar superficie quemada con el número de incendios, siendo así de 1,061.56 ha por incendio en 1998 y de 273.71 ha por incendio en 2003.

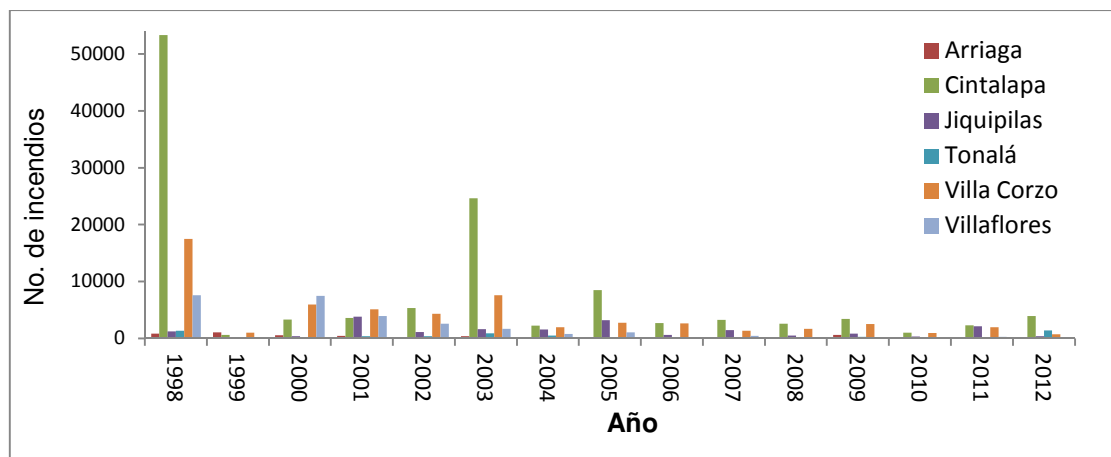


Figura 4-3. Superficie quemada en los municipios donde se ubica la REBISE período 1998-2012 (datos de CONAFOR).

El ejido Corazón del Valle se ubica en el municipio de Cintalapa, razón por la cual se analiza el peso que tiene éste municipio en la ocurrencia de incendios forestales y superficie quemada. En este municipio se concentraron el 26.83% de los incendios ocurridos en Chiapas en 1998, el 36.53% de los ocurridos en el 2003 y el 43.75% de los incendios ocurridos en Chiapas en el 2012. Los años que más superficie se quemó por un incendio fue 1998 (con 7,621.71 ha quemadas por cada incendio) y 2003 (con 630.91 ha por incendio). Los años con menor superficie afectada por incendio son 1999 (con 37.8 ha/incendio) y 2010 (con 38.98 ha/incendio) (figura 4-4).

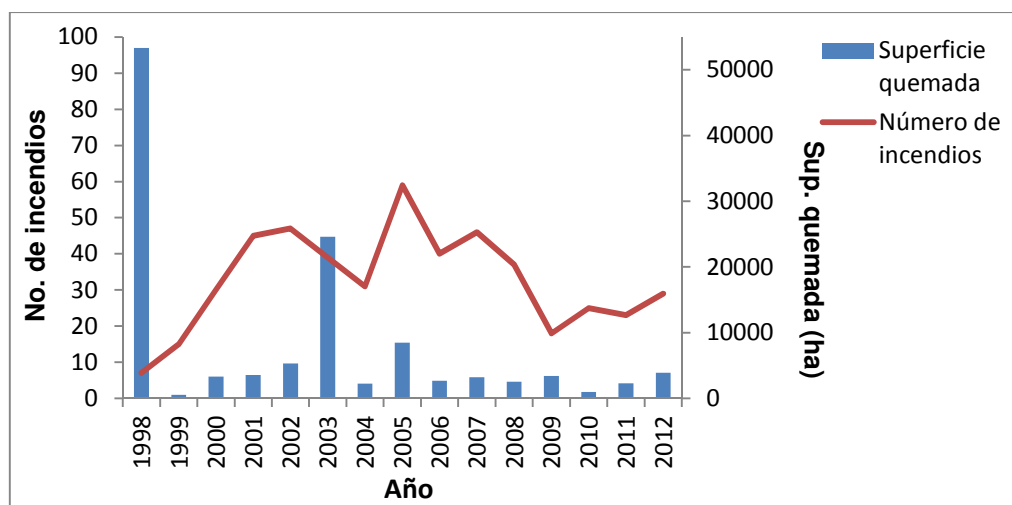


Figura 4-4. Número de incendios y superficie quemada en Cintalapa, Chiapas, para el período 1998-2012.

En los años 2010 y 2011 la CONANP-REBISE (datos de la CONANP-REBISE) han registrado los incendios que están dentro del polígono y en la área de influencia. En éste período el municipio que más incendios forestales ha tenido es Jiquipilas y Cintalapa se encuentra en el tercer lugar (figura 4-5).

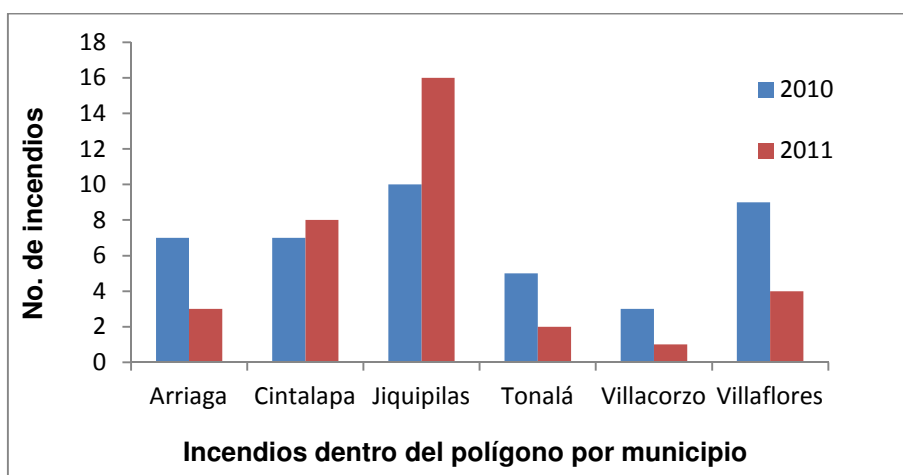


Figura 4-5. Número de incendios en la REBISE y en su área de influencia para el período 2010 a 2011 (datos de CONANP-REBISE).

En el período de 2010 y 2011 en el polígono de la REBISE se ha quemado una superficie mayor de bosques de pino-encino y de sabanas (incluyen nanchales y palmares en zonas costeras) (figura 4-6). Las selvas bajas son el tercer tipo de vegetación que se ha quemado y después está la superficie quemada en áreas con vegetación secundaria.

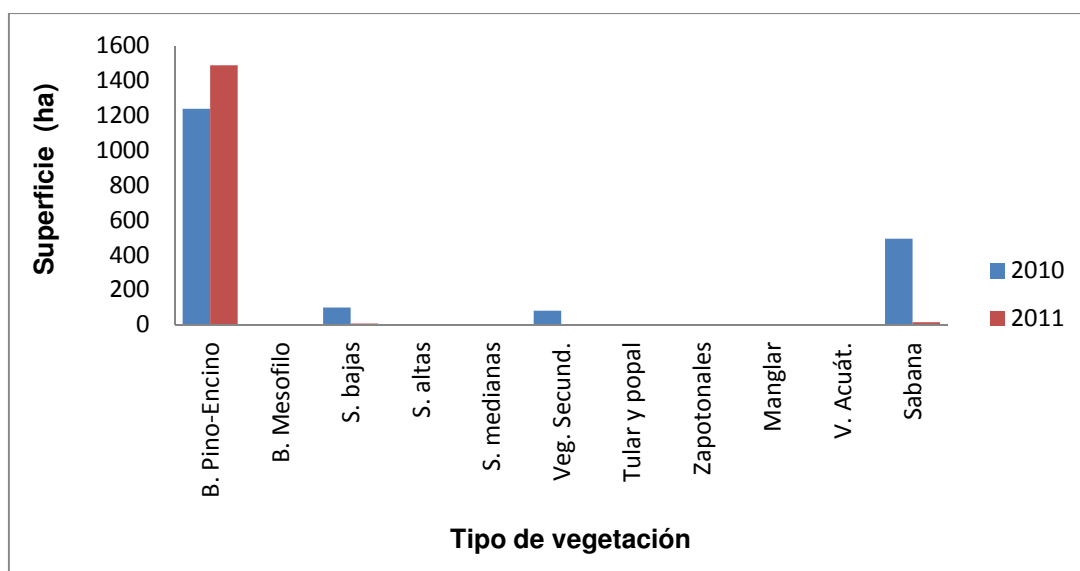


Figura 4-6. Superficie quemada por tipo de vegetación para los años 2010 y 2011 (realizada con información de CONANP-REBISE).

4.4.3. Modelo ecológico del fuego en el ecosistema de pino-encino de la REBISE

En el período 2003 al 2005 la REBISE realizó un proceso de planificación de manejo del fuego, acompañada de The Nature Conservancy y del Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza. Un subproducto del proceso fue la sistematización del conocimiento de los técnicos de la REBISE (especialmente del Ing. Víctor Negrete Paz y del Téc. José Domingo Cruz

López). El modelo conceptual se elaboró con el apoyo del Dr. Ronald L. Myers y de la Ing. Victoria Pantoja Campa, para hacer una primera propuesta del modelo ecológico del fuego para el ecosistema pino-encino. El modelo requiere de un proceso de validación y de retroalimentación mayor pero permite conocer aquello que han visto que ocurre cuando en este ecosistema ante la presencia o exclusión del fuego.

El análisis encontró que, basándose en las observaciones del Ing. Víctor Negrete y del Técnico José Domingo Cruz, para que el ecosistema de pino-encino se mantenga el fuego ocurre con una frecuencia de 3 a 5 años; si se excluye el fuego el bosque tendría mayor presencia de arbustos y el fuego ocurriría con una frecuencia de 10 a 60 años. En ambos casos incendios frecuentes (con un período de retorno menor a 3 años) pueden dirigir al ecosistema hacia la sabanización y el fuego anual mantendría un pastizal (figura 4-7).

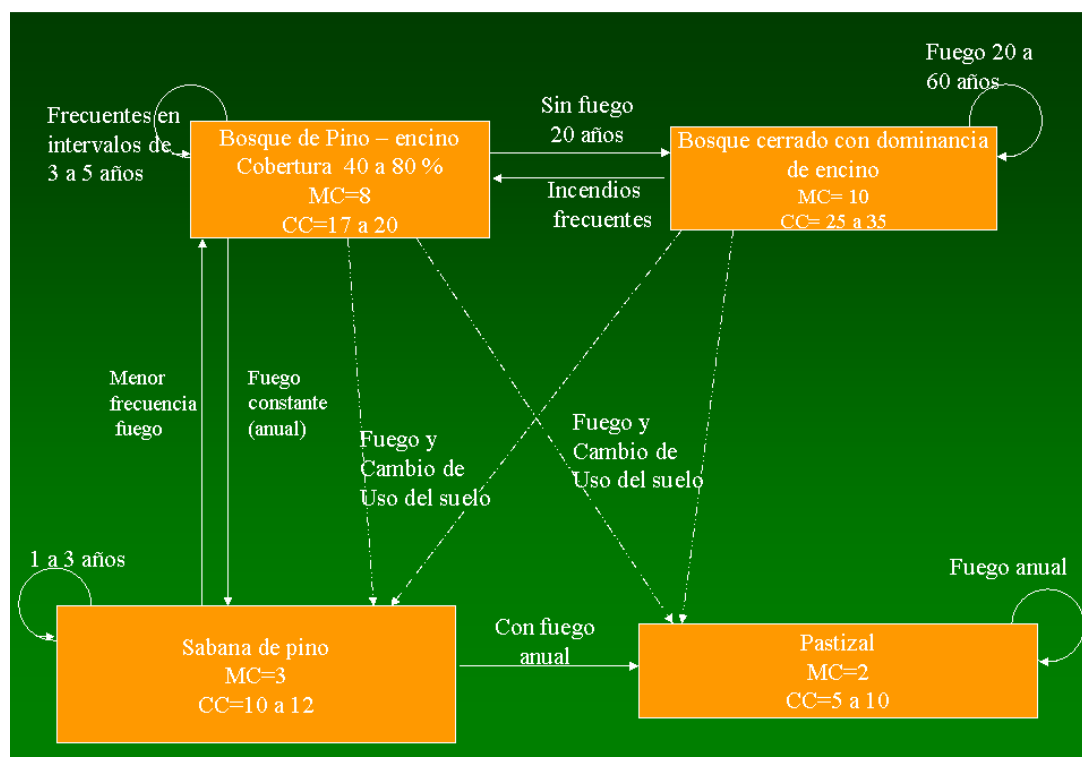


Figura 4-7. Modelo ecológico del fuego para el ecosistema pino-encino

(CONANP-REBISE, The Nature Conservancy y Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza – archivos de la REBISE).

Según Rzedowski, *et al.* (1977) el bosque de *Pinus* y el *Quercus* son dos clímax separados, pero que en determinadas condiciones se mezclan. La comunidad clímax es el bosque de *Pinus-Quercus*. Considerar clímax está vegetación puede no corresponder con lo observado en campo ya que en pinares de alta montaña, con suelos pobres y escasa vegetación se verá el ecosistema *Pinus* como el clímax para esa condición. En el otro lado están los pinares que se establecieron después de un disturbio y que serán sólo una etapa antes de regresar a la condición original.

En el año de 1977 Rzedowski *et al.*, se encontraban en medio dos posturas diferentes en torno al papel del fuego en los bosques de pino-encino. Una de ellas defendía que el fuego era perjudicial y otra decía que era indispensable. Con los conocimientos que en ese entonces tenían se permitieron afirmar que las dos posiciones tenían algo de verdad, porque Los incendios pueden verse como altamente perjudiciales pero también pueden ser indispensables para el mantenimiento de los bosques de pino; el efecto del fuego depende de las especies de pino, de la edad del arbolado, época del año en que se produce el incendio, la naturaleza del suelo, duración e intensidad del fuego

En las áreas donde se ha quemado cada año la vegetación ha pasado de ser bosque de pino-encino a sabanas. Lo anterior corresponde con lo planteado por Agee (1998) cuando describe que los pinares tropicales sometidos a quemas anuales han sido degradados a sabanas de pino.

4.4.4. Tratamientos estudiados

Las cuatro áreas estudiadas (figura 4-8) son ecosistemas de pino-encino dentro del ejido Corazón del Valle; conocidas por los pobladores del lugar como bosques de calzada porque se encuentran en lomeríos suaves y están compuestos por *Pinus oocarpa*, *Quercus* spp. y por nanches (*Byrsonima crassifolia* L. (Kunth).). La presencia del pasto es importante en el sotobosque de todas las áreas debido a que los ejidatarios tienen un manejo silvopastoril de una parte importante de los bosque de pino de los que son propietarios.

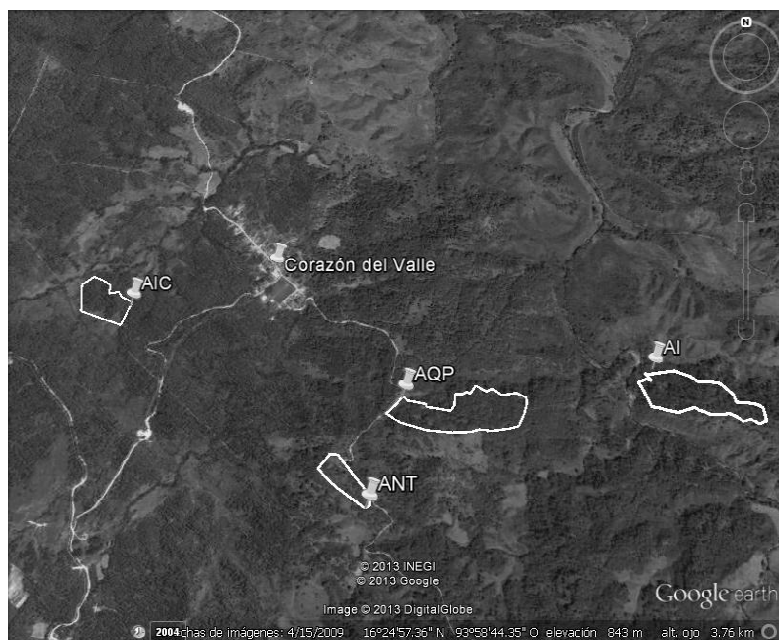


Figura 4-8. Localización de las unidades de estudio. ANT (área no tratada), AQP (área de quema prescrita); AIC (área de incendio controlado) y AI (área de incendio).

Las áreas que se quemaron no cuentan con un informe acerca del comportamiento del fuego, incluso el AQP sólo tiene el plan de quema pero no está disponible el informe de la quema. El supuesto que se tiene es que la intensidad del fuego mayor estuvo en AI, después en AIC, luego en AQP y sin efectos del fuego (en los últimos treinta años) en ANT.

4.4.4.1. Área no tratada (ANT)

Los ejidatarios apoyaron en la selección de ésta área como la ANT porque es aquella que ha estado más tiempo sin la presencia del fuego. Ellos recuerdan que son 37 años los que han pasado desde que ocurrió un incendio de

reemplazo de la masa forestal, del cual tienen memoria porque coincidió con la fundación del ejido (ellos tomaron restos de árboles para construir las primeras casas del lugar). Después de este suceso el ejido determinó que está es una zona que deben proteger y en ella no permiten ninguna actividad productiva. El paraje era llamado el banco de materiales pero ahora es conocido como el Cerro de Víctor, en honor al Ing. Víctor Negrete Paz que fue director de la REBISE.

El muestreo de vegetación se realizó en una porción del área total que se quemó en la década de 1970 (figura 4-9). En septiembre del 2012 se muestrearon 14 puntos con un diámetro de 10 m. Cada unidad de muestreo consistió de una superficie de 78.54 m², con forma circular y con un diámetro de 10 m, en donde se tomaron los siguientes datos de los árboles: si estaba vivo o muerto, altura, diámetro normal, grado de carbonización de la cicatriz (Plumb y Gómez, 1983),

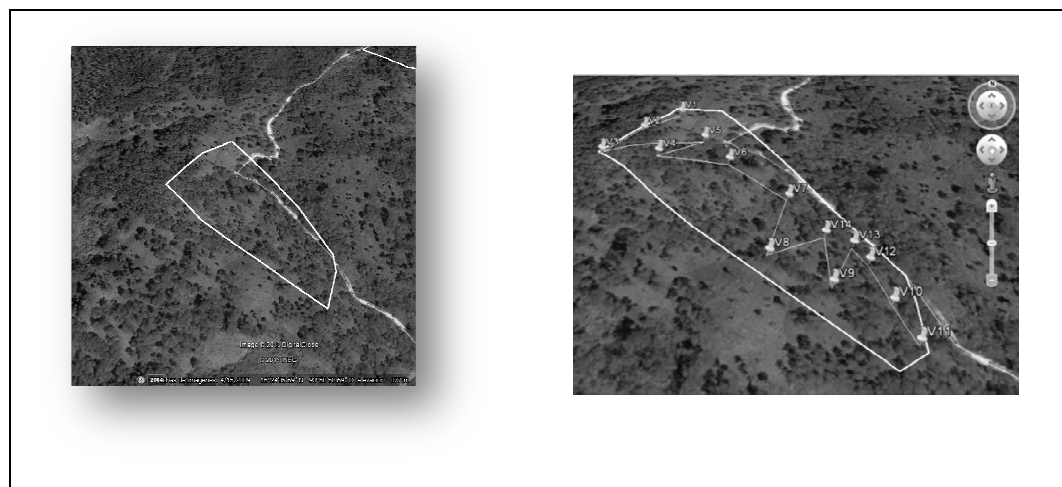


Figura 4-9. Unidad de ANT – Cerro de Víctor.

4.4.4.2. Área de quema prescrita (AQP)

El AQP es un área que fue tratada con una quema prescrita en el mes de abril del 2006; es relevante mencionar que ésta área se quemó antes en un incendio forestal en el año 2002 (CONANP y The Nature Conservancy. 2009). Las coordenadas del área son 16°24'47.0" latitud norte y 093°58'43.6" longitud oeste con una altura de 856 msnm. La vegetación presenta los tres estratos y en el arbóreo predominan el *Pinus oocarpa* y el *Quercus* spp.

El plan de quema prescrita reporta que antes de la quema los combustibles que predominaban iban de finos a regulares, sólo en una porción del área había combustibles pesados. El objetivo principal de la quema era capacitar a los ejidatarios de Corazón del Valle; los objetivos secundarios fueron reducir la carga de combustible y estimular la germinación de la semilla de pino. La técnica de ignición seguida fue la que corresponde a una quema perimetral simple, que comenzó por la parte más alta y fue bajando. Se planificó que la llama no superará el metro para reducir la deshidratación de las copas de los árboles (CONANP y The Nature Conservancy. 2009).

El muestreo constó de 22 unidades de muestreo (figura 4-10).

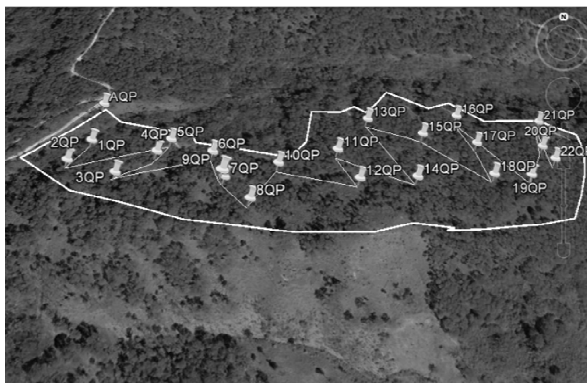


Figura 4-10. Vista general de la AQP con las unidades de muestreo.

