



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

---

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

---

**Agosto 2017**

---

**Consultor: M. en C. Carlos Alberto Velázquez Sanabria**



Al servicio  
de las personas  
y las naciones

## Consultoría: **SDC-32-2016**

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

### Informe técnico

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



Consultor: M. en C. Carlos Alberto Velázquez Sanabria  
Agosto de 2017

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

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

**Autores:** Carlos Alberto Velázquez Sanabria, Jorge Alberto Pulido Luna, Dante Arturo Rodríguez Trejo, Pedro Martínez Muñoz.

**Modo de citar el informe:** PNUD México (Programa de las Naciones Unidas para el desarrollo). 2016. Servicios de consultoría para elaborar un estudio sobre manejo del fuego con enfoque al control y combate de plantas invasoras en México. Proyecto GEF 083999 “Aumentar las Capacidades Nacionales para el Manejo de las Especies Exóticas Invasoras (EEI) a través de la Implementación de la Estrategia Nacional de EEI”. Velázquez S., C. A.; Pulido-Luna, J. A.; Rodríguez-Trejo, D. A. y Martínez M., P. 46 pp.

**Área objeto del informe:** Nacional

**Fecha de inicio y terminación del informe:** Mayo – Septiembre 2017

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

- 1.2. Información científica y técnica, relevante, oportuna y accesible, que genere capacidades en diversos sectores para atender las prioridades relacionadas con las especies invasoras.
  - establecer líneas base nacional y regionales, sobre la situación de las especies invasoras en México.
- 2.1. Prioridades acordadas para el control o erradicación de especies invasoras.
  - desarrollar mecanismos específicos para el manejo y contención de especies invasoras arraigadas o que no se puedan erradicar.
  - crear capacidades para llevar a cabo las labores de control y erradicación, basadas en información científica.
- 2.2. Programas y planes de acción en operación para la erradicación, manejo de especies invasoras más nocivas y mitigación de sus impactos.
  - establecer acciones de monitoreo para áreas en donde se han llevado a cabo acciones de control y erradicación.

En este informe general se han identificado los sitios para la realización de los ensayos de uso del fuego prescrito para el control y erradicación de plantas exóticas invasoras (PEI); se han realizado recorridos por tres áreas naturales protegidas, con presencia de PEI y se han escogido sitios, donde la realización de quemas prescritas bajo un protocolo de investigación es posible.

Se incluyen los modelos estadísticos y el diseño experimental para cada área en particular, así como, recomendaciones y sugerencias sobre el proceso de formulación del plan y la ejecución de la quema prescrita, considerando las necesidades básicas en cuanto a recursos técnicos especializados y a la coordinación institucional, especificando lo dispuesto en la normativa nacional sobre la aplicación de fuego prescrito.

“Las opiniones, análisis y recomendaciones de política incluidas en este informe no reflejan necesariamente el punto de vista del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, como tampoco de su junta ejecutiva ni de sus estados miembros.”