4.4.4.3. Área de incendio controlado (AIC)

El área de incendio controlado fue propuesta por los ejidatarios como una zona de estudio porque se quemó, aproximadamente, cuatro meses antes (abril o mayo del 2012) de que se hiciera el muestreo. La zona se encuentra próxima al centro de población es por eso que las mujeres lo detectaron cuando caminaban hacia el molino de maíz y alcanzaron a ver el humo. Los hombres del ejido fueron al área, identificaron que el comportamiento del fuego era parecido al de las quemas que ellos hacen, entonces aseguraron de que el río y un camino lo contuvieran en esa área.

En la AIC (figura 4-11) se muestrearon 21 puntos. La vegetación en la zona corresponde a bosque de pino-encino; localmente es llamado bosque de calzada porque están presentes los ocotes (*Pinus oocarpa*), *Quercus* sp., *Byrsonima crassifolia* y pastizales. En el área quemada está presente la *Mimosa pudica* (dormilona), cubriendo una parte importante del sotobosque; la

dormilona es identificada por los pobladores como una planta favorecida por el fuego.

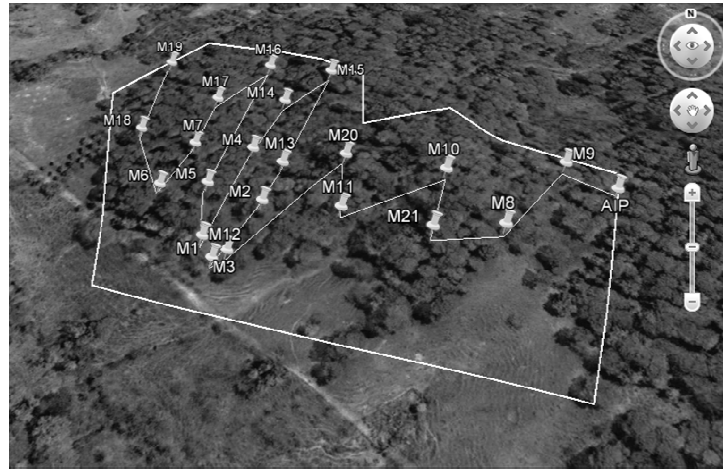


Figura 4-11. AIC – Los Nanches.

4.4.4.4. Área de incendio (AI)

El área de incendio se ubica en el paraje denominado El Salto, el propietario del terreno es el Sr. Porfirio Cruz; es un área de acceso más complicado. La topografía es más abrupta que en las otras áreas. El incendio empezó en la parte más baja y avanzó a favor de la pendiente. En el AI ocurrió un incendio en el mes de mayo de 2012, en el polígono quemado (figura 4-12) se encontraron áreas en donde la continuidad vertical permitió que el incendio fuera de copa. La vegetación del área es bosque de pino-encino (llamado localmente bosque de calzada).



Figura 4-12. AI – El Salto.

4.4.5. Variables de respuesta

Las variables que se midieron en las cuatro áreas fueron: el diámetro normal, la altura total de los árboles, grado de carbonización de la cicatriz y si estaban vivos o muertos los árboles. En las áreas quemadas durante el 2012 fue posible evaluar la altura de chamuscado, el porcentaje de copa chamuscada y el porcentaje de ramas sin hoja.

4.5. Resultados y discusión

4.5.1. Altura total y diámetro a la altura del pecho

El incremento en la altura de los árboles ha sido relacionada con un daño menor ocasionado por el fuego y para el caso de los bosques de pino del Área Experimental Madera, en Chihuahua, encontraron que el daño al arbolado era menor en los árboles con alturas superiores a los 12 m (Alanis *et al.*, 2000). El porcentaje de los árboles de *Pinus oocarpa* con una altura menor o igual a 12 m

fue de 82.4% en el AI, de 71.7% en el ANT, de 47.83% en el AQP y de 14.77% en el AIC (figura 4-13).

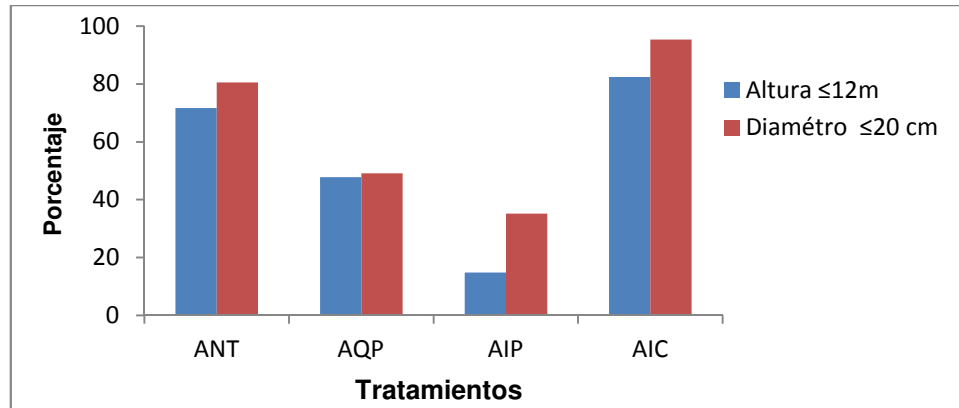


Figura 4-13. Porcentaje de arbolado con una altura menor o igual a 12 m y con un diámetro menor o igual a 20 cm.

El 80.55% de los árboles tienen menos de 20 cm de diámetro a la altura del pecho en el ANT, 49% en AQP, 35.2% en AIC y el 95.4% en el AI. En el análisis se distinguió entre los valores de diámetro menores a 20 cm y los mayores porque Jardel, *et al.* (2003) encontraron que en la Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán, Jalisco, la mortalidad de árboles como consecuencia de los incendios forestales se concentró, principalmente, en las categorías de diámetro inferiores a los 20 cm produciendo un autoaclareo. Lo anterior coincide con Alanis *et al.* (2000) porque ellos encontraron que el daño al arbolado adulto fue mínimo en las áreas en donde los árboles tuvieron un diámetro mayor a los 20 cm, en esos sitios los árboles comenzaron a recuperarse en las lluvias de verano.

Retomando a Jardel *et al.* (2003) y a Alanís *et al.* (2000) se parte de que los árboles con más de 20 cm de diámetro y aquellos que tienen una altura mayor a 12 cm podrán recuperarse mejor si ocurre un incendio en el área. Esto corresponde con lo analizado en las unidades estudiadas, en el caso del AQP que fue quemada en el 2006 no se encontró ningún árbol muerto lo cual permite ver que la quema no provocó la muerte de ningún árbol de pino en el área.

Mientras tanto en AIC se tuvo una mortalidad del 1.14% de los pinos (figura 4-14) que se puede explicar porque el comportamiento del fuego debió tener un comportamiento del fuego más similar al de una quema prescrita y la intensidad del fuego alcanzó temperaturas letales en un porcentaje relativamente bajo de árboles, punto relevante si se enmarca que no fue un fuego controlado. El porcentaje de árboles con diámetro mayor a 20 cm fue de 35.2% y el porcentaje de los árboles con una altura mayor a 12 m fue de apenas 14.77%. En AIC la baja mortalidad se explica más porque el fuego que ocurrió estuvo dentro de los parámetros que resiste este tipo de ecosistema.

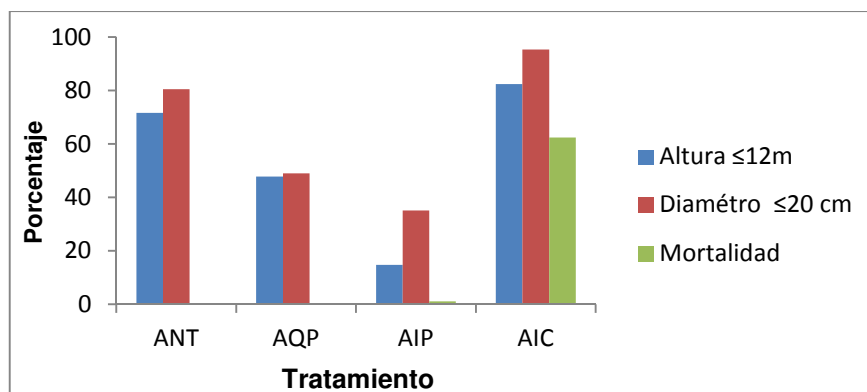


Figura 4-14. Relación entre diámetro y altura con mortalidad del arbolado.

El análisis anterior se complementó con el de la supervivencia por clases de altura con un ancho de clase de 5 m. El número de individuos por clase de altura en el ANT y en el AIC tienen una distribución que corresponde con una ecuación logarítmica, en ambas unidades es mayor el número de individuos con alturas menores a los 10 m. Siendo diferente la distribución en AQP y en AIC, en el caso de AQP es mayor el número de árboles con altura entre 10-15 m y en el AIC se concentra entre 10 y 25 m (figura 4-15).

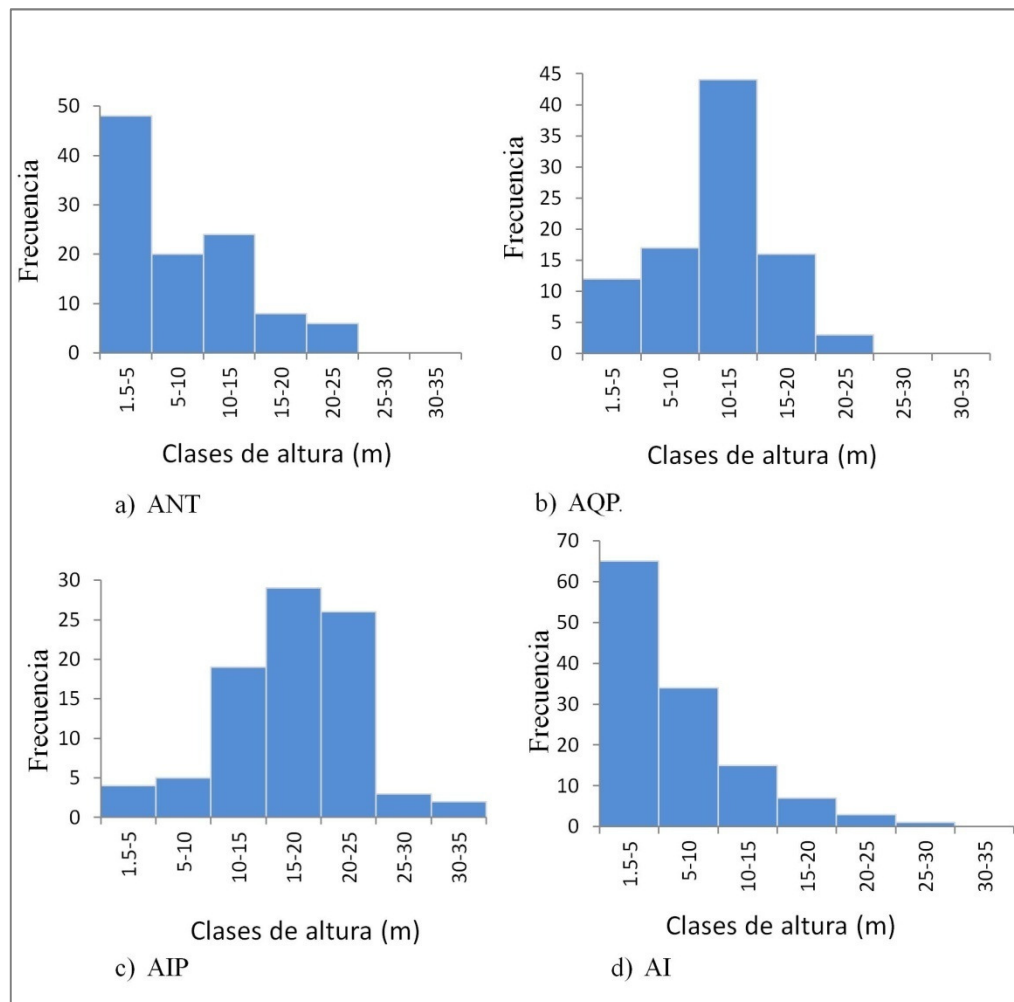


Figura 4-15. Número de individuos de acuerdo con la altura (m) en ANT, AQP, AIP y AIC

En la AQP se tuvo el 100% de supervivencia de árboles; en AIC la supervivencia fue de 98.86%, murió un solo individuo de la clase 1.5 a 5 teniendo así una supervivencia del 75% en ésta clase.

En el AI se tuvo una supervivencia de apenas 37.6%. Las supervivencias menores se concentraron en las clases de altura de 1.5 a 5 m (23.07% supervivencia) y en la de 5 a 10 m (32.35% de supervivencia). Los árboles de 10 a 15 m tuvieron una supervivencia de 86.6%, los de 15 a 20 m de 100% y los de 20 a 25 m de 33.33% y la supervivencia de 25 a 30 m fue de 0%. La baja supervivencia de los árboles con altura de 25 a 30 m se explica porque en el área se concentran en la parte más alta de la ladera, el incendio fue a favor de la pendiente y en la parte más alta el incendio coronó causando una mayor afectación en el arbolado. Al analizar la relación entre la altura del arbolado y la supervivencia desde la clase 1.5 a 5 m hasta la clase 15 a 20 m se encuentra que hay una mayor supervivencia conforme aumenta la altura (figura 4-16).

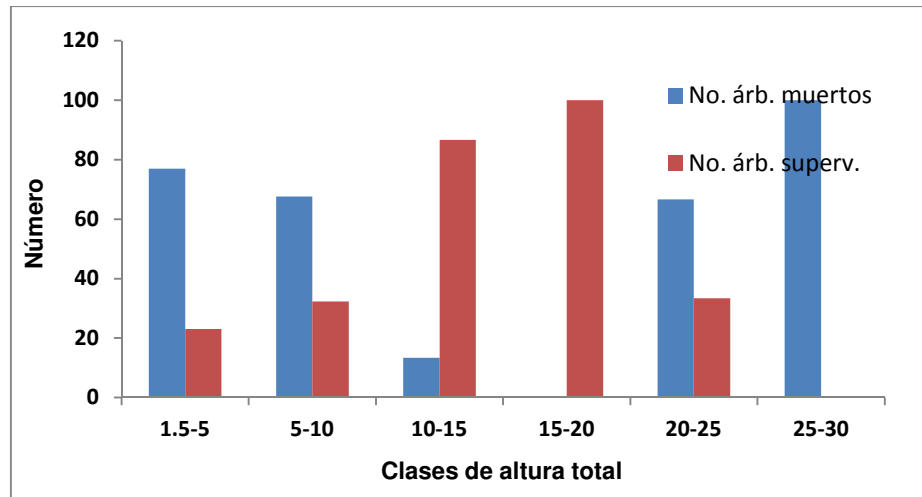


Figura 4-16. Relación entre altura y número de árboles supervivientes en el AI – El Salto.

El diámetro normal en el ANT tiene una distribución polinómica, los individuos se concentran, principalmente, en la clase de 0 a 10 cm. En el AQP la distribución del número de árboles por clase diamétrica se concentra en las primeras cuatro clases (0 a 10 cm, 10 a 20 cm, 20 a 30 cm y 30 a 40 cm). En el área del incendio controlado la distribución del número individuos tuvo una distribución polinómica, las clases diamétricas del centro (20 a 30 cm y 30 a 40 cm) tienen el mayor número de individuos por clase. La unidad AI no presentó una tendencia en la distribución del número de individuos de acuerdo con el diámetro normal, el mayor número de individuos se concentra en la clase diamétrica de 0 a 10 cm (figura 4-17).

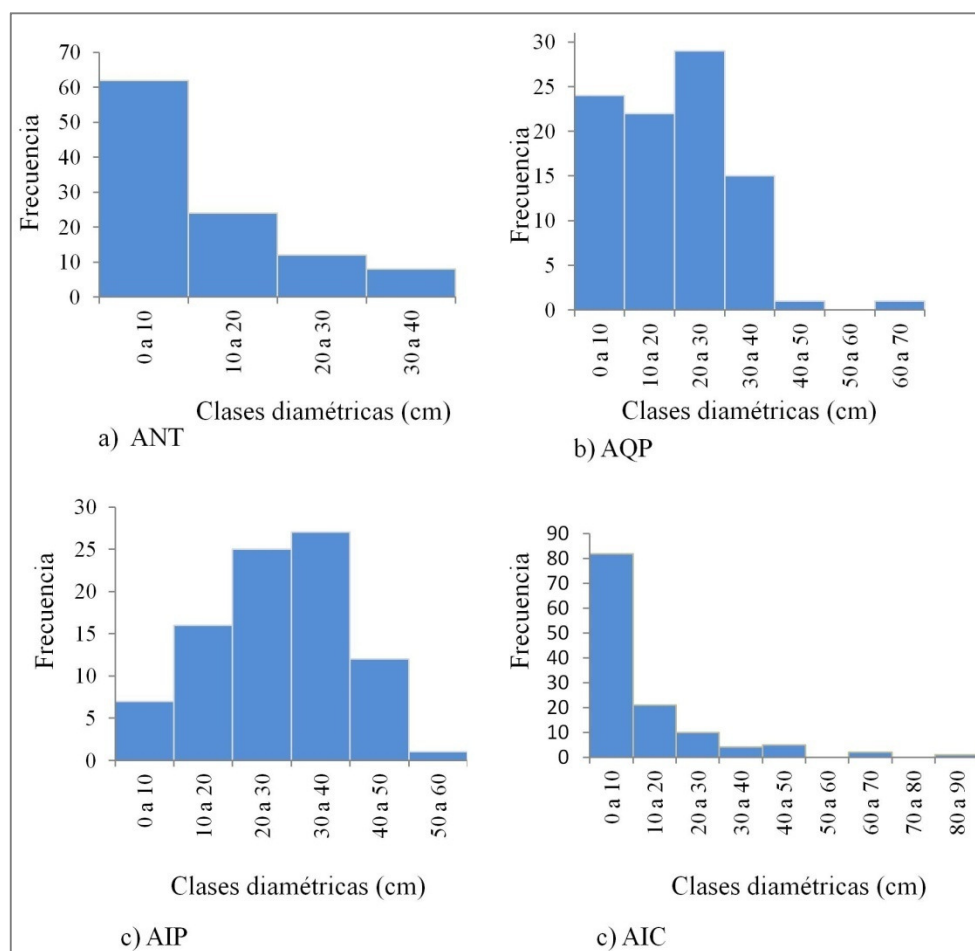


Figura 4-17. No de árboles por clase diamétrica.

En el AI pudo verse que la supervivencia de árboles está directamente relacionada con el diámetro normal (exceptuando las zonas con mortalidad alta porque el incendio coronó), siendo así que entre mayor sea el diámetro normal es mayor la probabilidad de supervivencia de los árboles a un evento de incendio forestal similar al ocurrido en el área (figura 4-18).

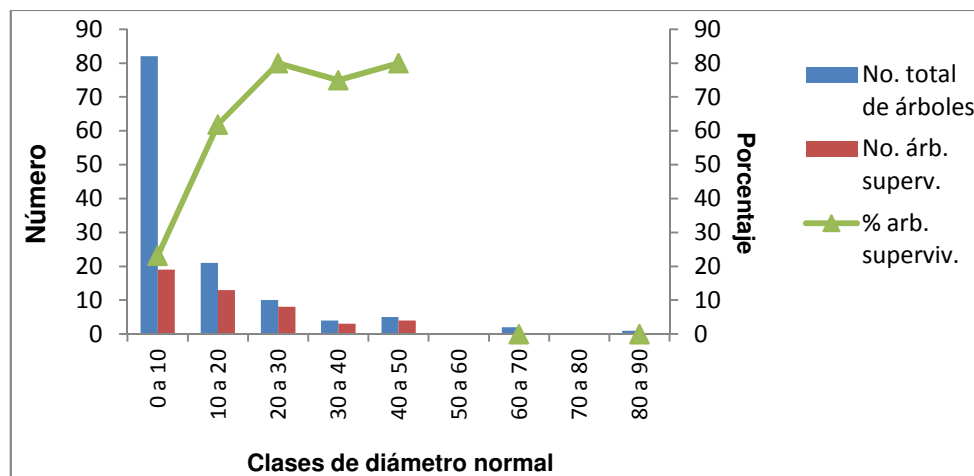


Figura 4-18. Relación entre diámetro normal
y supervivencia de árboles en el AI.

El AIC puede compararse con AI porque las dos se quemaron entre los meses de abril y mayo del 2012, las principales diferencias fueron el tipo del fuego (en varias partes del área fue un incendio de copa) y que el relieve en AI es más abrupto que en AIC. AI era más vulnerable porque el 82.4% de sus árboles tenían una altura menor o igual a 12m y el 95.37% tenía un diámetro menor o igual a 20 cm. La combinación entre relieve, predominancia de árboles con un diámetro menor a 20 cm y menores a 12m, dio como resultado que el 62.4% de los árboles murieran.

4.5.2. Grado de carbonización de la corteza

Cuando se presenta el fuego en un área forestal el daño más común en el tronco es la herida basal que puede resultar en la muerte del cambium. Los árboles se recuperan mejor de las heridas de pocos centímetros de diámetro pero cuando la herida es grande son más vulnerables a los ataques de plagas y

enfermedades. Incendios sucesivos pueden ampliar la cicatriz quedando un delgado anillo de madera viva y en ese momento el árbol puede ser dañado por el viento (Plumb y Gómez, 1983).

Las temperaturas que se asocian con la fase de smoldering son considerablemente mayores que la temperatura letal para el tejido del cambium. El grosor de la corteza generalmente aumenta con el diámetro del árbol, de acuerdo a Ryan y Frandsen (1991) no fue significativo estadísticamente pero la evidencia sugirió que la mortalidad es sensible al diámetro. La corteza aumenta con la altura lo cual debería producir un efecto positivo sobre la resistencia a la lesión térmica.

Plum y Gómez (1983) ofrecieron una secuencia para evaluar el daño. Lo primero que se tiene que hacer es evaluar la condición del tronco y clasificarla en una de las tres clasificaciones para el grado de carbonización. Las clases son las siguientes:

- a) Grado de carbonización ligero (1). La carbonización muestra picaduras dispersas en la corteza y la muestra irregular.
- b) Grado de carbonización moderado (2). Se muestran áreas carbonizadas que han reducido el grosor de la corteza.
- c) Grado de carbonización fuerte (3). La carbonización es continua, pronunciada reducción del grosor de la corteza con madera de las capas más profundas a la vista.

El mayor porcentaje de árboles con categoría 2 está en AI, en ésta misma área fue de 8% para la categoría 3 y aquí se tuvo el mayor porcentaje de árboles muertos (62.4%). En AI fue muy bajo el porcentaje de árboles en la categoría 3 de carbonización porque eran árboles jóvenes y muchos de ellos murieron sin mostrar una cicatriz. Mientras tanto en AIC el mayor porcentaje de árboles no se carbonizo (37.5%), el 30.68% estuvo en la categoría 1 y en la categoría 3 tuvo 21.59%; la mortalidad fue de 1.14%. En ANT y en AQP el mayor porcentaje de los árboles no presenta carbonización (79.25% y 46.65% para cada área) (cuadro 4-1).

Cuadro 4-1. Porcentaje de árboles por categoría de grado de carbonización (clases propuestas por Plumb y Gómez, 1983).

Grado Carbonización	ANT	AQP	AIC	AI
Cat. 0	79.25	45.65	37.50	7.2
Cat. 1	1.89	15.22	30.68	1.6
Cat. 2	0.94	11.96	10.23	83.2
Cat. 3	17.92	27.17	21.59	8
% de árb. muertos	0	0	1.14	62.4

4.5.3. Altura de carbonización

La altura de carbonización se midió en las cuatro áreas de estudio. La categoría 0 alcanzó el 82.1% en el ANT, el 45.7% en el AQP, el 38.6% en el AIP y sólo 7.2% en el AIC (figura 4-19). La distribución de los árboles por categorías es

similar entre AQP y AIP, la diferencia que tienen es que en AIP la categoría 3 tiene 1.1%. El AI tiene el mayor número de individuos en la categoría 3 (36%) y en la 2 (32.8%), la clase 4 tiene 16%. Lo anterior puede explicarse retomando a Batista y Soares (1993). En una plantación de *Pinus taeda* encontraron que la altura media de carbonización de la corteza de los árboles tiene una fuerte relación con la velocidad de propagación e intensidad del fuego. Siendo así una variable que permite describir el comportamiento del fuego. Partiendo de lo anterior se esperaría que en AIC el fuego haya tenido una mayor intensidad, lo cual permitiría explicar la muerte del 62.4% del arbolado.

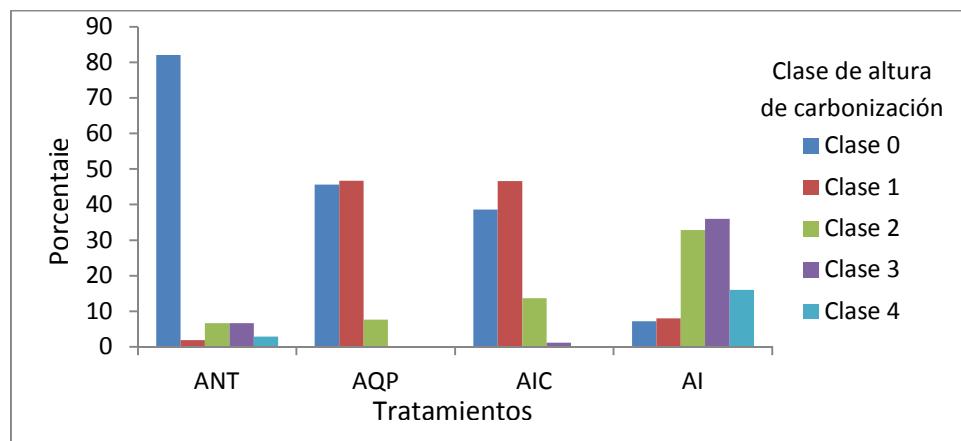


Figura 4-19. Proporción de árboles por clase de altura de carbonización.

4.5.4. Altura de chamuscado

La clase 0 (no quemado) de altura de chamuscado fue la que tuvo el 100% de árboles en ANT y en AQP, mientras que en AIC tuvo 98.86%. El AI tuvo árboles en las cinco categorías. El 4.8% (clase 0) es no quemado, el 9.6% (clase 1) con una altura entre ≤ 3 m, el 55.2% (clase 2) con una altura $>3\text{m}\leq 6\text{m}$, el 28%

(clase 3) con una altura $>6\text{m}\leq 15\text{m}$ y el 2.4% (clase 4) con una altura mayor a 15 m (figura 4-20).

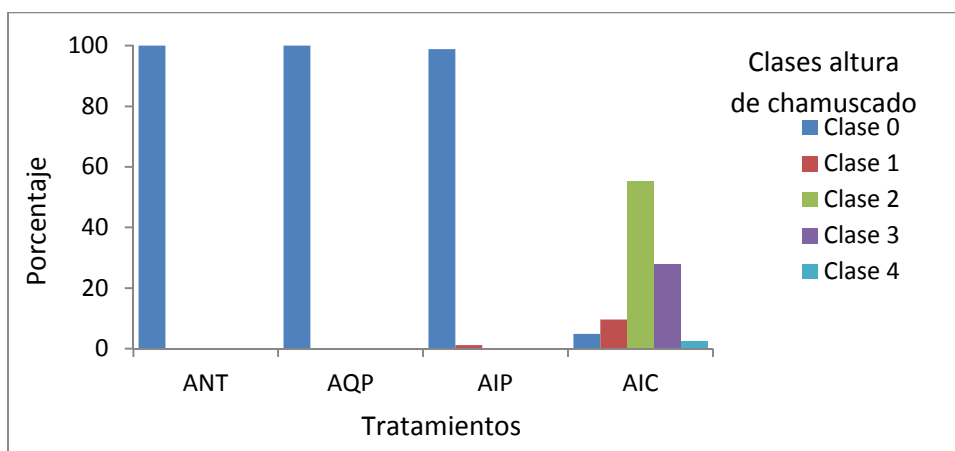


Figura 4-20. Número de árboles por clase de altura de chamuscado en los tratamientos

4.5.5. Porcentaje de chamuscado de copa

El chamuscado de copa y el porcentaje de copa con ramas sin hojas sólo se pudo observar en AIP (figura 4-21). El porcentaje de copa chamuscada en los árboles de AIC fue de 68% en la clase 5 ($99\leq 100\%$ de copa chamuscada) y de 11.2% en la clase 2 ($5\leq 50\%$ de copa chamuscada); la media de porcentaje de copa chamuscada fue de 83.96% y la desviación estándar de 29.34%. Los árboles que tuvieron una copa sin chamuscado fueron apenas del 7.2%. El porcentaje de ramas en las copas tuvo el 33.6% de árboles en la clase 0 (no quemada), el 32% en la clase 5 ($99\leq 100\%$ de la copa sin hojas pegadas a las ramas) y el 17.6% en la clase 2 ($5\leq 50\%$ de la copa sin hojas pegadas a las

ramas); la media de porcentaje de ramas sin hojas de las copas fue de 50.96% y la desviación estándar 43.30%.

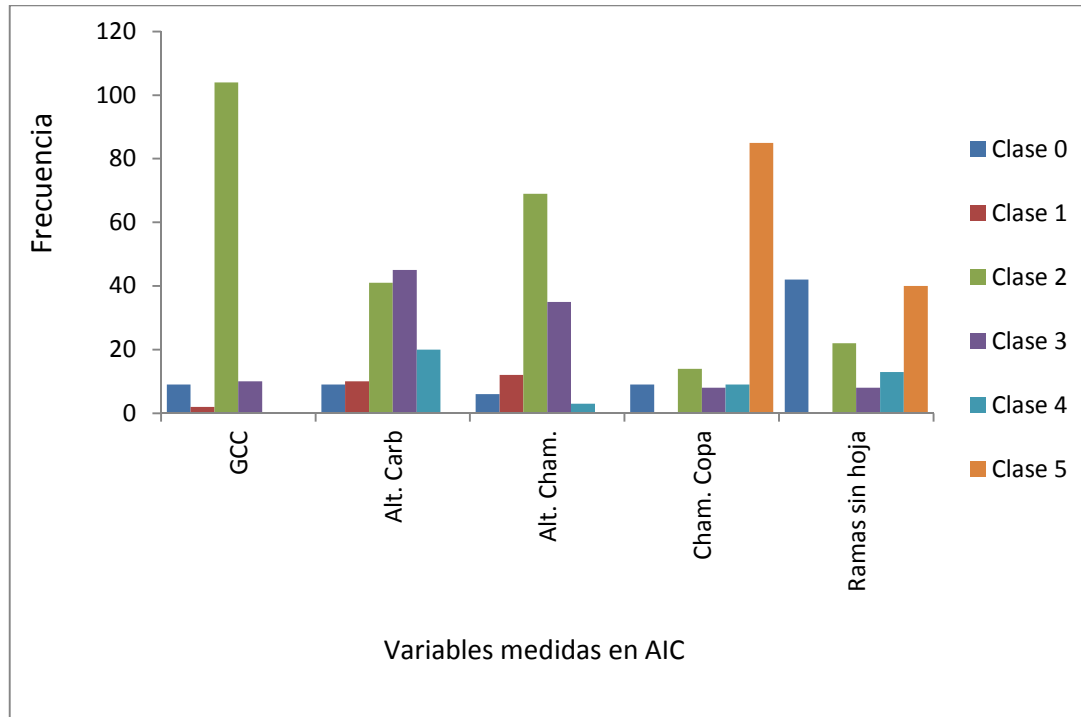


Figura 4-21. Clases de afectación en arbolado en AIC

4.5.6. Modelo logístico para el AI – El Salto

En el noroeste de los Estados Unidos hay un amplio rango de resistencia al daño provocado por los incendios, árboles con un altura similar y edad, pero diferente especie, pueden tener variación en la afectación ante la exposición al mismo tipo de fuego (Ryan y Reinhardt, 1988). Las variaciones se dan también dentro de la misma especie, Vega *et al.* (2009) reportaron que las masas de *Pinus pinaster* ante la ocurrencia de un incendio forestal quedan dañadas parcialmente por el fuego, algunos de los individuos que fueron afectados sobrevivirán mientras que otros no lo harán (Vega, *et al.*, 2009).

Se identificó la probabilidad de supervivencia de *P. oocarpa* después de 5 meses de ocurrido el incendio forestal en el predio denominado El Salto (AI). Debido a que la supervivencia del arbolado es un dato binario (árbol vivo = 0, árbol muerto = 1) puede ser modelada como una probabilidad mediante el uso del análisis de regresión logística (Vega *et al.*, 2009). El modelado se realizó en el programa SAS System for Windows 9.0 empleando el procedimiento logístico (PROC LOGISTIC), para modelar la supervivencia con diámetro normal, altura del árbol, grado de carbonización de la cicatriz, altura de la cicatriz y altura de chamuscado. Se analizaron 185 árboles que se muestrearon en los 20 sitios de la unidad. Las variables más explicativas de la supervivencia fueron altura y diámetro normal.

Los resultados del análisis indicaron que las variables relacionadas en forma significativa con la supervivencia del arbolado son la altura y el diámetro normal. Puede decirse que los árboles con un diámetro normal menor y una altura más baja tienen mayor probabilidad de morir ante un evento de fuego como el ocurrido en AI. Estos resultados son preliminares porque se pueden modificar por un estudio a largo plazo pero pueden ser útiles para la toma de decisiones para el manejo del fuego.

En AI se modeló la probabilidad de mortalidad a partir de diámetro normal, altura del árbol, grado de carbonización de la cicatriz, altura de la cicatriz y altura de chamuscado. El proceso incluyó los datos de 185 árboles muestreados en los 20 sitios del área. Las variables explicativas de la mortalidad fueron altura y diámetro normal. Al igual que Ryan y Reinhardt

(1988), el análisis de los datos de AIC mostró que existe relación de la altura y el diámetro con la resistencia que tienen los árboles al daño provocado por el fuego. Cuando un fuego ocurre quedan árboles dañados, algunos individuos pueden sobrevivir mientras que otros no (Vega et al., 2009).

El modelado da elementos para decir que en AIC los árboles con menor diámetro normal y menor altura total tienen mayor probabilidad de morir ante la presencia del fuego. Rodríguez et al., (2007) y Vera y Rodríguez (2007) hallaron para *P. hartwegii* que en estudios de 1 y 2 años después del paso del fuego que la mayor parte de la mortalidad acontece el primer año, en categorías diamétricas bajas y de mayor intensidad. La probabilidad de mortalidad de los árboles en relación con su altura total, se explica con la siguiente fórmula:

$$Pm_h = 1 / (1 + e^{-(1.6502 - 0.1562ht)})$$

En donde:

Pm_h = probabilidad de mortalidad (0 a 1)

ht = es la altura total (m).

Este modelo probabilístico (Pm_h) es significativo ($X^2 = 20.5012$, $P < 0.0001$). El intervalo de confianza al 95% fue de 0.855 a 0.787. La asociación de la probabilidad predicha y las respuestas observadas son: 66.6% concordante, 6.0% ligada y 27.4% discordante. La ecuación muestra que cuando aumentó la altura del arbolado también lo hizo la probabilidad de supervivencia; además, indica que cuando un árbol tuvo menos de 20 m de altura total era más probable que muriera en el incendio (figura 4-22).

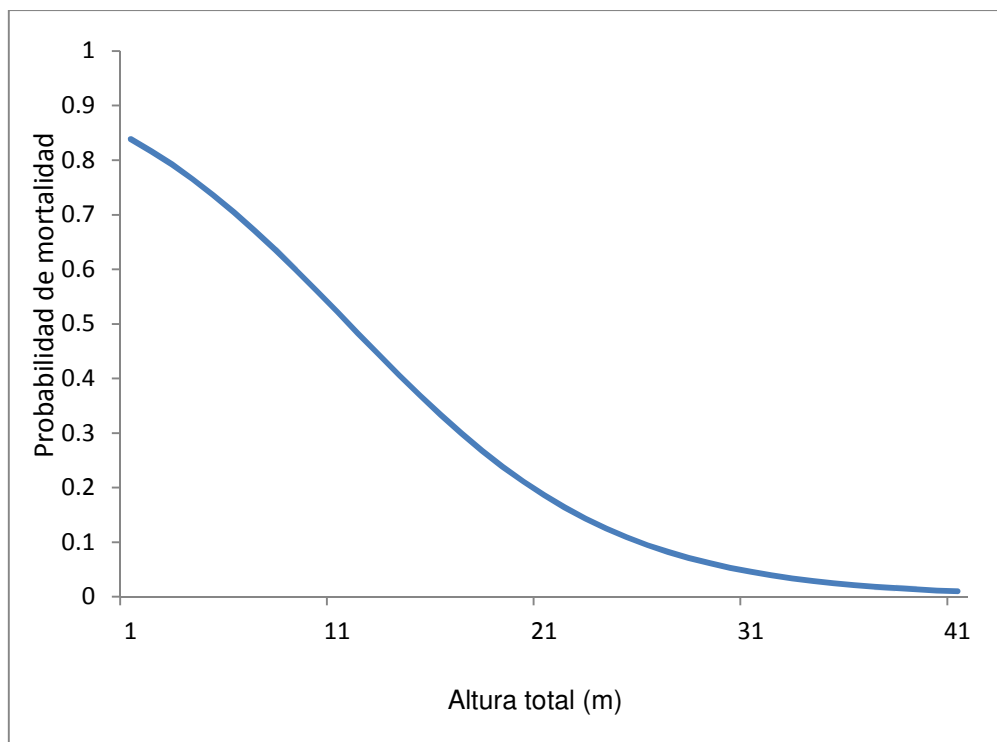


Figura 4.22. Probabilidad de mortalidad en función de la altura de *Pinus oocarpa* en AIC.

La probabilidad de la mortalidad de los árboles en relación con su diámetro normal se explica con la siguiente fórmula:

$$Pm_{\varnothing} = 1/(1+e^{-(0.911-0.0311\varnothing)})$$

En donde:

$Pm_{\varnothing}$ = probabilidad de mortalidad (0 a 1)

$\varnothing$ = diámetro normal (cm).

Este último modelo es significativo ($X^2 = 11.8946$, $P < 0.0006$). El intervalo de confianza al 95% fue de 0.969 a 0.942. La asociación de la probabilidad predicha y las respuestas observadas es 68.8% concordante, 1.4% ligada y

29.8% discordante. Al graficar la ecuación (figura 4.23) puede observarse que cuando aumentó el diámetro normal también lo hizo la probabilidad de supervivencia. La ecuación permite ver que los árboles con diámetros menores a 60 cm tuvieron una mayor probabilidad de mortalidad, de 0.28, en el incendio en AIC.

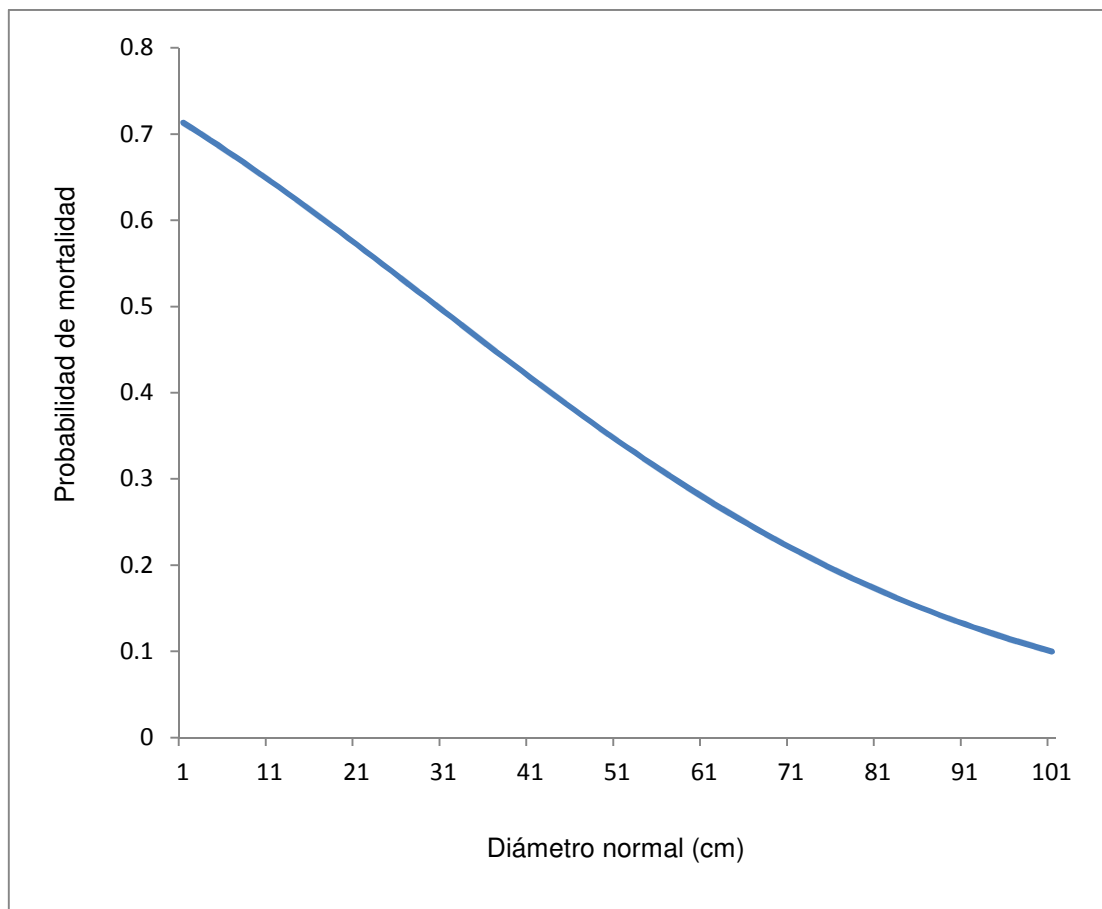


Figura 4-23. Probabilidad de mortalidad de *P. oocarpa* como función del diámetro normal en AIC.

4.6. Conclusiones

El ecosistema de pino-encino es un ecosistema adaptado al fuego, en el caso del ejido Corazón del Valle se encontró que existe una diferente respuesta del ecosistema ante fuego planificado, incendio controlado y un incendio que tuvo una mayor severidad en la vegetación.

Los resultados indican una supervivencia de *Pinus oocarpa* del 37.6% en el área del incendio y del 98.86% para el área del incendio controlado. El área de quema prescrita fue realizada seis años antes del muestreo pero en el muestreo no se encontraron árboles muertos por lo que se puede decir que el tratamiento tuvo una supervivencia del 100%. La baja supervivencia en el incendio ocurrió en un escenario con predominancia de árboles con una altura menor o igual a 12m y con un diámetro menor o igual a 20 cm (82.40 y 95.37% respectivamente). En contraste, la alta supervivencia en el incendio controlado tuvo una predominancia de árboles mayores a 12 m y con diámetros mayores a 20 cm (85.23 y 64.8% respectivamente).