**ÍNDICE DE TABLAS. 4**

---

**ÍNDICE DE ILUSTRACIONES. 4**

---

**CAPITULO IV. ÁREAS DE ESTUDIO. 5**

---

<b>4.1. CRITERIOS DE SELECCIÓN.</b>	<b>5</b>
<b>4.2. ÁREA DE PROTECCIÓN DE RECURSOS NATURALES (APRN) LA FRAILESCANA.</b>	<b>5</b>
4.2.1. DESCRIPCIÓN.	5
4.2.2. UBICACIÓN.	6
4.2.3. FISIOGRAFÍA.	6
4.2.4. TOPOGRAFÍA.	7
4.2.5. GEOLOGÍA.	8
4.2.6. EDAFOLOGÍA.	8
4.2.7. HIDROLOGÍA.	8
4.2.8. TIPO DE TENENCIA DE LA TIERRA Y SITUACIÓN LEGAL.	8
4.2.9. CARACTERÍSTICAS BIÓTICAS.	10
4.2.10. TIPOS DE VEGETACIÓN.	10
<b>4.3. RESERVA DE LA BIOSFERA (RB) LA SEPULTURA.</b>	<b>11</b>
4.3.1. DESCRIPCIÓN.	11
4.3.2. UBICACIÓN.	11
4.3.3. FISIOGRAFÍA.	12
4.3.4. TOPOGRAFÍA.	12
4.3.5. GEOLOGÍA.	14
4.3.7. HIDROLOGÍA.	14
4.3.8. TIPO DE TENENCIA DE LA TIERRA Y SITUACIÓN LEGAL.	16
4.3.9. CARACTERÍSTICAS BIÓTICAS.	16
4.3.10. TIPOS DE VEGETACIÓN.	16
<b>4.4. PARQUE NACIONAL (PN) CUMBRES DE MONTERREY.</b>	<b>18</b>
4.4.1. DESCRIPCIÓN.	18
4.4.2. UBICACIÓN.	18
4.4.3. FISIOGRAFÍA.	18
4.4.4. TOPOGRAFÍA.	19
4.4.5. GEOLOGÍA.	19
4.4.6. EDAFOLOGÍA.	19
4.4.7. HIDROLOGÍA.	20
4.4.8. TIPO DE TENENCIA DE LA TIERRA Y SITUACIÓN LEGAL.	22
4.4.9. CARACTERÍSTICAS BIÓTICAS.	22
4.4.10. TIPOS DE VEGETACIÓN.	22
<b>4.5. REGÍMENES DEL FUEGO POR ECOSISTEMA O TIPO DE VEGETACIÓN.</b>	<b>23</b>
4.5.1. CARACTERÍSTICAS DE LOS REGÍMENES DE FUEGO.	25

**CAPITULO V. PLANIFICACIÓN DE QUEMAS PRESCRITAS. 28**

---

<b>5.1. EL PLAN DE QUEMA PRESCRITA.</b>	<b>28</b>
<b>5.2. UNIDAD DE QUEMA PRESCRITA.</b>	<b>29</b>
<b>5.3. VENTANA DE PRESCRIPCIÓN.</b>	<b>30</b>
5.3.1. SIMULACIÓN DE COMPORTAMIENTO DEL FUEGO.	30

5.3.1.1. PRINCIPIOS BÁSICOS DE BEHAVE PLUS.	31
5.3.1.2. CONDICIONES ACEPTABLES DE COMPORTAMIENTO DEL FUEGO.	31
<b>5.4. EJECUCIÓN DE QUEMAS PRESCRITAS.</b>	<b>33</b>
5.4.1. ACCIONES PREVIAS, INFRAESTRUCTURA Y CAPACIDADES TÉCNICAS.	33
5.4.1.1. RECURSOS HUMANOS Y SUS CAPACIDADES TÉCNICAS.	33
5.4.1.2. RECURSOS MATERIALES.	33
5.4.1.3. RECURSOS FINANCIEROS.	34
5.4.1.4. PREPARACIÓN DE LA UQP.	34