La supervivencia fue menor en los árboles que tuvieron un grado de carbonización 2 y 3. En el incendio el 83.2% tuvo categoría 2 y el 10.23% fue de la categoría 3; mientras que en el incendio controlado fue de 6% para la categoría 2 y de 21.59% para la categoría 3.

Aplicando un modelo logístico se obtuvo la probabilidad de sobrevivencia del arbolado al tipo de incendio ocurrido y se encontró que las variables más explicativas fueron altura y diámetro normal; el grado de cicatrización no fue

explicativo y eso contrasta con lo obtenido por Ryan y Frandsen (1991), porque los ejidatarios encontraron en esta variable una explicación para la supervivencia y en el caso de AI no fue explicativa porque el 65.6% de los árboles se concentra en la clase diamétrica 0 a 10 cm y en el momento de muestreo se encontró una mortalidad del 76.83% de los árboles sin que mostraran algún proceso de cicatrización.

V. CAMBIO CLIMÁTICO EN LA REBISE

5.1. Introducción

La Convención Marco de las Naciones Unidas (1992) sobre el Cambio Climático, lo define como un cambio de clima que puede ser atribuido directa o indirectamente a la actividad humana y que altera la composición de la atmosfera mundial. El cambio climático se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables.

Zillman (1997) destacó su discrepancia con lo que el Grupo de Trabajo del IPCC ha llamado cambio climático. El problema radica en que crea confusión en la opinión pública porque una de las cuestiones preliminares del debate es si las actividades humanas han afectado el clima global o si es una variabilidad natural. El IPCC incluye a las variaciones naturales, esto lleva a que la afirmación de que el clima ha cambiado con respecto a hace un siglo (sea cual sea la causa) suena razonable pero la discusión científica puede tener más impacto encontrando el grado de influencia humana en el cambio del clima.

5.2. Objetivos

5.2.1. Identificar las evidencias del cambio climático en la REBISE.

5.2.1.1. Conocer los escenarios generados para la región e interpretarlos.

5.3. Hipótesis

5.3.1. En la REBISE hay evidencias de cambio climático.

5.3.2. Los escenarios de cambio climático para el 2050 para la REBISE indican que aumenta la temperatura y la precipitación se reduce.

5.4. Materiales y métodos

5.4.1. Clima en la REBISE

En la REBISE son cinco los climas presentes: el cálido subhúmedo con lluvias y canículas en verano (Aw2 (w)); el cálido húmedo con lluvias y canícula en verano con porcentaje de lluvia invernal menor al 5% (Am (w)); clima semicálido subhúmedo con lluvias en verano y canícula en la misma estación (A (C)w2 (w)); clima semicálido húmedo con abundantes lluvias en verano, porcentaje invernal de lluvias inferior al 5% y la precipitación total anual entre 2,000 y 2,500 mm (A(C)m(w)); y, clima templado húmedo con abundantes lluvias en verano, lluvias invernales inferiores al 5%, precipitación total anual entre 2,000 y 3,000 mm (C (m) (w)) (INE-SEMARNAP, 2009).

En la Reserva se presentan los siguientes tipos climáticos (INE-SEMARNAP, 2009):

- **Aw2 (w).** Cálido subhúmedo con lluvias y canículas en verano, con porcentaje de lluvia invernal menor al 5%. La precipitación total anual fluctúa entre 1,200 y 2,000 mm. La temperatura media anual varía entre los 24 °C y los 28 °C. Este tipo climático se distribuye en ambas vertientes de la sierra, desde los 100 hasta los 1,100 msnm, ocupando hasta un 60% de la poligonal de la Reserva, principalmente en su sector central, norte y oeste.

- **Am (w).** Cálido húmedo con lluvias y canícula en verano con porcentaje de lluvia invernal menor al 5%, precipitación total anual entre los 2,000 y 2,800 mm. y temperatura media anual entre los 24 y 28 °C; se localiza sobre la vertiente del Pacífico, de los 100 a los 1,000 msnm, en el extremo sureste de la Reserva.
- **A (C)w2 (w).** Semicálido subhúmedo con lluvias en verano y canícula en la misma estación; porcentaje de lluvia invernal menor al 5%, precipitación total anual entre los 1,500 y 2,000 mm, y temperatura media anual de 22 °C. Este tipo climático se distribuye en los cerros La Palmita, La Sepultura, Pilón de Azúcar, La Fábrica y Cacahuatal, desde los 1,000 hasta los 1,300 msnm, en el sector oeste.
- **A(C)m(w).** Semicálido húmedo con abundantes lluvias en verano, porcentaje invernal de lluvias inferior al 5% y la precipitación total anual entre 2,000 y 2,500 mm. La temperatura media anual entre los 20 y 22 °C, en altitudes que van de 1,000 a 1,500 msnm, y de 18 a 20 °C en alturas comprendidas entre los 1,500 y los 2,000 msnm. Este tipo climático se distribuye en ambas vertientes de la sierra, desde los 1000 a los 2000 msnm, en el sector este.
- **C (m) (w).** Templado húmedo con abundantes lluvias en verano, lluvias invernales inferior al 5%, precipitación total anual entre 2,000 y 3,000 mm, llegando incluso a los 3,500 mm. en el cerro Caracol. La temperatura fluctúa de 15 a 18 °C en el cerro Tres Picos. Este clima es característico en las partes más altas y laderas de la serranía Tres Picos, donde se distribuye el bosque mesófilo.

5.4.2. Riqueza de especies de la REBISE

La REBISE es un área natural protegida (ANP) ubicada en el noroeste de Chiapas, México (figura 3-1). La REBISE se localiza en una franja que tiene una alta riqueza de especies (≥ 5000 especies por $10,000 \text{ km}^2$) (Dirzo y Raven, 2003) (figura 5-1). Chiapas es catalogado como el segundo estado mexicano con mayor riqueza y diversidad biológica. La Reserva es una de las regiones de mayor riqueza y diversidad natural de Chiapas.

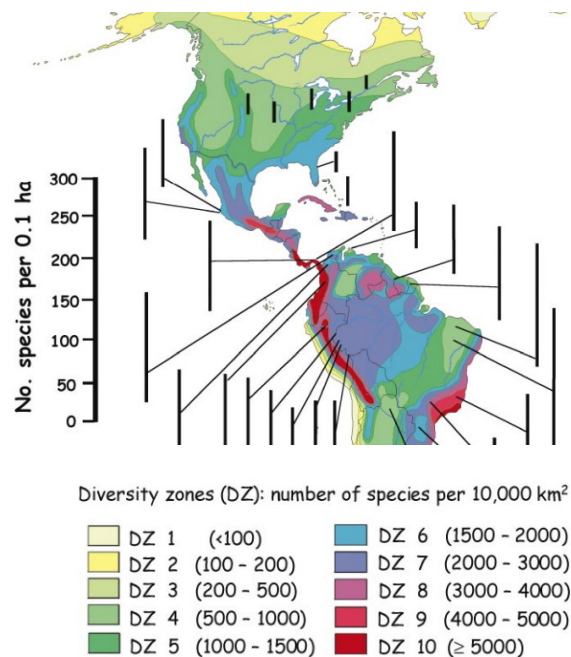


Figura 5-1. Mapa de la diversidad de plantas (número de especies por $10,000 \text{ km}^2$). El mapa fue modificado por Dirzo y Raven (2003) del Acta Botanica Fennica, Volume 163.

Es una de las regiones de mayor riqueza y diversidad natural del estado. En lo que se refiere a fauna para el año 1999 (INE-SEMARNAP) se reportaban 406 especies de vertebrados terrestres, de los cuales 24 eran anfibios, 49 especies

de reptiles, 236 de aves y 97 mamíferos. El número de especies de fauna registrados para la REBISE representa el 33.5% del reportado para Chiapas y el 15.25% del total reportado para México.

5.4.3. Vegetación

Los tipos de vegetación de la ANP se basan en la clasificación de Miranda y Hernández X. Los tipos de vegetación son: selva mediana y baja perennifolia, selva alta o mediana subcaducifolia, selva alta o mediana subperennifolia, selva baja caducifolia, sabana, pinares, encinares, bosque caducifolio, matorral de niebla y vegetación secundaria. Los pinares en la REBISE se ubican en un gradiente altitudinal que va de 300 a 1500 msnm. Está conformado por tres estratos y en 1999 se reportaba que el 11% de la superficie (figura 5-2) era de bosques de pino-encino (INE-SEMARNAP, 1999).

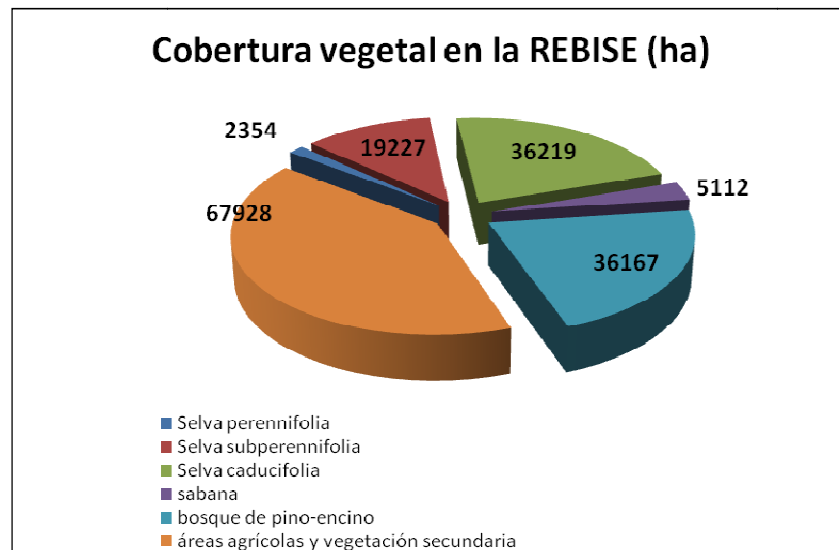


Figura 5-2. Cobertura de la vegetación en la REBISE (INE-SEMARNAP, 1999).

5.4.3.1. *Pinus oocarpa*

El *P. oocarpa* crece de manera natural en México, Guatemala, Belice, Honduras, El Salvador y Nicaragua (van Wyk, 2002) con un rango de altitud típico de 700 a 1600 msnm, pero se le llega a encontrar hasta los 2000 msnm (Robbins, 1983); *P. oocarpa* y *P. caribaea* se pueden encontrar creciendo juntos entre los 250 a los 750 msnm (Kemp, 1973). A pesar de que no se cuenta con información climática exacta (o se encuentra pero incompleta) en las áreas donde el *P. oocarpa* es la especie principal hay un período de seis meses continuos con una precipitación media mensual menor a los 50 mm, la precipitación anual va de 500 a 1500 mm anuales (van Wyk, 2002) y con temperaturas máximas mensuales que van de los 26 a los 32°C (Kemp, 1973; van Wyk, 2002).

Generalmente se encuentra el *P. oocarpa* en laderas escarpadas con suelos muy delgados con un drenaje excesivo. El estrato herbáceo se encuentra dominado por pastos adaptados a la presencia de fuego anual y en situaciones menos favorecedoras está presente *Byrsonia crassifolia* y *Quercus* spp. (Kemp, 1973).

En Mountain Pine Ridge, Belice, se tienen registros que en los años secos cuando se queman las áreas con *P. oocarpa* y *P. caribaea*, los conos de *P. caribaea* maduran y sus semillas caen en un plazo de uno a tres meses, mientras que los de *P. oocarpa* alcanzan la madurez en un período de seis meses o más, los conos que maduran después del inicio de la temporada de

lluvias pueden retener sus semillas hasta el comienzo de la siguiente estación seca, esto favorece al *P. oocarpa* para ocupar los sitios quemados, secos y expuestos al sol (tiene baja tolerancia a la sombra) (Kemp, 1973).

La mayoría de las especies de pino en alguna medida dependen del fuego para mantener su estadio ecológico, porque reducen la competencia con plantas y permiten que los pinos se regeneren o invadan (Burdon, 2002).

El cambio climático afectará la distribución de los ecosistemas de pinos tropicales porque se esperan cambios en los patrones de precipitación y temperatura. Estos cambios pueden aumentar la humedad o hacer más severas las sequías; en ambos casos los combustibles se modificarían en cantidad, en contenido de humedad y por lo tanto el comportamiento del fuego se modificaría (considerando además las variaciones en temperatura y humedad relativa presentes mientras dura el evento).

Si las sequías se acentúan se esperaría un incremento en la frecuencia de incendios forestales y que los incendios que comiencen en los pinares lleguen a áreas menos inflamables (como los ecosistemas de hoja ancha) (Myers y Rodríguez, 2009). Todo esto a pesar de que la mayoría de las especies de pino en alguna medida dependen del fuego para mantener su estadio ecológico, porque reducen la competencia con plantas y permiten que los pinos se regeneren o invadan (Burdon, 2002).

5.4.4. Contexto socioeconómico

La zona de influencia socioeconómica de la REBISE son los municipios de: Cintalapa, Jiquipilas, Arriaga, Tonalá, Villacorzo y Villaflores. En la Reserva se tenían registradas 127 localidades en el año de 1999; de las comunidades registradas 47 eran comunidades y 80 rancherías (INE-SEMARNAP, 1999).

La población reportada por INEGI en 1995 (INE-SEMARNAP, 1999) era de 23,145 habitantes, el 6.52% en el área de influencia. El 51.3% eran hombres y 48.7% mujeres.

De acuerdo a los resultados recientes del Diagnóstico Social de la REBISE (CONANP-SEMARNAT, 2003), en las micro-regiones del área de estudio se realizan las siguientes actividades productivas y de aprovechamiento de recursos naturales: la ganadería bovina la cual es una de las actividades más extendidas; la agricultura: con los cultivos de maíz, frijol, y pequeñas áreas de hortalizas, que se realiza con mayor importancia y diversidad en las regiones Centro y Frailesca; el café, ubicado en las partes altas de las microcuencas de Los Amates, El Tablón y Hojas Moradas, y la extracción de productos forestales: palma camedor (*Chamaedorea quetzalteca*) en las partes altas de las micro-regiones de El Tablón, Los Amates, Hojas Moradas, Zanatenco y Ocuilapa, y madera, principalmente en de las micro-regiones de El Tablón, Los Amates, y Hojas Moradas.

5.4.5. Problemática ambiental

Los ecosistemas con mayor tensión dentro del área son las selvas medianas subperennifolias, las selvas medianas subcaducifolias, las selvas bajas caducifolias y la vegetación de sabana. Las actividades que mayor impacto negativo han tenido sobre estos sistemas son la ganadería extensiva y la agricultura tradicional (roza-tumba-quema), seguido por los asentamientos humanos, los incendios forestales provocados por las actividades agropecuarias y la extracción de madera (INE-SEMARNAP, 2009).

El sistema hidrológico ha sido afectado indirectamente por la agricultura y la ganadería que han desmontado las partes altas y las laderas, así como las orillas de los cauces. La construcción de carreteras también ha incrementado el azolve y la contaminación por residuos sólidos (INE-SEMARNAP, 2009).

Tienen un nivel alto de tensión los sistemas de bosques templados deciduos (bosques de pino, pino-encino y encinares). Las principales actividades que impactan negativamente son la ganadería extensiva y la agricultura, ambas vienen acompañadas de incendios forestales provocados por la práctica de la roza-tumba-quema y las quemas de los pastizales. Los bosques también se ven afectados por la extracción de madera y por la construcción de caminos secundarios (INE-SEMARNAP, 2009).

5.4.6. Modelos de cambio climático

Existen varios escenarios para el cambio climático y muchos de ellos tienen un alto grado de incertidumbre. En este caso se seleccionaron aquellos modelos que están enmarcados, o son parte, del trabajo que ha realizado el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés) y que además incorporan los resultados del Fourth Assessment Report, Working Group 1 (AR4).

Se revisaron tres fuentes para ver las tendencias del cambio climático. La primera fue en la página de Pacific Climate Impacts Consortium de la University of Victoria (<http://pacificclimate.org/>). En el apartado “Tools & data” están disponibles los modelos de cambio climáticos que han sido avalados por el IPCC. Los modelos presentes tienen un grado de incertidumbre pero es la información que hasta el momento ha podido generar el grupo de expertos.

El segundo sitio que se visitó fue el de Magicc 5.3. En este programa está un modelo de ciclo atmosférico y otro climático. El nombre MAGICC se refiere a “Model for the Assesment of Greenhouse-gas Induced Climate Change”.

El último lugar para ver las tendencias del cambio fue la plataforma de Biosphere Smart Initiative (<http://www.biospheresmart.org>). Ahí presentan los escenarios de cambio climático por área protegida.

5.5. Resultados y discusión

5.5.1. Tendencias de cambio en la REBISE

En la página de Biosphere Smart Initiative (<http://www.biospheresmart.org/>) aplicaron los escenarios AQFI, A2, B1 Y B2 y con base en estos encontraron que en el año 2049 el clima de Reserva sería Aw (sabana ecuatorial con vientos secos).

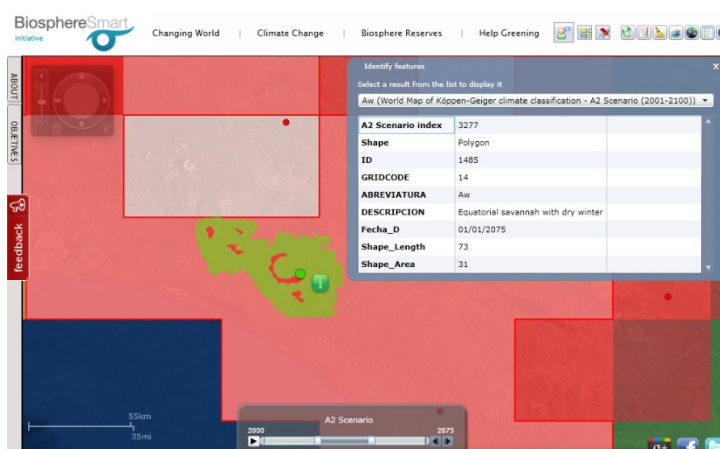


Figura 5-3. Clima esperado en la REBISE para el 2050
(Biosphere Smart Initiative)

5.5.1.1. Temperatura

5.5.1.1.1. Modelo de cambio de temperatura en Pacific Climate

En la página de Pacific Climate Impacts Consortium de la University of Victoria (<http://pacificclimate.org/>) se corrió el modelo SRES AR4 – CCCMA_ CGCM3 A2-run4 la década del 2050 (2040-2069) y se encontró que la temperatura media aumentaría 3.1 °C (figura 5-4 y cuadro 5-1), la temperatura media anual

sería 2.5 °C mayor. El mes que presentaría un incremento mayor en la temperatura es el de agosto con 4.6 °C de aumento en la temperatura media mensual y 5.3 °C en la temperatura máxima. El cambio se reflejaría con una temperatura media mensual para agosto de 28.38 °C y una temperatura máxima de 35.3 °C (cuadro 5-1).

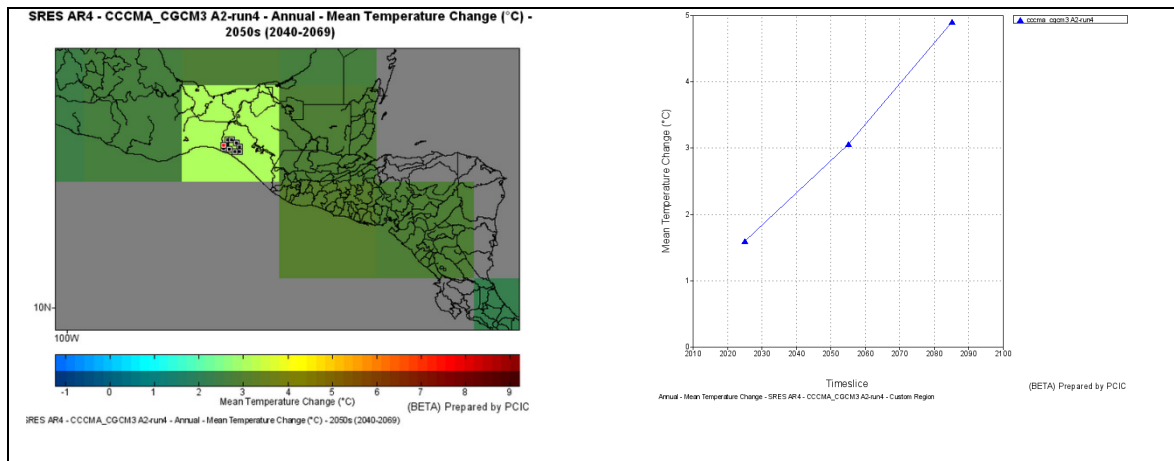


Figura 5-4. Temperatura máxima en la REBISE para el 2050

obtenido con Pacific Climate.

Cuadro 5-1. Cambios en temperatura para el 2050 de acuerdo al modelo SRES AR4-CCCMA CGCM3 A2-run4 (obtenidos en Pacific Climate)

Mes	Temp. Media (°C)			Temp. Máx (°C)		
	L.b.*	Camb.	2050	L.b.*	Camb.	2050
Enero	17.72	2.3	20.02	23	3.2	26.2
Febrero	18.42	3.0	21.42	25	3.7	28.7
Marzo	21.48	3.3	24.78	29	3.8	32.8
Abril	23.43	2.7	26.13	31	2.8	33.8
Mayo	23.65	2.3	25.95	30	2.4	32.4
Junio	23.16	3.0	26.16	29	3.6	32.6
Julio	23.64	3.8	27.44	30	4.7	34.7
Agosto	23.78	4.6	28.38	30	5.3	35.3
Sept.	22.68	3.1	25.78	28	3.7	31.7
Oct.	21.27	2.9	24.17	26	3.5	29.5
Nov.	19.78	3.2	22.98	25	3.8	28.8
Dic.	18.21	2.5	20.71	23	3.3	26.3
Anual	21.45	3.1	24.55	27	3.7	30.7

* La línea base abarca del año 1961 al 1990.

Fuente: Resultados obtenidos en Pacific Climate (www.pacificclimate.com)

5.5.1.1.2. Modelo de cambio de temperatura en Magicc 4.5

En el programa Magicc 4.5 se eligió el punto más preciso que incluyera a la REBISE. El cambio esperado en la temperatura media anual es un aumento de 1.5 °C (Figura 5-5).

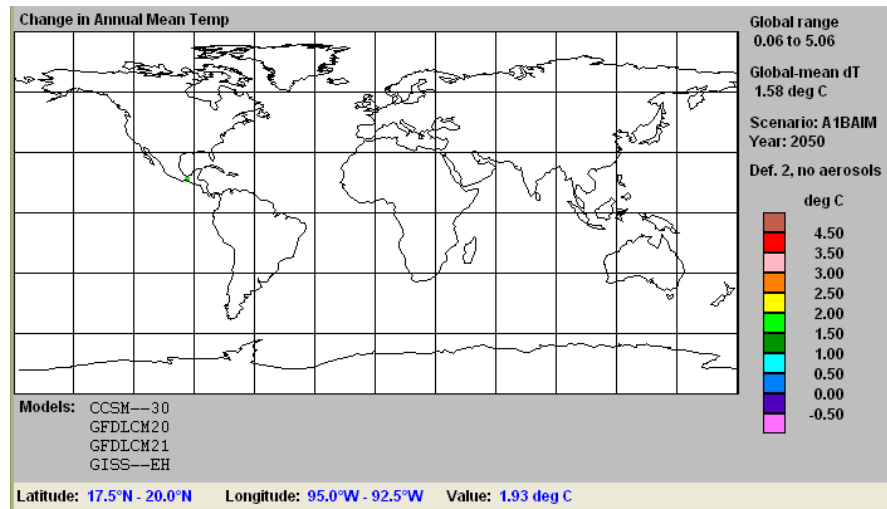


Figura 5-5. Cambio de temperatura en la REBISE para el 2050 (Magicc 4.5)

5.5.1.2. Precipitación

5.5.1.2.1. Modelo de cambio de precipitación y humedad relativa en Pacific Climate

La precipitación será 27% menos que la de la línea base (promedio de 1961 a 1990) (cuadro 5-2). El modelo parte de que hasta 1990 la precipitación anual era de 1140.1 mm y que para el 2050 será de 832.27 mm. La humedad en el suelo tendría un cambio drástico entre la línea base y el 2050 (figura 5-6). El promedio de la humedad relativa anual bajara 6.5%; los meses de julio y agosto serán los más secos del año (cuadro 5-2).

Cuadro 5-2. Cambios en la precipitación y en la humedad relativa

Mes	Precipitación		Humedad Relativa (%)	
	L.b.* (mm/día)	Camb. 2050 (%)	L.b.* (%)	Camb. 2050 (%)
Enero	0.89	3	82	-4.3
Febrero	0.79	-6	77	-6.4
Marzo	0.96	-4	68	-8.0
Abril	2.21	7	65	-2.7
Mayo	3.53	8	68	-0.6
Junio	7.17	-39	74	-7.2
Julio	3.65	-48	68	-12.0
Agosto	4.03	-43	68	-13.6
Sept.	8.27	-30	79	-7.1
Oct.	3.87	-37	80	-5.5
Nov.	1.31	-22	80	-6.3
Dic.	0.91	-6	81	-4.6
Anual	3.13	-27	74	-6.5

* La línea base abarca del año 1961 al 1990. Fuente: Resultados obtenidos en Pacific Climate

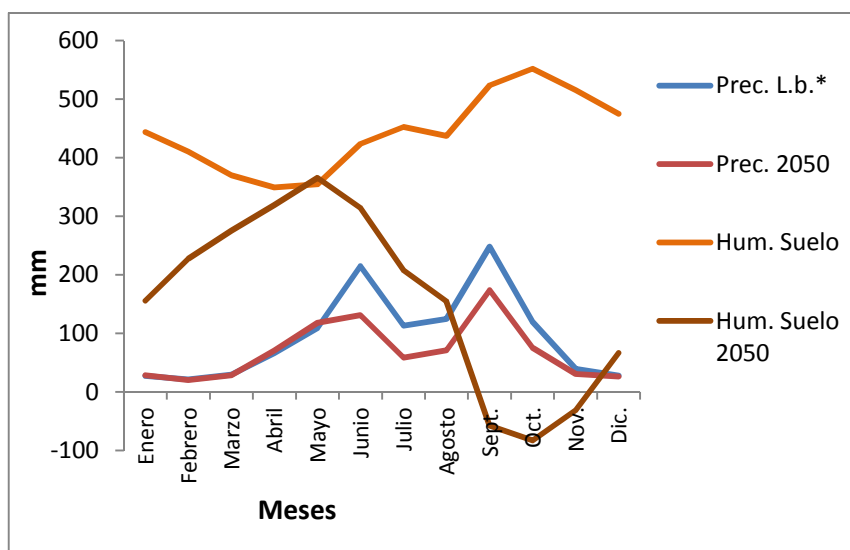


Figura 5-6. Precipitación y humedad del suelo - 2050 (con datos de Pacific Climate)

5.5.1.2.2. Modelo de cambio en la precipitación y humedad relativa en Magicc 4.5

De acuerdo a Magicc 4.5 en el 2050 la precipitación se reducirá 3 % (figura 5.7).

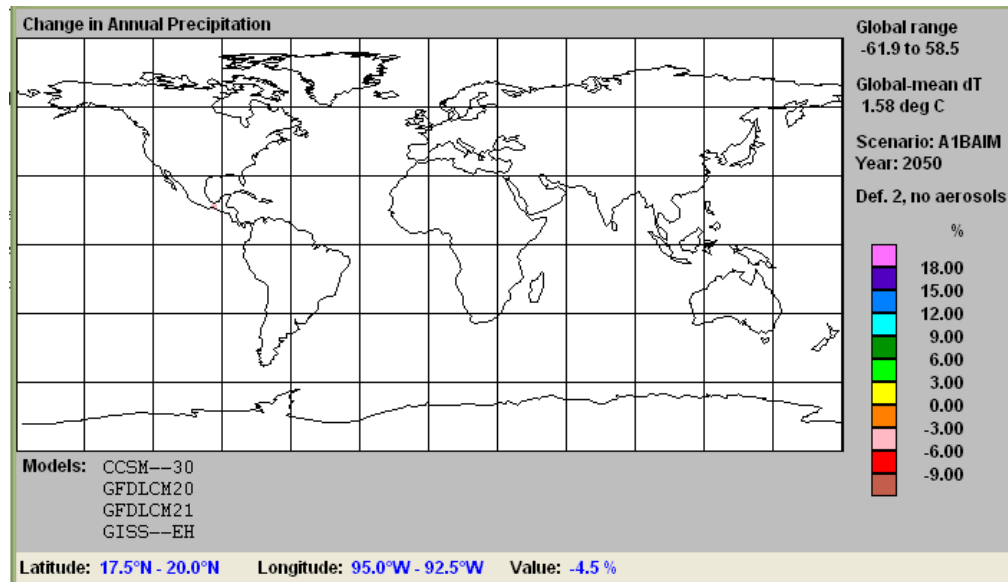


Figura 5-7. Cambio en la precipitación en la REBISE para el 2050 (Magicc 4.5)

5.5.1.2.3. Modelo de cambio en la precipitación con el modelo B2A

La precipitación esperada para el año 2050 será menor a 250 mm mensuales, para toda la Reserva, durante los meses de enero, febrero, marzo, octubre, noviembre y diciembre. En los meses de abril, mayo, julio, agosto y septiembre habrá áreas con una precipitación entre 250 a 500 mm en el oeste y noroeste de la Reserva; junio tiene también una precipitación entre 250 a 500 mm cubriendo casi toda el área de la Reserva, excepto la zona noreste (figura 5-8).

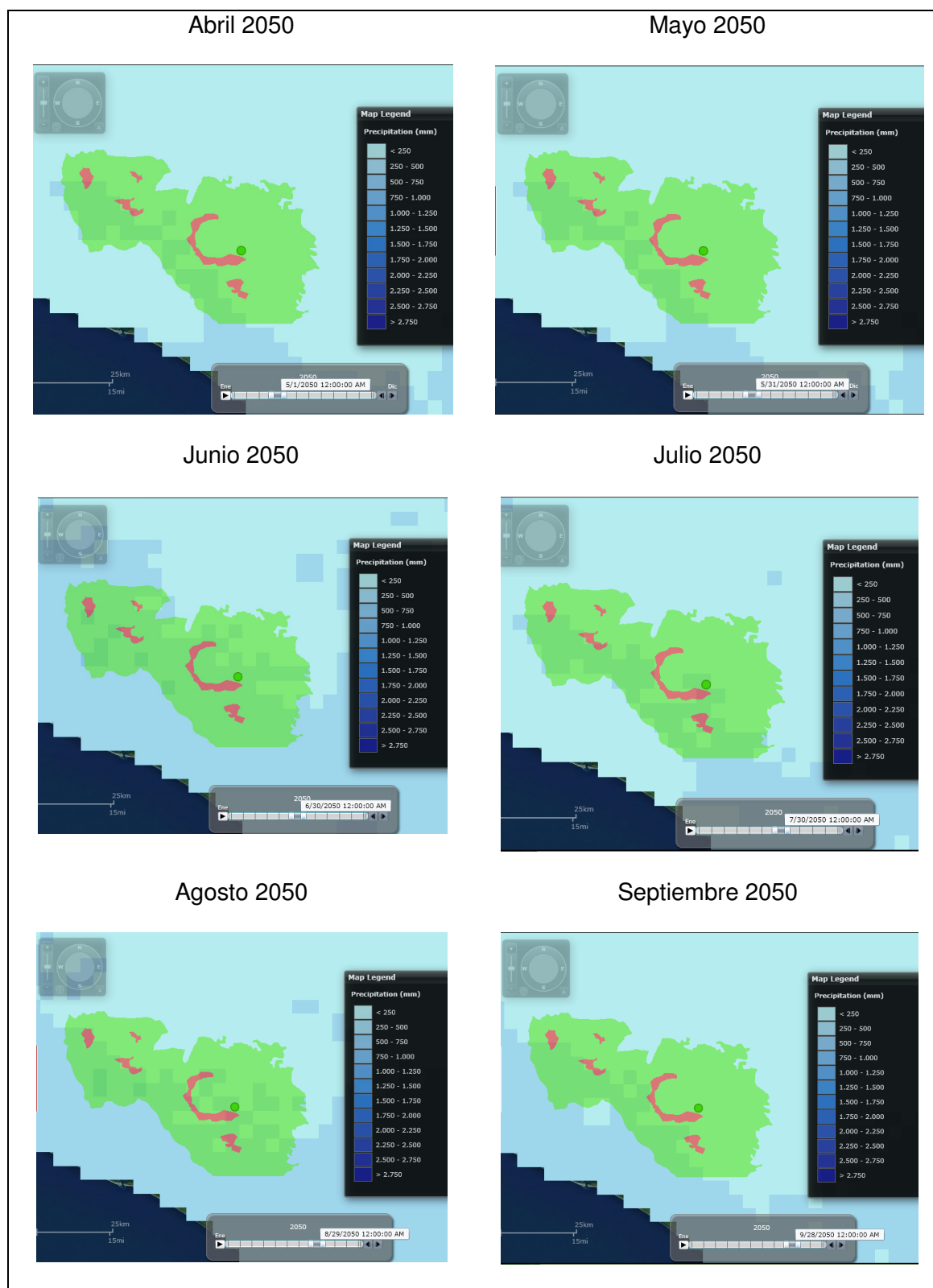


Figura 5-8. Mapas de la precipitación esperada con el modelo B2A para el año 2050 (tomadas de <http://www.biospheresmart.org/>)

5.6. Conclusiones

Los escenarios de cambio climático esperados para la REBISE para el 2050 tienen un incremento de temperatura que va desde 1.5 con Magicc 4.5 hasta 2.5 con Pacific Climate. La precipitación tiene una tendencia a disminuir 3% con Magicc 4.5 y de 27% menos con Pacific Climate.

Lo anterior se combina para esperar un clima más seco y más caliente. Si en el 2049 en la REBISE el clima fuera Aw (sabana ecuatorial con vientos secos), los objetos de conservación, el manejo de los recursos naturales y la gestión del fuego habrían tenido cambios muy drásticos.

VI. PERCEPCIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO Y USO DEL FUEGO EN EL EJIDO VALLE DE CORZO, CINTALAPA

6.1. Introducción

La silvicultura campesina tiene como fuente de conocimiento la práctica de los actores involucrados. La sistematización de las prácticas de silvicultura campesina permite organizar lo que se ha aprendido e intercambiar las experiencias entre los grupos campesinos (Alatorre y Boege, 1999).

La geografía de la percepción tiene como objetivo básico el estudio de las relaciones entre el hombre y el medio natural más o menos alterados por la acción antrópica (Álvarez, 2000). La percepción climatológica y meteorológica analiza la manera en que los pobladores de un lugar perciben o sienten el clima o el tiempo atmosférico. La percepción climatológica tiene que partir de que el clima percibido puede diferir bastante de lo que un análisis climatológico objetivo pueda establecer (Vide, 1990).

El cambio climático se ha convertido en un marco de planeación de las acciones futuras. En el manejo del fuego también es importante, como puede verse en el bosque de la región de la Chiquitanía, en Bolivia, en donde un estudio de modelaje climático regional indicó que serán mayores los riesgos de incendio por el incremento en la temperatura que se estima entre 4.1 y 6.9 °C para finales de este siglo. Así también esperan que la precipitación disminuya durante la época seca y que la velocidad del viento aumente. Caso similar a lo que arrojan los modelos de cambio climático para la REBISE ya que se espera

que para el 2050 la precipitación disminuya entre de 3 a 27%, y que la temperatura incremente entre 1.5 y 2.5 °C. Los modelos también muestran que para ese momento el clima será Aw (sabana ecuatorial con vientos secos).

La REBISE destaca porque en ella han estado aplicando enfoques de construcción de territorios ambientales desde los procesos de aprendizaje social, no sólo en el manejo del fuego sino en la gestión del área protegida (Castro, *et al.*, 2003; Trujillo, 2010). La historia del trabajo en las comunidades de la REBISE comenzó en el año de 1996 cuando el Instituto Nacional de Ecología (INE) la integró en el programa de atención y administración de áreas piloto. El programa comunitario en la reserva se ha basado en cuatro ejes fundamentales: restauración productiva, restauración ecológica, protección de recursos naturales y capacitación y educación ambiental (Castro, *et al.*, 2003).

En la región de la REBISE el Tratado de Libre Comercio redujo la rentabilidad del maíz y favoreció la migración temporal de agricultores hacia los Estados Unidos desde 1994. A su regreso ellos traían dinero que usaron para comprar tierras y convertirlas en pastizales. Aún en la zona de amortiguamiento sigue el proceso de transformar los bosques en pastizales (García Barrios, *et al.*, 2009).

La protección forestal activa en la REBISE comenzó poco antes del 2009 y entre los temas abordados estaba el de control de incendios y el de reforestación (García Barrios, *et al.*, 2009). En el año 2010, Huffman realizó las primeras evaluaciones de mortalidad de brinzales en quemas tradicionales en

Pinus oocarpa, en los ejidos Corazón del Valle y Valle de Corzo, en el municipio de Cintalapa, Chiapas.

Los ejidos Corazón del Valle Valle de Corzo fueron parte del estudio realizado por Huffman (2010) en donde se reconoció que los ejidatarios tienen conocimiento del fuego y pueden explicar por qué hay escapes de fuego, así también pueden manejar al mismo para evitar los accidentes y obtener los beneficios que les ofrece en las áreas de silvopastura y en los potreros. Las dos comunidades han sido parte de un proceso de capacitación que comenzó en el año de 1998, después de la temporada extraordinaria de incendios forestales, en donde predominaba el combate de incendios forestales y fue en el 2005, con la elaboración de sus planes comunitarios de manejo integral del fuego que las labores de planificación se vieron reforzadas por la presencia intermitente de Mary Huffman durante los cuatro años que duró su investigación.

Las comunidades requieren de información del tiempo atmosférico para la toma de decisiones. La información que se ofrece no siempre los apoya porque abarca territorios más amplios. La información generada para las comunidades se debe basar en las características del microclima de cada una de ellas, para que con base en ello puedan planificar y ordenar las quemas comunales e intercomunales, organizarse con las comunidades que estén próximas a ellas para no emitir cantidades de humo mayores a las que puedan ser dispersadas en el día En este sentido destaca la experiencia de la Chiquitanía boliviana, en ese territorio han establecido un sistema de alerta temprana de riesgo de incendios y para ello han colocado estaciones meteorológicas automatizadas

que ofrecen información para los microclimas de las comunidades del proyecto (Rodríguez, 2012).

El presente estudio se consideró necesario porque, aún cuando aparentemente las percepciones individuales y subjetivas no son evidencia científica, el hecho es que tales percepciones subjetivas se van estructurando en una comunidad, de tal manera que tienden a formar un cuerpo colectivo de ideas y concepciones que determinan las acciones de cada individuo, convirtiéndose así en una pauta social de adaptación colectiva ante el cambio ambiental percibido (Arizpe *et al.*, 1993). La manera como se adaptan los individuos a aquello que perciben puede analizarse dentro del contexto de la ecología cultural en donde el campesino es el eslabón entre la naturaleza y la sociedad, teniendo que adaptarse a ambas (Tyrtania, 1992).

6.2. Objetivos

6.2.1. Objetivo general

6.2.1.1. Sistematizar las percepciones de cambio climático de los usuarios del fuego en el ejido Valle de Corzo, Cintalapa, Chis.

6.2.1.1.1. Identificar las estrategias de adaptación del manejo del fuego frente a los escenarios del cambio climático.

6.3. Materiales y métodos

El proceso de investigación, partió de la metodología de sistematización de experiencias (Alatorre y Boege, 1999) para conocer la percepción de los

usuarios del fuego acerca de los cambios en las variables climatológicas precipitación, temperatura y humedad relativa. Estas variables determinan el comportamiento y la inflamabilidad de la vegetación.

El ejido Valle de Corzo del municipio de Cintalapa, Chis., ha participado en procesos de capacitación en el manejo del fuego. El ejido se localiza a los 16°24'3.03" latitud norte y a los 93°59'19.80" longitud oeste al sur del ejido Corazón del Valle (figura 6-1). La vegetación predominante en el ejido es el bosque de pino-encino; la especie del género *Pinus* presente es el *Pinus oocarpa*, conocido comúnmente como ocote, y esto permite entender que localmente le llaman “ocotada” a este tipo de vegetación.



Figura 6-1. Vista general del ejido Valle de Corzo.

En el año 2010 Huffman reportó que en el ejido había 27 hogares. En el recorrido realizado durante el 2012 se encontró que hay casas a la venta y que son 20 los ejidatarios activos, los mismos que manejan el fuego en el ejido. Se

entrevistó a dieciséis de ellos, es decir el 80% de las personas que emplean el fuego. En las entrevista se abordaron los siguientes aspectos: información general, percepción de cambios en la lluvia, percepción de cambios en temperatura, percepción en cambios en la humedad relativa, percepción en cambios en el viento, percepción cambios en los rayos, las cabañuelas, uso del fuego en el ejido y cambios que se harían en el manejo del fuego si el clima fuera más caliente y más seco.

La percepción de la humedad relativa fue obtenida de dos maneras: preguntando acerca de la sequedad del ambiente y acerca de si percibían que el sereno fuera más o menos en los últimos años.

A las personas que identificaron cambios en las variables climatológicas se les preguntó si se debería y podría seguir usando el fuego en caso de que el clima se volviera más seco y más caliente. El tratamiento de la información se apoya en un análisis cuantitativo y cualitativo de la información obtenida de las entrevistas.

El cierre del trabajo de campo se hizo con un taller en la casa ejidal de Valle de Corzo para hablarles sobre el cambio climático y para conocer la opinión de ellos respecto al uso del fuego en un escenario de cambio climático más caliente y más seco. La primera parte del taller fue expositiva y después se procuró un diálogo para conocer la opinión de los ejidatarios.

6.4. Resultados y Discusión

Las entrevistas se efectuaron del 18 al 26 de octubre del 2013, previa reunión con el Sr. Joaquín Sánchez Rosales –Presidente del Comisariado Ejidal-, quien apoyó en la programación para recabar la información y estuvo pendiente de que se entrevistara al mayor número de ejidatarios.

Entre los ejidatarios sólo hay una mujer, ella indicó que su hijo era quien manejaba la parcela y participaba en la quema. Fue por lo anterior que el 100% de los entrevistados fueron hombres. La edad media de los entrevistados fue de 41.93 años, similar a la reportada por Huffman (2010) que fue de 40.3 años para los ejidos Corazón del Valle y Valle de Corzo; con una edad máxima de 81 y una mínima de 18. La escolaridad promedio de ellos es de 2.7 años, sólo uno tiene la secundaria terminada y cinco ejidatarios (el 31.25%) no asistieron a la escuela. El grado de escolaridad reportado por Huffman (2010) para los dos ejidos fue de 4.6 años.

La agricultura es la actividad económica principal del ejido pero varios de ellos tienen ganado o venden la pastura de sus tierras. Un sistema que ellos refieren es “ganado a partir”, este esquema hace que ellos no se sientan ganaderos porque alguien les lleva el ganado (puede ser de la misma comunidad o de cuenca abajo), ellos ponen las áreas donde se alimentarán y al final se reparten los animales o el dinero ganado por su venta. Algunos ejidatarios completan sus ingresos haciendo trabajos fuera del ejido (hay dos choferes y un carpintero) o en los ranchos cercanos.