## **CAPÍTULO VI. RECOMENDACIONES TÉCNICAS SOBRE EL USO DEL FUEGO PARA CONTROL DE PEI.**

**36**

<b>6.1. REGÍMENES DE FUEGO RECOMENDADOS POR ECOSISTEMA Y PEI (TRATAMIENTOS).</b>	<b>36</b>
--	-----------

## **CAPÍTULO VII. ENSAYOS DE PRUEBA.**

**37**

<b>7.1. DISEÑO DE MUESTREO.</b>	<b>37</b>
7.1.1. HYPARRHENIA RUFA.	37
7.1.2. ARUNDO DONAX.	39
7.1.3. MELLINIS MINUTIFLORA P. BEAUV.	42
<b>7.2. TAMAÑO DE UI.</b>	<b>44</b>
<b>7.3. INVENTARIO DE COMBUSTIBLES.</b>	<b>44</b>
7.3.1. CARGAS DE COMBUSTIBLES EN LAS UI.	44
<b>7.4. ÉPOCA DE EJECUCIÓN DE LAS QUEMAS PRESCRITAS.</b>	<b>45</b>
<b>7.5. MEDICIONES DE COMPORTAMIENTO DEL FUEGO.</b>	<b>47</b>
<b>7.6. EVALUACIÓN DE EFECTOS DEL FUEGO EN LA VEGETACIÓN.</b>	<b>47</b>
7.6.1. EVALUACIÓN DEL IMPACTO DE LA QP EN LA VEGETACIÓN NATIVA.	48
7.6.2. EVALUACIÓN DEL IMPACTO DE LA QP SOBRE LAS PEI.	48

2

## **CAPÍTULO VIII. PROGRAMA DE SEGUIMIENTO.**

**48**

<b>8.1. EVALUACIÓN DE INDICADORES.</b>	<b>48</b>
8.1.1. SEVERIDAD DEL FUEGO.	48
8.1.1.1. MORTALIDAD DEL ESTRATO ARBÓREO, ARBUSTIVO Y HERBÁCEO.	49
8.1.1.2. ALTURA DE CICATRIZ SOBRE EL TRONCO.	49
8.1.1.3. PORCENTAJE DE CHAMUSCADO DE COPAS.	49
8.1.1.4. CONSUMO DE COMBUSTIBLES (CARGAS).	49
<b>8.2. DESARROLLO DEL PROYECTO.</b>	<b>49</b>
8.2.1. COORDINACIÓN Y COLABORACIÓN INTERINSTITUCIONAL (RECURSOS HUMANOS, MATERIALES Y FINANCIEROS).	49
8.2.2. CAPACITACIÓN Y EXPERIENCIA DEL GRUPO TÉCNICO RESPONSABLE Y DE APOYO.	50
8.2.3. SEGUIMIENTO A LA NOM-015-SEMARNAT/SAGARPA 2007.	50
8.2.4. DÍAS DE LA SEMANA Y HORARIOS MÁS ADECUADOS PARA LA EJECUCIÓN DE LAS QUEMAS PRESCRITAS.	51
<b>8.3. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES GENERALES.</b>	<b>52</b>

## **CAPÍTULO IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.**

**53**

<b><u>ANEXO 1: FORMATO DE VERIFICACIÓN HACER/NO HACER.</u></b>	<b><u>56</u></b>
<b><u>ANEXO 2: RESUMEN DEL ANÁLISIS DE COMPLEJIDAD.</u></b>	<b><u>56</u></b>
<b><u>ANEXO 3: COMPORTAMIENTO DEL FUEGO.</u></b>	<b><u>68</u></b>
<b><u>ANEXO 4: EFECTOS DEL FUEGO.</u></b>	<b><u>70</u></b>
<b><u>ANEXO 5: MUESTREO DE COMBUSTIBLES FORESTALES.</u></b>	<b><u>71</u></b>

## Índice de tablas.

Tabla 1. Uso de suelo y vegetación y la superficie en porcentaje. _____	11
Tabla 2. Uso de suelo y vegetación y la superficie en porcentaje. _____	17
Tabla 3. Uso de suelo y vegetación y la superficie en porcentaje. _____	23
Tabla 4. Tipo de régimen por ecosistema. _____	23
Tabla 5. Características del régimen. _____	25
Tabla 6. Coordenadas de la Unidad de Quema Prescrita para control de zacate jaragua. _____	38
Tabla 7. Coordenadas de la Unidad de Quema Prescrita para control de Carrizo. _____	40
Tabla 8. Coordenadas de la Unidad de Quema Prescrita para control de zacate gordura. _____	43
Tabla 9. Calendario de actividades para la ejecución de quemas prescritas. _____	45
Tabla 10. Calendario de actividades para la ejecución de quemas prescritas. _____	46
Tabla 11. Calendario de actividades para la ejecución de quemas prescritas. _____	46
Tabla 12. Cronograma de actividades preparativas para el uso de fuego prescrito 2017-2018. _____	52

## Índice de Ilustraciones.

Ilustración 1. Mapa de ubicación de la APRN LF. _____	6
Ilustración 2. Mapa fisiográfico del APRN LF. _____	7
Ilustración 3. Mapa topográfico del APRN LF. _____	7
Ilustración 4. Mapa de Geología del APRN LF. _____	8
Ilustración 5. Mapa Hidrológico del APRN LF. _____	9
Ilustración 6. Mapa Edafológico del APRN LF. _____	9
Ilustración 7. Mapa de Uso de suelo y vegetación del APRN LF. _____	10
Ilustración 8. Mapa de ubicación de la RB La Sepultura. _____	12
Ilustración 9. Mapa fisiográfico de la RB La Sepultura. _____	13
Ilustración 10. Mapa topográfico de la RB La Sepultura. _____	13
Ilustración 11. Mapa de Geología de la RB La Sepultura. _____	14
Ilustración 12. Mapa Edafológico de la RB La Sepultura. _____	15
Ilustración 13. Mapa Hidrológico de la RB La Sepultura. _____	15
Ilustración 14. Mapa de uso de suelo y vegetación de la RB La Sepultura. _____	17
Ilustración 15. Mapa de Ubicación del PN Cumbres de Monterrey. _____	18
Ilustración 16. Mapa fisiográfico del PN Cumbres de Monterrey. _____	19
Ilustración 17. Mapa topográfico del PN Cumbres de Monterrey. _____	20
Ilustración 18. Mapa de Geología del PN Cumbres de Monterrey. _____	20
Ilustración 19. Mapa Edafológico del PN Cumbres de Monterrey. _____	21
Ilustración 20. Mapa Hidrológico del PN Cumbres de Monterrey. _____	21
Ilustración 21. Mapa de Uso de suelo y vegetación del PN Cumbres de Monterrey. _____	22
Ilustración 22. Configuración de Behave Plus. _____	32
Ilustración 23. Condiciones aceptables de comportamiento del fuego. _____	32
Ilustración 24. Sitio propuesto para el experimento, en la parte superior domina el zacate jaragua. _____	37
Ilustración 25. Unidad de Quema Prescrita para control de zacate jaragua. _____	38
Ilustración 26. Imagen conceptual del diseño experimental en bloques completos al azar, para la investigación sobre control de zacate jaragua con fuego. _____	39
Ilustración 27. A y B) Manchones típicos de carrizo sobre cauce de río. _____	40
Ilustración 28. Unidad de Quema Prescrita para Carrizo. _____	40
Ilustración 29. Imagen conceptual del diseño experimental planteado para el experimento con carrizo. _____	41
Ilustración 30. Manchones de zacate gordura. _____	42
Ilustración 31. Unidad de Quema Prescrita para zacate gordura. _____	43
Ilustración 32. Imagen conceptual del diseño experimental para el control de zacate gordura con fuego. _____	44

## **Capítulo IV. Áreas de estudio.**

En este capítulo se describen las áreas identificadas, con potencial para la implementación de las quemas prescritas experimentales, con objeto de control y erradicación de plantas exóticas invasoras (PEI).

### **4.1. Criterios de selección.**

Para determinar los sitios prospecto para la aplicación de fuego técnico para el control y erradicación de PEI, fue necesario realizar contacto con diferentes instancias que administran recursos naturales, como Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) e Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP).

Considerando que la CONANP tiene conocimiento de la presencia de diversas Plantas Exóticas (PE) en cada ANP -y que incluso algunas de ellas tienen procesos iniciados para el control de PEI-, se priorizó la búsqueda de ANP que tengan vegetación adaptada al fuego y permitieran el uso del fuego prescrito como método de control y erradicación de las PEI.