El promedio de años que llevan viviendo en el ejido es de 13.23, con una persona que ha vivido por 42 años (cuando el lugar era el Rancho de San Fernando) y uno que llevaba poco más de medio año de haber llegado. Los años que promedio que llevan quemando son 17.85, con un máximo de 66 años y un mínimo 0.66. El valor promedio de años de experiencia con el fuego en campo es similar a la reportada por Huffman (2010), que fue de 17.5 años.

6.4.1. Percepción del cambio en las variables climatológicas

El 86% de los entrevistados (figura 6-2) percibió cambios en la regularidad y la abundancia de las lluvias.

El 28.6% del total observa que llueve menos, el 21.43% aprecia que varía más el inicio de la temporada de lluvias, el 35.7% observa que ahora la lluvia es menos y varía mucho el inicio de la temporada de lluvias. El tiempo promedio que ha pasado de que percibieron los cambios en la lluvia es de 5.08 años, con una observación máxima de 9 años y una mínima de 2 años.

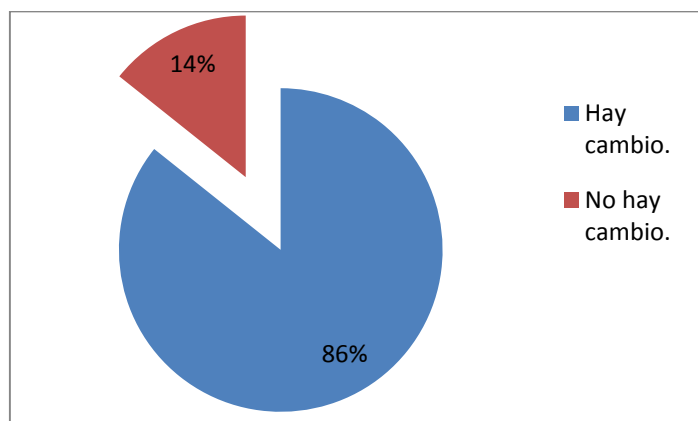


Figura 6-2. Percepción del cambio en la precipitación por parte de los ejidatarios.

El 57.14% de los entrevistados cree que los cambios tienen impactos negativos en su vida porque se retrasa la siembra o porque no se sabe el momento en que deben sembrar (antes sembraban en los primeros días de mayo y ahora han llegado a sembrar hasta el 25 de junio); porque reducen la producción agrícola; porque el ganado no tiene suficiente agua; y porque el agua escasea, llegando al punto de que en la temporada seca las mujeres han tenido que ir por el agua a los aguajes.

El 93% (figura 6-3) percibe que la temperatura ha cambiado y ahora es más caliente que antes; mientras que el restante 7% no observa cambios. El promedio del tiempo que ha pasado de que percibieron ese cambio es de 3.92 años, con una observación máxima de 10 años y una mínima de 2 años.

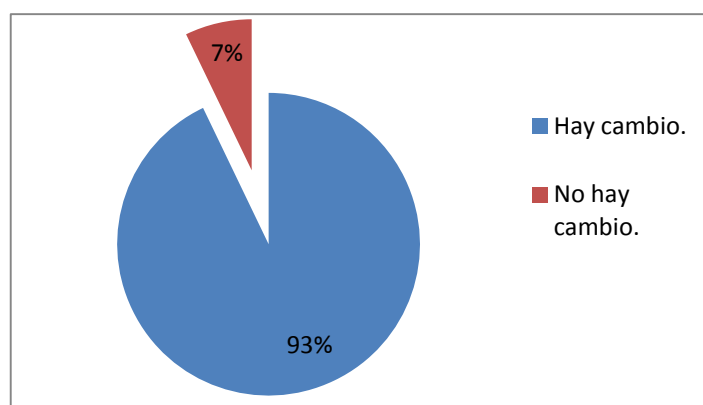


Figura 6-3. Percepción del cambio en la temperatura por parte de los ejidatarios.

El 77% piensa que esos cambios sí inciden en su vida porque el aumento de la temperatura reduce la cantidad de niebla y afecta la agricultura; incluso, han reportado que antes no había zancudos en el lugar y ahora sí.

El 92% de los entrevistados (figura 6-4) percibió que hay cambios en la humedad relativa (recordando que ellos entienden este concepto como sereno o sequedad del ambiente) porque ahora es más seco que antes. El promedio del tiempo que ha pasado del cambio es de 3.73 años, 10 años es la observación mayor de tiempo de cambio y 1 es la menor.

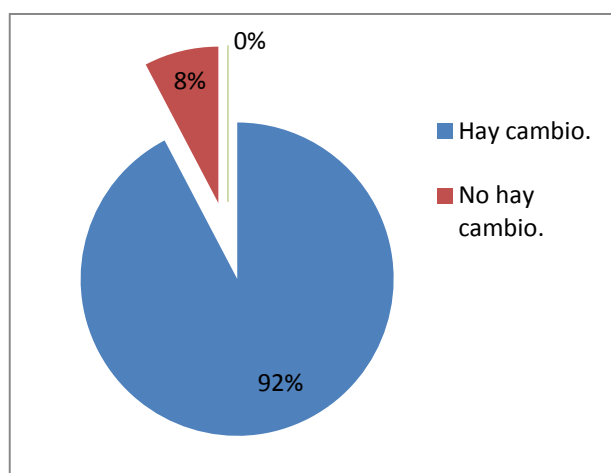


Figura 6-4. Percepción del cambio en la humedad relativa por parte de los ejidatarios.

El 61.54% han observado que el cambio en la humedad relativa incide en su vida porque afecta sus cosechas, pues no se llena bien la vaina del frijol (en un buen año tiene hasta 7 granos y en un año seco tiene de 3 a 5 semillas); también porque se seca la pastura y los aguajes; y porque los brinzales de *P. oocarpa* mueren.

El 71% (figura 6-5) de los entrevistados opinó que hay cambio en el viento. El 7.14% opinó que ahora hay más viento; el 14.3% dijo que el viento es más seco que antes; el 7.14% opinó que es más frío; el 7.14% opinó que ahora hay más

viento y es más frío y el 7.14% opinó que hay menos viento y es más frío. El promedio de los años que han pasado del cambio, referidos por los entrevistados, es de 3.14, el valor mayor es de seis años y el menor de un año.

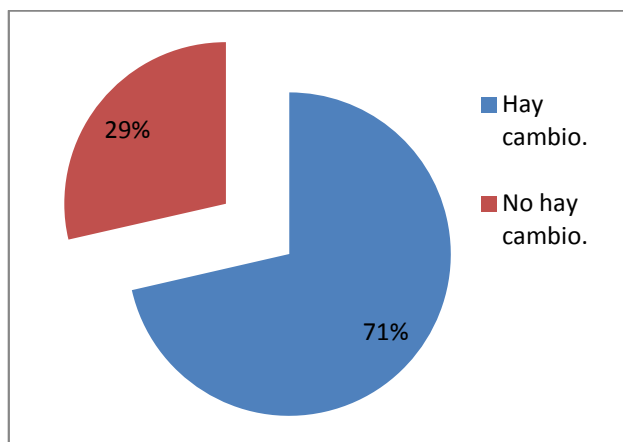


Figura 6-5. Percepción del cambio en el viento por parte de los ejidatarios.

El 50% opina que los cambios inciden en su vida porque seca la pastura, seca los aguajes y, cuando han percibido que hay más viento, han tenido que sembrar variedades de maíz menos alto para que el viento no tire las milpas.

Los cambios observados en la frecuencia de los rayos fueron referidos por el 57% de los entrevistados (figura 6-6). El 28.6% apreció que hay más rayos que antes y 28.6% refirió que han aumentado los rayos secos, es decir tormentas eléctricas que no vienen acompañadas de precipitación. Los años que han pasado desde que observan el cambio tienen un promedio de 2.33, la observación con mayor valor fue 4 años y la menor fue de 1 año.

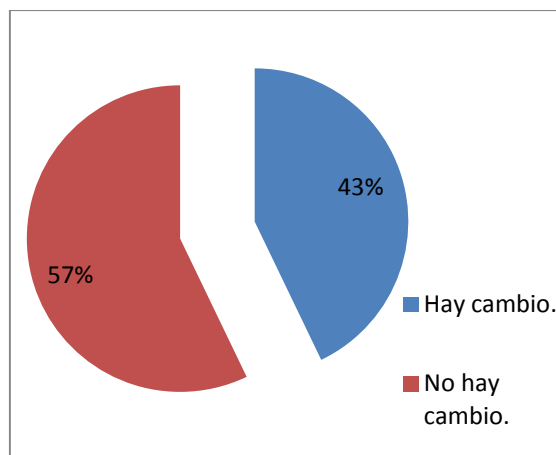


Figura 6-6. Percepción del cambio en el viento por parte de los ejidatarios.

El 28.6% indicó que esos cambios inciden en su vida porque es más peligroso andar en el monte, los rayos pueden matar al ganado y porque, cuando hay tormentas eléctricas, se quedan sin energía eléctrica.

6.4.2. Cabañuelas

El 50% de los entrevistados toma en cuenta las cabañuelas para saber si el año vendrá con agua o no y el otro 50% no las considera. Únicamente tres personas conocen los indicios y determinantes de las cabañuelas y son cinco personas las que les preguntan para tomar sus decisiones.

Joaquín Sánchez Rosales, de 81 años, observa lo que pasa la madrugada y mañana del día 25 de diciembre. Si él observa que el cielo está nublado entre las 0:00 horas y las 12:00 horas del día lo considera como una señal de que el siguiente año va a venir con poca lluvia, mientras que si el cielo permanece despejado en ese lapso de tiempo él interpreta que el año próximo vendrá con lluvias. Mientras tanto Andrés Octavio Salinas Trinidad hace las lecturas en los primeros días de febrero porque empiezan a cambiar los vientos y las nubes, es

ahí donde sabe si el año va a venir con agua y, si es así, comenzaría la lluvia en abril y mayo, que es cuando tienen que sembrar. La tercera forma de determinar la probabilidad es que durante los primeros doce días del mes de enero se observan las condiciones del tiempo atmosférico; cada día corresponde a un mes, es decir el 1 de enero permite conocer cómo vendrá enero, el 2 de enero dice cómo va a “pintar” febrero, hasta llegar al 12 de enero que les permite ver cómo estará diciembre.

El 56.25% (9 personas) considera que son confiables las cabañuelas, el 18.75% (3 ejidatarios) no confía en éstas y el 25% (4 personas) está indecisa, pues no sabe si puede confiar en las mismas. El Sr. Raymundo Velázquez Morales opina que las cabañuelas son confiables para indicar el momento en que comenzará a llover pero no son confiables porque “no atinan” al término de las lluvias; él prefiere sembrar con la primer lluvia.

El 37.5% refirió que se guía por la luna para ver si el mes viene con agua. Adin Pérez Baustista se guía por el calendario de la luna. Otros observan la luna, como Andrés Hernández Benítez, quien cuando ve que la luna viene “parada” sabe que no trae agua; en cambio, si viene “canteada”, trae agua. Los señores Urias Hernández Esquipulas y Urias Hernández León confirman que, cuando ven que la luna está “canteada”, esperan que va a llover en el mes.

Don Hernán Rodríguez Toledo observa a las hormigas para ver si en la temporada de lluvias va a seguir lloviendo. Él dice que “cuando salen hormigas

es la seña de que va a salir el agua”. El año pasado le falló el indicador porque las hormigas salieron pero la lluvia cesó y los cultivos se vieron mermados.

6.4.3. Cambio climático y manejo del fuego.

Una de las preguntas planteadas se refirió a si conocían lo que es el cambio climático. Se diferenciaron las respuestas que se enfocaban en los cambios de tiempo atmosférico que ellos relacionan con un incremento en las enfermedades de las vías respiratorias. Luego de esa diferenciación fueron seis personas (37.5%) que han escuchado del cambio climático en pláticas que ha dado el personal de la REBISE y a través de la televisión. El 100% de los que han oído del cambio climático cree que es algo que tiene que ver con ellos y perciben que ese cambio es el motivo por el que hay más enfermedades o mermas en los cultivos, sequías más prolongadas, mayor incomodidad por el aumento de la temperatura, mayor escasez de agua en la época de sequía y necesidad de ir a acarrearla y, finalmente, en lo económico “porque a todo le suben y lo del campesino no vale” (Romero Hernández Esquipulas).

6.4.3.1. Manejo del fuego en Valle de Corzo

En el ejido se hace uso del fuego en las áreas agrícolas y en las zonas de potreros. Los potreros están ubicados en zonas de vegetación de pino-encino. Los comunitarios diferencian entre ocotada y potrero básicamente por el uso del suelo, pero en ambos casos la especie dominante es el *P. oocarpa*. Ante la pregunta de si ellos usaban el fuego en la ocotada el 68.75% respondió de manera afirmativa y el 25% refirió que la comunidad no quema en la ocotada.

Entre los aspectos ecológicos del manejo del fuego en éste bosque está el precepto de que, si un sitio no es quemado en un periodo de entre cuatro y seis años, la capa de acículas estará gruesa por lo que necesitará del fuego para limpiarse (Andrés O. Salinas T., 23-10-2012). Las quemas las realizan para que la semilla del pino brote y para proteger de incendios al bosque (Adin Pérez Bautista, 23-10-2012). “La zona de ocote también pide fuego por la semilla, si no se quema la semilla no hace contacto con el suelo” (Andrés Hernández B., 24-10-2012) e identifican que “una quemada suave ayuda a los árboles” (Urias Hernández E., 26-10-2012).

Ellos emplean el fuego en el bosque de pino-encino (ocotada y potreros) para:

- reducir la capa de hojarasca;
- empastar y que el pasto ya establecido se renueve;
- reducir las poblaciones de garrapatas, culebras y arañas;
- proteger el bosque;
- facilitar la germinación de las semillas del pino;
- controlar una hierba que hace que los animales echen espuma por el hocico (Urias Hernández L., 24-10-2012); y, finalmente,
- investigación (Urias Hernández L., 24-10-2012) y estudios ecológicos que han hecho investigadores (Romero Hernández E., 25-10-2012) como Huffman (2010) y otros investigadores que han ido acompañados de personal de la REBISE.

El fuego debe utilizarse con cuidado porque “la lumbre para todo será buena; pero, si no se le cuida, se va” y por eso planifican su manejo porque “si se va la lumbre tendrán problemas y entonces ahí dicen mejor no quemamos” (Joaquín Sánchez R., 18-10-2012). Ellos reconocen que el manejo de este elemento no es igual en todo el territorio, como dice Hernán Rodríguez T. (23-10-2012) “aquí en unas partes es bonito quemar y en otras es mejor dejarlo a la naturaleza”. Las quemas que se han hecho en el bosque de pino-encino (en donde no tienen potreros) las han hecho investigadores (Osmar Nájera A., 25-10-2012), han sido quemas prescritas (Roberto Pérez H., 25-10-2012).

El momento en que deciden quemar es cuando la capa de combustibles, formados por las acículas del pino, está alta y así lo dice Hernán Rodríguez (23-10-2012) “Yo he quemado, pero no porque quemé éste año voy a seguir quemando, quemaré cuando este muy grueso de juncia”. Otro indicador es la altura de pasto, cuando está alto lo queman.

En el bosque de pino-encino las quemas las realizan del mes de mayo en adelante “si se quema en abril todos los árboles se mueren” (Eneas Linares Castellano, 22-10-2012). Esperan a que caigan al menos dos lluvias (dos “porrazos” de agua) porque así la llama no levanta mucho; pero tampoco se debe mojar mucho el suelo, porque se “necesita cierta sequedad en el bosque para quemarlo” (Fernando Calimayor H.). Las quemas en la ocotada se tienen que hacer con el apoyo de bombas de agua y reciben ayuda del Téc. José Domingo Cruz en la planeación y ejecución de la quema (Fernando Calimayor H., 23-10-2012). Cuando un área de pino-encino está bajo manejo silvopastoril,

“queman potreros cada 3 años” (Andrés Hernández B., 24-10-2012) para que la semilla del pasto caiga directamente al suelo mineral y germine.

En las entrevistas las respuestas ofrecidas manifestaron una preocupación sobre el manejo del fuego y el viento, coincide con lo reportado por Huffman (2010) cuando reportó que la fuerza de los vientos fue el factor del comportamiento del fuego fue el más comúnmente mencionado.

6.4.3.2. Percepción de la problemática de incendios en este momento

Don Joaquín Sánchez R., (18-10-2012) refiere que hay más incendios en la región que hace 45 años. La mayoría de los entrevistados, que tiene un promedio de 10.6 años viviendo en el ejido, encontró que han disminuido los incendios forestales porque ahora están más organizados y porque están trabajando en protección (con la brecha que rodea al ejido). Andrés O. Salinas T., (23-10-2012) comentó que hace aproximadamente 4 años se desataron los incendios alrededor del ejido pero que estaban preparados con sus rondas y listos para apagar. En el mismo sentido, Raymundo Velázquez M., (24-10-2012) recuerda que no han tenido problemas con los incendios forestales desde hace nueve años y que el único fuego que hay en el ejido es el que usan en las quemas controladas y prescritas.

6.4.3.3. Cambios en la temporada de quemas controladas

El 43.75% respondió que han cambiado las fechas para hacer las quemas controladas, el 25% dijo que no han cambiado y el 31.25% no sabe. Tres de los ejidatarios dijeron que antes (hace aproximadamente 30 años) se quemaba el

sábado de gloria, en semana santa, porque casi siempre llovía ese día (Fernando Calimayor H., 23-10-2012). Joaquín Sánchez R. (18-10-2012) dice que hace años la gente quemaba en abril; pero, como ahora no ha llovido en abril, mayo ni junio, tienen que esperar hasta que llueva.

Un caso similar en el cambio de fecha de quemas agrícolas ocurrió en comunidades ubicadas en el bosque chiquitano, en Bolivia. El calendario de quemas agrícolas era relativamente regular, ellos tomaban como referencia la fiesta de Santa Rosa, el 30 de agosto, como la mejor fecha para quemar y preparar las tierras para la siembra del maíz, porque esa festividad coincidía con la temporada de lluvias. Ahora no pueden quemar en esas fechas (Rodríguez, 2012).

En este momento se “adaptan a la llegada de las lluvias, si llegan tarde o temprano siempre las van a esperar para quemar” (Eneas Linares C., 22-10-2012).

6.4.3.4. Cambios en la forma de hacer la quema

La comunidad ha cambiado su manejo del fuego como una respuesta a la capacitación que han recibido por parte del personal de la Reserva y porque ellos han observado cambios en las condiciones del tiempo atmosférico, así como en la inflamabilidad de los combustibles.

La inflamabilidad la refieren cuando ellos dicen que hace 10 años “se le pegaba lumbre y se dejaba sólo. Muchas veces no se hacía ronda y si llegaba el fuego al monte, ahí se apagaba” (Urias Hernández E., 26-10-2012); en cambio, ahora

si queman y no cuidan si el fuego llega al bosque, la vegetación no va a frenar la propagación del fuego. Entonces “echaban la lumbre y la dejaban” (José A. Calimayor R., 25-10-2012). Cuando quemaban no tenían un cuidado especial en terrenos inclinados y llegaban a quemar a favor de la pendiente (de abajo hacia arriba) (Roberto Pérez H., 25-10-2012); no tenían que avisar al ejido que iban a quemar (José A. Calimayor R., 25-10-2012; Urias Hernández E., 26-10-2012) y comenzaban a quemar sin tener cuidado de que el terreno se hubiera terminado de quemar antes del mediodía (Raymundo Velázquez M., 24-10-2012).

La manera de quemar cambió mucho porque “como es más seco y hay más viento se tiene que tener más precaución” (Andrés O. Salinas T., 23-10-2012). En estos momentos tienen que hacer quemas controladas (José A. Calimayor R., 25-10-2012), hacen su calendario de quemas en el mes de abril y queman acompañados por los ejidatarios (Raymundo Velázquez M., 24-10-2012).

El grado de capacitación que tienen actualmente es el resultado de la combinación entre la capacitación sistemática y los conocimientos tradicionales o empíricos de los ejidatarios. Ellos han recibido “talleres para quemar mejor, con más organización, ya no se quema al rumbo” (Andrés Hernández B., 24-10-2012) porque personal de la Reserva les ha enseñado a usar el fuego prescrito (Raymundo Velázquez M., 24-10-2012). Esperan a que caigan dos lluvias fuertes para comenzar a quemar (esto ocurre generalmente en mayo). Ellos consideran la hora de inicio de la quema para que la quema termine antes de que el día se ponga muy caliente (Raymundo Velázquez M., 24-10-2012), por

eso empiezan a quemar “bien temprano o bien tarde cuando ya bajo la temperatura del sol” (Andrés O. Salinas T., 23-10-2012). Cuando hay vientos del norte no queman aunque en su calendario esté marcado como un día para quemar (Hernán Rodríguez T., 23-10-2012). Consideran la pendiente porque “la lumbre llama al viento cuando se quema de abajo para arriba” (Andrés O. Salinas T., 23-10-2012) por eso no queman en contra de la pendiente.

En las quemas controladas se organizan de tal modo que cubran toda el área y eviten que materiales incandescentes ruedan pendiente abajo y comiencen un incendio; si eso ocurre, colocan a los que llevan machete hasta adelante, los de coa atrás de los anteriores y al final los que llevan rastrillo, entonces “caen como avispas para apagar el fuego” (Andrés O. Salinas T., 23-10-2012).

Huffman (2010) indicó que una línea de evidencia de que los productores no queman indiscriminadamente o sin pensar, es que ellos realizan una planificación previa y un proceso para decidir si queman o no queman. Esto se reafirmó en las entrevistas porque el 100% de los entrevistados dijeron que ellos identifican si su parcela necesita fuego, hacen su solicitud a la asamblea del ejido, diciendo cuántas áreas y que superficie quieren quemar. En la asamblea elaboran un calendario de quemas que es enviado al H. Ayuntamiento de Cintalapa.

6.4.3.4.1. Consideraciones para quemar en bosque de pino-encino

Las fechas para quemar áreas con diferentes usos de suelo han cambiado. Los productores queman sus potreros antes de que quemen los bosques de pino.

Los potreros generalmente los queman en abril para renovar el forraje (Huffman, 2010). La quema en el bosque la realizan cuando hay menos viento y después de que hayan caído dos lluvias fuertes (Joaquín Sánchez., 18-10-2012; Andrés O. Salinas, 23-10-2012 y Adin Pérez B., 23-10-2012). A Joaquín Sánchez (18-10-2012) su papá le decía: “hijo, cuando quemes en una montaña espera a que te pegue un pencazo de agua y con eso la llama no levanta, quema sólo por encima y se va consumiendo la lumbre”.

Los bosques de pino-encino no se deben quemar en el mes de marzo porque la llama puede alcanzar una altura de 5 metros (Joaquín Sánchez R., 18-10-2012). La quema en el bosque puede realizarse en los últimos días de mayo hasta los primeros días de junio, cuando haya llovido para que la llama no se levante, “si se quema en seco, el fuego sube hasta arriba y, aunque esté verde, arde” (Andrés O. Salinas T., 23/10/2012). En áreas agrícolas llegan a realizar hasta cuatro quemas en un día, mas cuando queman en potreros no hacen más de una por día.

Se puede quemar en la canícula (julio y agosto) (Adin Pérez B., 23-10-2012; y Andrés Hernández B., 24-10-2012) cuando aún está mojado el suelo, para que se queme tienen que haber pasado entre tres y cuatro días sin lluvia para que se pueda quemar (Andrés Hernández B., 24-10-2012). Roberto Pérez H., (25-10-2012) refiere que puede quemarse en el bosque en los meses de agosto y septiembre.

Las quemas en los bosques de pino-encino, en donde pastorean, tienen un tratamiento similar porque se queman en mayo después de que hayan caído dos lluvias fuertes (Andrés Hernández B., 24-10-2012). Los potreros los queman cada cinco años (Urias Hernández L., 24-10-2012). Huffman (2010) reportó que queman los potreros para el pastoreo y también supone que el fuego permite reducir las plantas (que a veces llegan a un metro de altura) que crecieron durante el año.

Aun cuando los entrevistados pueden decidir quemar o no sus tierras, esas decisiones se hacen dentro del marco de la Norma Oficial Mexicana NOM-015-SEMARNAT/SAGARPA-2007; que establece las especificaciones técnicas de métodos de uso del fuego en los terrenos forestales y en los terrenos de uso agropecuario.

6.4.3.4.1.1. Manejo del fuego en un clima más caliente y más seco

A los ejidatarios se les preguntó cómo manejarían el fuego en el bosque de pino-encino si el clima se vuelve más seco y más caliente. El 62.5% (10 personas) opinó que no se debería seguir quemando, el 6.25% no sabe qué se debería hacer y el 31.25% opina que se podría seguir quemando.

Los que opinan que no se debería quemar creen que se debería buscar otras formas para limpiar, se podrían amontonar los combustibles y se tendrían que hacer más brechas cortafuego (Osmar Nájera A., 25-10-2012). Si el clima cambia sería más peligroso quemar (José A. Calimayor R., 25-10-2012) y no sería fácil encontrar los días que no estuvieran tan secos ni con viento (Roberto

Pérez H., 25-10-2012). Adin Pérez B. (23-10-2012) piensa que no se debería quemar y opina que “si hubiera formas de no usar el fuego sería bueno, pero es muy necesario el fuego”.

Joaquín Sánchez Rosales, que tiene sesenta y seis años quemando, opina que se puede buscar el día “que esté mansito para quemar. La quema se tendría que acomodar a los días buenos”. En el mismo sentido, Andrés Hernández Benítez (diecisiete años quemando) opina que se buscaría la mejor hora para quemar y que “el ocotal necesita del fuego para que salgan los arbolitos, porque en las áreas no quemadas no salen arbolitos”. Fernando Calimayor Hernández (cinco años quemando) piensa que sí se puede quemar buscando una fecha adecuada para hacerlo, mientras que Cutberto Altunar J. (cuatro años quemando) piensa que se podría quemar por las tardes. Urias Hernández Esquipulas (dos años quemando) piensa que se puede quemar manejando el fuego de manera que avance poco a poco.

A pesar de que los ejidatarios se enfrentaron a una serie de preguntas enmarcadas en un escenario desconocido, el cambio climático, ellos participaron porque su experiencia y su conocimiento les permiten proponer posibles cursos de acción.

6.4.1. Taller Comunitario

Como parte de la investigación se realizó una entrevista grupal que cumplió con el formato de reunión titulada “Manejo comunitario del fuego y cambio climático” se realizó el día 22 de noviembre del 2012 en la casa ejidal de Valle de Corzo

municipio de Cintalapa, Chiapas. Al taller asistieron diecisiete ejidatarios (figura 6-7 y anexo 1).



Figura 6-7. Participantes a la reunión “Manejo comunitario del fuego y cambio climático”.

La reunión fue para hablar sobre el manejo comunitario del fuego que ellos han estado haciendo y para hablar sobre el cambio climático. En primer lugar se habló sobre el cambio climático y sobre el modelo ecológico del fuego en la vegetación de pino-encino. La pregunta que se les planteó fue ¿cómo pueden usar el fuego en los ocotales si el clima se vuelve más caliente y más seco para que ellos obtengan los servicios que el bosque les proporciona?

En el ejido se organizan para planificar las fechas de quema, elaboran un calendario de quemas que envían a las autoridades municipales de Cintalapa.

Todos los miembros del ejido participan en las quemas y se apoyan entre ellos para que quemen de manera controlada. Tienen que respetar la superficie que dicen que van a quemar. Las quemas controladas, las hacen en superficies que ellos pueden manejar. Antes no era así, hace diez o quince años se encendía y se dejaba que avanzara el fuego, no había control. Ahora hay control.

Los ejidatarios han adoptado el concepto de manejo del fuego y diferencian entre la quema prescrita y la quema controlada. Ellos le llaman quema prescrita a la que hacen cuando los técnicos de la Reserva o investigadores establecen sus objetivos de investigación y ellos participan en la ignición y liquidación del área que se quema. En el ejido ya han tenido una adaptación de su manejo del fuego, comparado con lo que hacían hace quince años.

Las prácticas de protección contra incendios forestales también forman parte de su cultura del fuego; a partir de 1998 todos los años se da mantenimiento a la brecha cortafuego que está en los bordes del ejido. Las brechas cortafuego se hacen con recursos federales que reciben a través de la CONANP-REBISE. También hacen guardarraya en todas las áreas donde van a aplicar fuego.

Antes no sabían todo lo que saben del manejo del fuego, en los talleres impartidos por parte de SEMARNAT aprendieron más y ahora son más responsables “de la lumbre, ya no se echa así nada más”. Citándolos a ellos: “aprendimos a hacer quemas prescritas, quemas planeadas pues, lo que antes no se hacía. No teníamos, tal vez sí teníamos esa capacidad pero como nunca lo habíamos visto no lo hacíamos; sin embargo ahorita ya sabemos cómo se

controla la lumbre, cómo se puede manejar la lumbre”. “Antes combatíamos la lumbre pero sin saber y siempre nos ganaba”.

Los entrevistados comentaron que: “ahora que hemos quemado nos han enseñado [a quemar diferente], lo primero que hacíamos era quemar una hectárea de bosque quemando todo el contorno. Ahora no, ahora nos enseñaron que se debe echar [una línea de fuego] cada 5 m, se está aprendiendo” y eso permite que ahora decidan cómo encaminar el fuego en sus quemas.

Un cambio importante es que ahora trabajan más en la liquidación, cuidan hasta que ven que ya no queda nada de fuego. El dueño tiene que quedarse a vigilar para asegurarse que esté bien apagada la quema.

En el ejido ya tuvieron una adaptación del manejo del fuego que comenzó después del año 1998, por la temporada extraordinaria de incendios que ocurrió en esa región y en el país.

Al hablar de las cabañuelas quedó manifiesto que hay personas que todavía confían en ellas y otras que opinan que no puede seguirse confiando en ellas. Les preocupa contar con información meteorológica confiable y oportuna para poder tomar las decisiones del manejo de sus recursos. Dicen que “los científicos nunca pueden acertar a que aquí va a llover, llueve pero llueve en otro lado”.

Los ejidatarios se dan cuenta de que el clima está cambiando porque antes se sembraba en mayo, pero el año pasado no sembraron hasta el 5 de agosto, apenas así alcanzaron a cosechar algo.

Manifestaron su preocupación acerca de los impactos que puede tener su manejo del fuego en su comunidad y si eso puede dañar a otras áreas, como las ciudades.

Actualmente el ejido está más organizado y más informado. Es una ventaja que tienen para adaptarse al cambio climático. Ellos están vinculados con las autoridades municipales, con el Gobierno del Estado, con el equipo de la REBISE y con la Comisión Nacional Forestal.

Los ejidatarios manifestaron haber recibido capacitación en combate de incendios, en quemas prescritas y en el manejo de emergencias. El equipo que tienen no es suficiente y algunos requieren mantenimiento. La brigada de incendios es voluntaria, creen que debería mejorarse el equipamiento. Huffman (2010) propuso que los ejidatarios de esta comunidad, como los de Corazón del Valle, poseen y aplican un profundo conocimiento tradicional del fuego en su manejo del fuego.

En la reunión opinaron que, aún con cambio climático, se debería seguir quemando en el bosque de pino-encino (ocotada), pero cada cinco años, no menos de eso. “Dentro del bosque, para que genere la semilla que cae del ocote se necesita quemar, porque si cae la semilla del ocote arriba de la juncia

¿cómo va a impactarse con la tierra?”. Creen que se debería encontrar el momento para quemar.

Aquí es necesario retomar a Huffman (2010) cuando reportó que los hombres que entrevistó expresaron que si no hay fuego en el bosque por muchos años, los combustibles se acumulan y puede llegar un incendio más intenso, con más resistencia al control y el bosque se vería más afectado por ese fuego.

6.5. Conclusiones

Los ejidatarios del ejido Valle de Corzo tuvieron una muy buena disposición para hablar de manera abierta acerca del tema del manejo del fuego en su territorio. Las autoridades ejidales apoyaron y dieron seguimiento para que se entrevistara a la mayoría de los ejidatarios, así como para realizar la reunión.

Los entrevistados refirieron que perciben cambios importantes en la precipitación, la temperatura, la humedad relativa, en los vientos y en la presencia de rayos. Ellos señalaron que esos cambios los afectan en sus actividades productivas, en la disponibilidad de agua en sus viviendas y en que ahora hay zancudos.

A pesar de que la mitad de los ejidatarios siguen considerando las cabañuelas para la toma de decisiones, algunas de las personas que no se apoyan en ellas dijeron que antes eran más confiables y ahora no lo son. Los ejidatarios consideraron de gran relevancia que exista algún mecanismo para que ellos reciban información del tiempo atmosférico para su región.

Poco más de un tercio de los entrevistados conocen el concepto del cambio climático y sienten que puede provocar más enfermedades en sus cultivos, escasez de agua y mermar su cosecha. El 50% informa que conoce del concepto de cambio climático porque fue a reuniones organizadas por el personal de la REBISE y el otro 50% dice que se enteró a través de la televisión.

Los campesinos de este ejido cuentan con un conocimiento práctico del manejo del fuego que se ha fortalecido en los últimos 12 años, aproximadamente, por los cursos que han recibido de combate de incendios, de quemas prescritas y del sistema de comando de incidentes. El último curso mencionado les permite saber cómo actuar en caso de que haya un escape de fuego de una quema agropecuaria o de que detecten un incendio. Es un curso de gran importancia porque ellos pueden saber su lugar en el organigrama de atención al incidente y tomar las decisiones más prudentes que protejan a sus pobladores y a su territorio. Los ejidatarios fueron acompañados por personal de la REBISE en la elaboración de su plan comunitario de manejo integral del fuego.

Su experiencia, su capacitación y su participación en la elaboración de instrumentos de planeación del fuego es lo que explica el porqué ellos reconocen que el fuego tiene un papel en el bosque de pino-encino y que necesitan quemar para obtener los beneficios que les da el bosque. Lo anterior lo refieren con matices porque indican que no se puede quemar cada año, ni en cualquier época del año y que deben esperar dos lluvias fuertes para que la llama no se levante mucho.

La comunidad ha estado adaptándose a los cambios del ambiente y a los enfoques de manejo del fuego: pasaron de un uso del fuego que no ponía énfasis en cuidar que el fuego no se escapara, al combate del fuego después de 1998 para que en el año 2005 comenzaran a ser partícipes de un proceso de capacitación que incluía las quemas prescritas. Ambos ejidos cuentan con su plan comunitario de manejo integral del fuego, el cual ya necesita ser actualizado porque fue planificado para el período 2009-2012.

Ante el escenario de cambio climático, ellos consideran que se deberá seguir quemando el bosque de pino-encino para adaptarse y visualizan que requerirán de un mejor equipamiento y de recibir oportunamente información del tiempo atmosférico útil para su ejido. El primer paso para prepararse para la adaptación al cambio climático es realizar la actualización de sus planes comunitarios de manejo del fuego.

Finalmente, es importante saber las percepciones de los ejidatarios acerca del cambio climático porque con base a sus percepciones toman decisiones de cómo manejar el fuego.

VII. CONCLUSIONES GENERALES

Los estudios realizados en la vegetación y suelo permiten tener una aproximación al efecto del fuego sobre los mismos. El resultado de los análisis de las propiedades químicas y físicas del suelo muestran que el incendio, el incendio prescrito y la quema tuvieron un comportamiento que no provocó cambios significativos en las propiedades estudiadas. Lo que se puede decir es que la cantidad de calcio en las áreas quemadas fue mayor. A reserva de estudios que amplíen el conocimiento de la relación entre suelos y fuego en la REBISE, puede decirse que el suelo toleró la intensidad de fuego de la quema, del incendio controlado y del incendio.

La severidad del fuego en el arbolado de *P. oocarpa* permitió observar diferencias importantes entre el ANT, la AQP, la AIC y el AI. En las dos últimas no se reportó ningún individuo muerto, mientras que en AQP fue sólo uno y en ANT murieron más del 50% de los árboles.

El incendio controlado permitió evaluar la severidad del fuego y confirmar que en ese caso los ejidatarios tomaron una decisión convirtiendo un evento que pudo haber sido catastrófico en uno donde se obtuvieron beneficios por el tipo de fuego que ocurrió.

En el ejido Valle de Corzo los ejidatarios entrevistados opinan que sí han cambiado las variables climáticas y que a su vez ellos ya se han ajustado a las modificaciones que éstas les imponen en el manejo de sus recursos naturales, especialmente en el tema de manejo del fuego. Su manejo del fuego ha pasado

ya por varias etapas en las que ha ido incrementando la conciencia de que deben quemar con responsabilidad porque sus acciones los afectan a ellos y a gente de otros lugares, tienen más capacitación en el uso del fuego prescrito, han mejorado su organización para realizar las quemas y tienen coordinación con las diferentes instancias del gobierno en caso de tener algún incidente.

En la entrevista grupal realizada a los ejidatarios de Valle de Corzo, se habló sobre el cambio climático y a pesar de ser un tema relativamente nuevo para ellos, la gente mantuvo su interés y se evidenció su capacidad técnica al buscar las respuestas de cómo podría manejarse el fuego en un escenario más caliente y más seco.

La elaboración (o actualización) de los planes o programas comunitarios de manejo integral del fuego deberían indicar la manera como se minimizarían los impactos negativos ocasionados por el cambio climático en el manejo del fuego y tener en cuenta lo que ocurriría si no se adapta al cambio climático el manejo del fuego comunitario.

El cambio climático en la Reserva plantea retos en todas las áreas y requiere de un análisis detallado en la relación que tiene con los objetos de conservación. Si esta área natural protegida se sabaniza habría que pensar como minimizar los impactos negativos y lo que pasaría en caso de que perdiera su capacidad de ofrecer bienes y servicios.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abril A., y C. González. 1999. Dinámica de la fertilidad y de las poblaciones microbianas en suelos afectados por incendios en las Sierras de Córdoba (Argentina). Agriscientia, 1999, vol. 16, p. 63-70.
- Adams, P. W., y H. A. Froehlich. 1981. Compaction of forest soils. A Pacific Northwest Extension Publication. Oregon, Washington, Idaho. 13 p.
- Afif Khouri, E. y J.A. Oliveira Prendes. 2008. Efectos del fuego prescrito sobre matorral en las propiedades del suelo en Forest Systems, 2008, vol. 15, no 3, p. 262-270.
- Agee, J. K., 1993. Fire ecology of Pacific Northwest Forest. Ed. Island Press. Estados Unidos. 499 p.
- Agee, J. K., 1998. Chapter 11: Fire and pine ecosystems en ecology and biogeography of *Pinus* en Richardson, D. M. (editor), Ecology and biogeography of *Pinus*. Ed. Cambridge University Press, 527 pp.
- Ahlgren, I.F., C.E. Ahlgren. 1965. Effects of Prescribed Burning on Soil Microorganisms in a Minnesota Jack Pine Forest in Vol. 46, No. 3 (May, 1965), pp. 304-310.
- Alanís M., H. E., M. Cano R., M. Tena V. y A. R. Armendáriz A. 2000. Efecto de los daños causados por incendios forestales en bosques de pino del área experimental madera. Folleto Técnico Núm. 15. Instituto Nacional de

Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Chihuahua, México.
25p.

Alatorre, G., E. Boege. 1999. La construcción de una silvicultura campesina sustentable en México: participación de las organizaciones campesinas y sus asesores en Blauert, J., y S. Zadek (coordinadores) Mediación para la sustentabilidad: construyendo políticas desde las bases. Ed. Plaza y Valadez.

Álvarez, J. E. 2000. Consideraciones sobre la geografía de la percepción. Lecturas Geográficas: Homenaje Al Profesor José Estébanez Álvarez, 2000, vol. 1, p. 95.

Andrades Rodríguez, M. S., 2012. Prácticas de edafología y climatología. Material Didáctico: Agricultura y Alimentación. No. 5. Universidad de la Rioja, Servicio de Publicaciones. 70pp.

Arizpe L., F. Paz y M. Velázquez. 1993. Cultura y cambio climático: percepciones sociales sobre la deforestación en la Selva Lacandona. Grupo Editorial Miguel Ángel Porrúa, México. 230 p.

Arocena, J.M. y C. Opio. 2003. Prescribed fire-induced changes in properties of sub-boreal forest soils. Geoderma, 2003, vol. 113, No. 1, 1-16 pp.

Batista, A. C., y R. V. Soares. 1993. Relações entre a altura de carbonização da casca das árvores e algumas variáveis do comportamento do fogo em

uma queima controlada em povoamento de *Pinus taeda*. Floresta. Vol. 23, no. 12: 47-53.

Bertsch H. 1987. Manual para interpretar la fertilidad de los suelos de Costa Rica. 2^a. Ed. San José, C.R.: Oficina de Publicaciones de la Universidad de Costa Rica. Reimpresión 1995.

Bielefeld Nardoto, G., M. M. da Cunha Bustamante. 2003. Effects of fire on soil nitrogen dynamics and microbial biomass in savannas of Central Brazil. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 2003. Vol. 38, no. 3. 955-962 pp.

Boyer, W.D., Miller, J.H. 1994. Effect of burning and brush treatments and soil physical properties in young longleaf pine stands. Forest Ecology and Management 70: 311-318 pp.

Burdon, R.D. An introduction to pines In: Pines of silvicultural importance. CAB International (comp.). Wallingford, U.K. 2002. CABI Publishing. pp: X-XXI.

Busse, M. D., K. R. Hubbert, G. O. Fiddler, C. J. Shestak y R. F. Powers. 2005. Lethal soil temperatures during burning of masticated forest residues. International Journal of Wildland Fire, 2005, vol. 14, no 3, p. 267-276.

Capulín Grande, J., Mohedano Caballero, L., & Razo Zarate, R. 2010. Cambios en el suelo y vegetación de un bosque de pino afectado por incendio: Changes in soil and vegetation in a *Pinus* forest affected by fire. Terra Latinoamericana, 28: 79-87.

- Castellanos, J. Z., Uvalle-Bueno, J. X., Aguilar-Santelises, A. 2000. Manual de interpretación de análisis de suelos y aguas agrícolas, plantas y ECP. Segunda edición. INIFAP-Guanajuato, Chapingo-Estado de México. 201 p.
- Castro H., J.C, R. Hernández J., S. Náñez J., S. Rodríguez A., C. Tejeda C., A. Vázquez V., K. Batchelder y A.Z. Maldonado F. 2003. Conservación con base en la comunidad: trabajos con comunidades en áreas naturales protegidas de Chiapas, México. The Nature Conservancy, Arlington, Estados Unidos. 67 p.
- Castro Hernández, J.C, R. Hernández Jonapá, S. Náñez Jiménez, S. Rodríguez Alcázar, C. Tejeda Cruz, A. Vázquez Vázquez, K. Batchelder y A.Z. Maldonado Fonseca. 2003. Conservación con base en la comunidad: trabajos con comunidades en áreas naturales protegidas de Chiapas, México. The Nature Conservancy, Arlington.
- Certini, G. 2005. Effects of fire on properties of forest soils: a review. *Oecologia*, 143(1), 1-10.
- Chandler, C., Cheney, P., Thomas, P., Trabaud, L. y Williams, D. 1983. Fire in forestry: Volume I Forest fire behavior and effects. New York: Wiley. 450 pp
- Choromanska, U., y T.H. DeLuca. 2001. Prescribed fire alters the impact of wildfire on soil biochemical properties in a ponderosa pine forest. *Soil Science Society of America Journal*, 2001, vol. 65, January-February, 232-238 pp.

- CONANP. 2010. Estrategia de cambio climático para áreas protegidas. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, SEMARNAT. México. 22 p.
- CONANP y The Nature Conservancy. 2009. Plan de quema prescrita en un área forestal del Ejido Corazón del Valle, Cintalapa, Chiapas 2006. 2ª Edición. 15 p.
- CONANP-SEMARNAT, 2003. Análisis de las estadísticas de incendios forestales de la Reserva de la Biosfera La Sepultura, en el periodo 1997-2003. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. Documento interno.
- De las Heras Ibañez, J., J.J. Martínez Sánchez y J.M. Herranz Sanz. 1991. Impacto ecológico de los incendios forestales. Al-Basit: Revista de estudios albacetenses, 1991, no 29, 105-117pp.
- De Luis, M., J.C. González-Hidalgo y J. Raventós. 2003. Efectos erosivos de una lluvia torrencial en suelos afectados por quemas experimentales de diferente severidad. Cuaternario y geomorfología: Revista de la Sociedad Española de Geomorfología y Asociación Española para el Estudio del Cuaternario, 2003, vol. 17, no 3, p. 57-67
- DeBano, L.F., D.G. Neary, y P.F. Ffolliott. 1998. Fire's effects on ecosystems. New York. Ed. John Wiley & Sons, Inc. 333pp.
- Dirzo R., P.H. Raven. 2003. Global state of biodiversity and loss. Annu. Rev. Environ. Resour. 28:137-167.

URL:biolambiental.posgrado.unam.mx/pdf/Dirzo2003.pdf. Acceso mayo 2013.

Dube, O. P. 2009. Linking fire and climate: interactions with land use, vegetation, and soil. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 2009, vol. 1, no 2, p. 161-169.

FAO. 2007. Manejo del fuego: principios y acciones estratégicas. Directrices de carácter voluntario para el manejo del fuego. Documento de Trabajo sobre el Manejo del Fuego No. 17. FAO. Roma. 71 p.

Faria, A. B. de C., C. T. Blum, C. Chitsondo, K. C. Lombardi y A. C. Batista. 2011. Efeitos da intensidade da queima controlada sobre o solo e diversidade da vegetação de campo em Irati-PR, Brasil - *Revista Brasileira de Ciências Agrárias (Agrária) Brazilian Journal of Agricultural Sciences*, 2011, vol. 6, no 3, p. 489-494.

Fassbender, H. W., 1987. Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina / Por Hans W. Fassbender; Elemer Bernemisza. 2ª. Ed. Rev. – San José, costa Rica: IICA. Colección libros y materiales Educativos / IICA: No. 81.420 pp.

Flores-Garnica, J.G., J.D.D. Benavides-Solorio. 1996. Soil chemical changes due to fire when prescribed burns are applied in a temperate forest of Mexico. *En Rev. Int. Contam. Ambient.* 12, No. 2. 75-81pp.

- Gandoy Bernasconi W., 1999. Manual de laboratorio para el manejo físico de suelos: temporal y riego, parcela y cuenca. Colección de Cuadernos Universitarios. Serie Agronomía No. 22. Universidad Autónoma Chapingo, México. 173pp.
- García-Barrios, L., Y.M. Galván-Miyoshi, I. A. Valdivieso-Pérez, O.R. Masera, G. Bocco y John Vandermeer. 2009. Neotropical forest conservation, agricultural intensification, and rural out-migration: the Mexican experience. Bioscience, vol. 59, no 10, p. 863-873.
- Garnica, J. G. F., & Solorio, J. D. D. B. (1996). Soil chemical changes due to fire when prescribed burns are applied in a temperate forest of Mexico Revista Internacional de Contaminación Ambiental, año/vol. 12, número 002 Universidad Nacional Autónoma de México Distrito Federal, México.
- Giardina, C.P., R.L. Sanford y I.C. Døckersmith. 2000. Changes in soil phosphorus and nitrogen during slash-and-burn clearing of a dry tropical forest. Soil Science Society of America Journal, 2000, vol. 64, no 1, p. 399-405.
- Gobierno de la República. 2013. Estrategia Nacional de Cambio Climático (ENCC). Visión 10-20-40. Gobierno de la República. México. 60 p.
- Gobierno del Estado de Chiapas. 2011. Programa de Acción ante el Cambio Climático del estado de Chiapas. Gobierno del Estado de Chiapas. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. 137 p.

- Gosz, J. R., G. E. Likens y F. H. Bormann. 1976. Organic matter and nutrient dynamics of the forest and forest floor en the Hubbard Brook Forest. *Oecologia*, 1976, vol. 22, no 4, 305-320pp.
- Henríquez, C., y F. Bertsch. 1997. Comportamiento de Ca, Mg y K en respuesta a la aplicación de fertilizante potásico y de cal dolomítica en un andisol de la Zona Sur de Costa Rica. *Agronomía Costarricense*, 1997, vol. 21, no 2, 239-248 pp
- Hepper, E., A. Urioste, V. Belmonte y D. Buschiazzo. 2008. Temperaturas de quema y propiedades físicas y químicas de suelos de la región semiárida pampeana central. *Ciencia del suelo*, 2008, vol. 26, no. 1, 29-34pp.
- Huffman, M.R. 2010. Community-based fire management at La Sepultura Biosphere Reserve, Chiapas, Mexico. Tesis de Doctorado. Colorado State University . Fort Collins, Colorado. 301 p.
- Huffman, M.R. 2010. Community-based fire management at La Sepultura Biosphere Reserve, Chiapas, Mexico. Tesis de Doctorado. Colorado State University . Fort Collins, Colorado. 301 p.
- Hungerford, R. D., M. G. Harrington, W. H. Frandsen, K. C. Ryan y G. J. Niehoff. 1990. Influence of fire on factors that affect site productivity. Paper presented at the Symposium on Management and Productivity of Western Montane Forest Soils, Boise, April 10-12, 1990. SDA Forest Service Rocky Mountain Research Station. Estados Unidos. (URL:

http://forest.moscowsl.wsu.edu/smp/solo/documents/GTRs/INT_280/Hungerford_INT-280.php).

ICLEI – Gobiernos Locales. 2012. El municipio de Cintalapa participa en PACMUN. http://www.iclei.org.mx/web/index.php/noticias/el_municipio_de_cintalapa_participa_en_pacmun. Accesado en junio del 2013.

Iglesias López, M. T., 1993. Efectos de los incendios forestales sobre las propiedades del suelo en un pinar de repoblación (*Pinus pinaster*), en Arenas de San Pedro (Ávila). Memoria para optar al Grado de Doctora en Farmacia. Universidad Complutense de Madrid. España. 339pp.

Iniciativa Global para el Manejo del Fuego. 2004. El fuego, los ecosistemas y la gente: una evaluación preliminar del fuego como un tema global de conservación. The Nature Conservancy. 9 p.

Instituto Nacional de Ecología (INE)–SEMARNAP. 1999. Programa de manejo: Reserva de la Biosfera La Sepultura, Ed. INE, México, 247pp.

Jardel P., E.J., R. Ramírez V. A. Saldaña A., F. Castillo N., J. C. Chacón M., S. Zuloaga A., O. E. Balcázar M. H. Quiñones y A. Aragón C. 2003. “Restauración de áreas afectadas por incendios forestales en la Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán”. Informe final del Proyecto F6-00-14. Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza A.C. y Universidad de Guadalajara. Autlán, Jalisco, México. 33pp.

- Keeley, J. E., 2009. Fire intensity, fire severity and burn severity: a brief review and suggested usage. *International Journal of Wildland Fire*, 2009, vol. 18, no 1, p. 116-126.
- Kemp, R.H. 1973. International provenance research on Central American pines. Commonwealth Forestry Institute. Oxford, United Kingdom. Pp: 55-66.
- Kennard, D.K. y H.L. Gholz. 2001. Effects of high-and low-intensity fires on soil properties and plant growth in a Bolivian dry forest. *Plant and Soil* 2001, vol. 234, No. 1. 119–129 pp
- Ketterings, Quirine M.; BIGHAM, Jerry M. Soil color as an indicator of slash-and-burn fire severity and soil fertility in Sumatra, Indonesia. *Soil Science Society of America Journal*, 2000, vol. 64, no 5, p. 1826-1833.
- Knoepp, J.D., K. J. Elliot, B. D. Clinton y J. M. Vose. 2009. Effects of prescribed fire in mixed oak forests of the southern Appalachians: forest floor, soil, and soil solution nitrogen responses. *The Journal of the Torrey Botanical Society*, 2009, vol. 136, no 3, p. 380-391.
- Knoepp, J.D., L.F. DeBano y D. G. Neary, 2005. Chapter 3: Soil Chemistry en Neary, D.G., Ryan, K.C., DeBano, L.F. (editores) *Wildland fire in ecosystems: Effects of fire on soil and water*. Rocky Mountain Research Station-General Technical Report 42, vol. 4.

- Kutiel, P. y Z. Naveh. 1987. Soil properties beneath *Pinus halepensis* and *Quercus calliprinos* trees on burned and unburned mixed forest on Mt. Carmel, Israel. *Forest Ecology and Management*, 1987, vol. 20, no 1, 11-24 pp.
- Lide DR (2004) CRC handbook of chemistry and physics. CRC Press, Boca Raton, FL
- Martínez A., C. (comp) 2010. Adaptación al cambio climático y servicios ecosistémicos en América: libro de actas del seminario internacional SIASSE 2008. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CATIE. Turrialba, CR. 99 p.
- Martínez-A. F. A., 2011. Curso de fisiología vegetal: algunos aspectos a tener en cuenta en la formulación de fertilizaciones de cultivos basados en la interpretación de los análisis químicos de suelos. Universidad del Valle, Facultad de Ingeniería. Santiago de Cali, abril del 2011.
- McNabb, D. H., F. J. Swanson. 1990. Effects of fire on soil erosion en Walstad, J. D., S. R. Radosevich, D. V. Sandberg (editores). *Natural and prescribed fire in Pacific Northwest Forests*. Ed. Oregon State University Press. Corvallis, Oregon, Estados Unidos. 159-176 pp.
- Myers, R. L. 2006. Convivir con el fuego: manteniendo los ecosistemas y los medios de subsistencia mediante el Manejo Integral del Fuego. The Nature Conservancy. Tallahassee, FL. 28 p.

- Myers, R. L., D. A. Rodríguez-Trejo. 2009. Fire in tropical pine ecosystems en Cochrane, M. A. Tropical fire ecology: climate change, land use, and ecosystem dynamics. Springer.
- Naciones Unidas. 1992. Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC). Naciones Unidas. 50 p.
- Neary, D. G., 2004. An overview of fire effects on soils. En Southwest Hydrology September/October 2004. 18 y 19 pp.
- Neary, D. G., C. C. Klopatek, L. F. DeBano y P. F. Folliott. 1999. Fire effects on belowground sustainability: a review and synthesis. Forest ecology and management, vol. 122, no 1, p. 51-71.
- Neary, D. G., K. C. Ryan, L. F. DeBano, J. D. Landsberg y J. K. Brown. 2005. Chapter 1: Introduction 1 a 17pp. en Neary, D.G., Ryan, K.C., DeBano, L.F. (editores) Wildland fire in ecosystems: Effects of fire on soil and water. Rocky Mountain Research Station-General Technical Report 42, vol. 4.
- Pantoja C. V., J. Cruz L., V. Negrete P., A. Vázquez V. 2008. Sistemización del manejo del fuego en la Reserva de la Biosfera La Sepultura, Chiapas, México. En proceso para el V Simposio Internacional sobre Manejo Sostenible de Recursos Forestales (SIMFOER 2008). Pinar del Río, Cuba.

- Plumb, T. R., y A. P. Gómez. 1983. Five southern California oaks: identification and postfire management. Gen. Tech. Rep. PSW-71. Berkeley, CA: Pacific Southwest Forest and Range Experiment Station, Forest Service, U.S. Department of Agriculture. 56pp.
- Quian, Y., S.L. Miao, B. Gu y Y.C. Li. 2009. Effects of burn temperature on ash nutrient forms and availability from cattail (*Typha domingensis*) and Sawgrass (*Cladium jamaicense*) – Technical Reports Ecosystem Restoration en the Florida Everglades. Journal of Environmental Quality. Vol. 38. Marc-April 2009.
- Ramírez L., A. Estado de Chiapas: provincias fisiográficas [formato jpg]. Elaboración propia con base en información de Regiones fisiográficas de INEGI 1:1000 000. S.F.a UNAM, Posgrado de Geografía Ambiental. URL: http://geochiapas.blogspot.mx/2011_07_01_archive.html. Fecha de acceso: 3 de julio del 2013.
- Ramírez L., A. Estado de Chiapas: subprovincias fisiográficas [formato jpg]. Elaboración propia con base en información de Regiones fisiográficas de INEGI 1:1000 000. S.F.b. UNAM, Posgrado de Geografía Ambiental. URL: http://geochiapas.blogspot.mx/2011_07_01_archive.html. Fecha de acceso: 3 de julio del 2013.
- Robbins, A.M.J. 1983 (Re-issued 1994). *Pinus oocarpa* Schiede. Seedleaflets No. 3. Danida Forest Seed Centre. No 0902-3216.

Rodríguez P., A. 2012. Prevención, control y uso del fuego en la Chiquitanía. Comunidades buscan reducir el impacto de incendios forestales provocados por prácticas agrícolas inadecuadas y el cambio climático. Instituto Boliviano de la Montaña (BMI) y Fundación Amigos de la Naturaleza (FAN), blog "Cambio Climático Bolivia" (www.cambioclimatico-bolivia.org), La Paz y Santa Cruz.

Rodríguez T., D.A., U.B. Castro S., M. Zepeda B. y R. J. Carr. 2007. First year survival of *Pinus hartwegii* following prescribed burns at different intensities and different seasons in Central Mexico. *International Journal of Wildland Fire*. 16(1):54-62.

Romme, W. H., M. G. Turner, G. A. Tuskan y R. A. Reed. 2005. Establishment, persistence, and growth of aspen (*Populus tremuloides*) seedlings in Yellowstone National Park. *Ecology*, 2005, vol. 86, no 2, 404-418 pp.

Ruiz, A., M. Ibrahim, B. Locatelli, H. J. Andrade y J. Beer. 2004. Fijación y almacenamiento de carbono en sistemas silvopastoriles y competitividad económica de fincas ganaderas en Matiguás, Nicaragua. *Agroforestería en las Américas*, 2004, no 41-42, p. 16-21.

Ryan, K.C. y E. D. Reinhardt. 1988. Predicting postfire mortality of seven western conifers. *Canadian Journal Forest Research*. 18(10): 1291-1297.

Ryan, K.C., y W.H. Frandsen. 1991. Basal injury from smoldering fires in mature *Pinus ponderosa* laws. *International Journal of Wildland Fire*. 1(2): 107-118.

- Rzedowski, J., L. Vela G., y X. MADRIGAL S. 1977. Algunas consideraciones acerca de los bosques de coníferas en México. *Ciencia Forestal* 2(5): 15-35.
- Sadzawka R. A., P. Peralta P., M. Ibarra M., J. M. Peralta A., y J. P. Fuentes E. 1995. Características químicas de los suelos forestales chilenos. *Bosque*, 1995, vol. 16, no 1, 9-28 pp.
- Scharenbroch, B.C., B. Nix., K.A. Jacobs y M.L. Bowles. 2012. Two decades of low-severity prescribed fire increases soil nutrient availability in a Midwestern, USA oak (*Quercus*) forest. *Geoderma*, 2012, vol. 183, p. 80-91.
- Schlegel, B., J. Gayoso, J. Guerra. 2001. Manual de procedimientos para inventarios de carbono en ecosistemas forestales. Universidad Austral de Chile. Proyecto FONDEF D98I1076. Valdivia, Chile, 2001, vol. 18, 15 pp.
- Scott, J. y Burgan, R. 2005. Standard fire behavior fuel models: a comprehensive set for use with Rothermel's surface fire spread model. USDA Forest Service, Rocky Mountain Research Station, General Technical Report RMRS-GTR-153, 72 pp.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2002. Norma oficial mexicana NOM-021-SEMARNAT-2000 que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos, estudio, muestreo y análisis. *Diario Oficial* 31-12-2002, segunda sección, México, 85pp.

SETEFA, S.F. Plano de ubicación del ejido con respecto a las Áreas Naturales Protegidas. Ejido Corazón del Valle, Municipio de Cintalapa, Chiapas.

Simard, D.G., J.W. Fyles, D. Paré y T. Nguyen. 2001. Impacts of clearcut harvesting and wildfire on soil nutrient status in the Quebec boreal forest. Canadian Journal of Soil Science, 81(2), 229-237 pp.

Trabaud, L. 1994. The effect of fire on nutrient losses and cycling in a *Quercus coccifera* garrigue (southern France). Oecologia, 1994, vol. 99, no 3-4, p. 379-386.

Trujillo V., R.J. 2009. Viabilidad ecológica y social del establecimiento de módulos silvopastoriles en el Ejido Los Ángeles, zona de amortiguamiento de la Reserva de la Biósfera La Sepultura, Chiapas, México. Tesis de Master. Universidad Internacional de Andalucía. España. 77 p.

Trujillo Vázquez, R.J. 2010. Viabilidad ecológica y social del establecimiento de módulos silvopastoriles en el Ejido Los Ángeles, zona de amortiguamiento de la Reserva de la Biósfera La Sepultura, Chiapas, México.

Tyrtania, L., 1992. Yagavila: un ensayo en ecología cultural. Universidad Autónoma Metropolitana, México. 332 p.

Ubeda, X. 2001. Influencia de la intensidad de quemado sobre algunas propiedades del suelo después de un incendio forestal. Revista Edafología,

- Publicada por la Sociedad Española de la Ciencia del Suelo. 2001, no 8, p. 41-49.
- Ulery, A. L., y R. C. Graham. 1993. Forest fire effects on soil color and texture. Soil Science Society of America Journal. 1993, vol. 57, no 1, 135-140 pp.
- Van Wyk, G. *Pinus oocarpa* Schiede ex Schltdl In: Pines of silvicultural importance. CAB International (comp.). Wallingford, U.K. 2002. Ed. CABI Publishing. pp: 289-298.
- Vega Hidalgo, J.A. 2003. Regeneración del género *Pinus* tras incendios. Actas de la III. Reunión sobre Regeneración Natural IV Reunión sobre Ordenación de Montes. Cuad. Soc. Esp. Cien. For. 15: 59-68 pp.
- Vega Hidalgo, J.A., J.R. Pérez Suárez, E. Jiménez Carmona, C. Fernández Filgueira y T. Fonturbell Lliteras. 2009. Supervivencia de *Pinus pinaster* Ait. tras incendios forestales en España en 5º Congreso Forestal Español. Montes y Sociedad: saber qué hacer Ref.: 5CFE01-435. 2-9 pp
- Vera V., V., y D.A. Rodríguez T., 2007. Supervivencia e incremento en altura de *Pinus hartwegii* a dos años de quemas prescritas e incendios experimentales. Agrociencia. 41: 219-230
- Vide, J.M., 1990. La percepción del clima en las ciudades. Revista de Geografía, Vol. XXIV. Barcelona. 1990. 27-33pp.
- Zillman, J., 1997. The IPCC: A View from the Inside. Australian APEC Study Centre, <http://www.apec.org.au/docs/zillman.pdf>. Acceso en junio de 2013.

IX. ANEXO

Anexo 9-1. Lista de asistentes a la reunión “Manejo comunitario del fuego y cambio climático”.



Manejo del Fuego Comunitario y Cambio Climático

Taller Introdutorio de Combate y Uso del Fuego

Lugar: Valle de Corzo, Guatemala Fecha: 22/nov/2012

No.	NOMBRE	EJIDO O COMUNIDAD	FIRMA
	Andrés Hernández Benítez	<i>[Signature]</i>	
	Floridama Pérez Hernández	Valle de Corzo	<i>[Signature]</i>
	Joaquín Sánchez Rosales	Valle de Corzo	<i>[Signature]</i>
	Rosa Juárez Morales	Valle de Corzo	<i>[Signature]</i>
	Marilu Sánchez Pérez	Valle de Corzo	<i>[Signature]</i>
	Unías Hernández León	Valle de Corzo	<i>[Signature]</i>
	Fernando Calimayor Hernández	Valle de Corzo	<i>[Signature]</i>
	Maricel Calimayor Hernández	Valle de Corzo	<i>[Signature]</i>
	Reina Trinidad	Valle de Corzo	
	ANA-ROSA Hernández	Valle de Corzo	<i>[Signature]</i>
	Roberto Pérez Hernández	Valle de Corzo	<i>[Signature]</i>
	Enrique Eneas Linero Castañeda	Valle de Corzo	
	Andrés Octavio Solinas Trinidad	Valle de Corzo	<i>[Signature]</i>
	Adin Pérez Bautista	Valle de Corzo	<i>[Signature]</i>
	José Calimayor Toledo	Valle de Corzo	
	NERY Basti Calimayor R.	Valle de Corzo	<i>[Signature]</i>
	Hernán Rodríguez	Valle de Corzo	<i>[Signature]</i>