Un criterio de prelación, el más importante después del conocimiento de presencia de PEI en el área administrada, fue determinar sitios en donde el fuego no es percibido por los administradores del recurso natural solo desde la perspectiva negativa, sino que se considera su papel ecológico en los ecosistemas y las políticas públicas no se limitan únicamente a la supresión del mismo.

Al final se obtuvo respuesta favorable de tres ANP y un espacio administrado por INIFAP, una de estas ANP cuenta con procesos iniciados para el control de PEI (PN Cumbres de Monterrey), y las otras ANP (La Frailescana y La Sepultura) mantienen un proceso integral hacia el manejo del fuego; el área propuesta por INIFAP duplicaba la especie a tratar en La Frailescana.

Lo sitios seleccionados fueron:

1. Área de Protección de Recursos Naturales La Frailescana, en Chiapas.
2. Reserva de la Biosfera La Sepultura en Chiapas.
3. Parque Nacional Cumbres de Monterrey, en Nuevo León.

### **4.2. Área de Protección de Recursos Naturales (APRN) La Frailescana.**

#### 4.2.1. Descripción.

Es un Área Natural Protegida de carácter federal. Fue decretada como Zona de Protección Forestal (DOF, 1979) y recategorizada como Área de Protección de Recursos Naturales (APRN) (DOF, 2007).

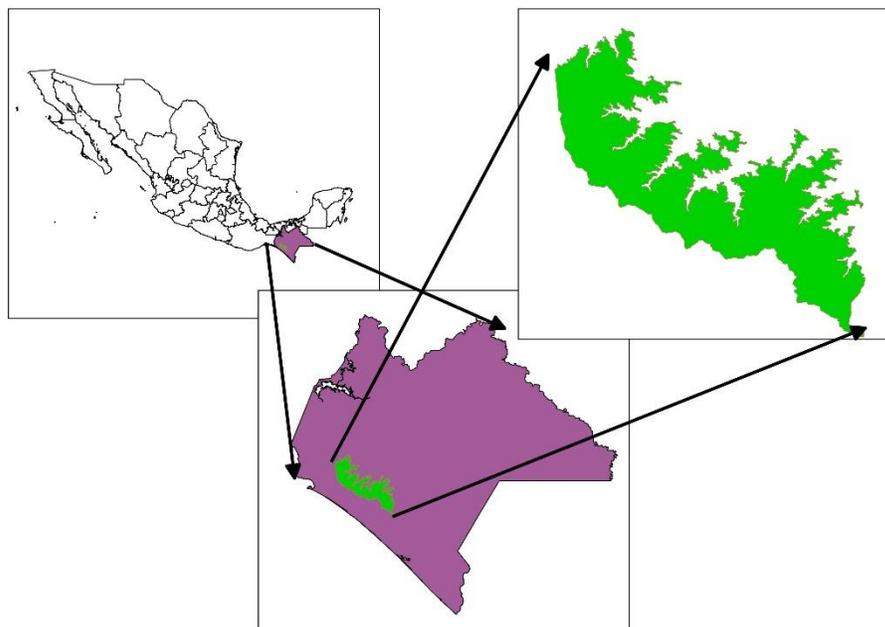
Su nombre oficial es APRN “en los terrenos que se encuentran en los Municipios de La Concordia, Ángel Albino Corzo, Villa Flores y Jiquipilas del Estado de Chiapas”; sin embargo, a nivel estatal y nacional es conocida como “La Frailescana”.

Por su posición geográfica, presenta ecosistemas con gran diversidad. De ello se deriva su riqueza de flora y fauna, registrada con 1566 especies, de las que 142, es decir, el 9% del total, se encuentran en alguna categoría de riesgo, con base en la NOM-059-SEMARNAT-2010 (DOF, 2010). Forma parte de una estrategia regional de conectividad ecológica a través del mantenimiento de

un corredor biológico que involucran a varias áreas de conservación, incluyendo las Reservas de la Biosfera La Sepultura, El Triunfo, el Volcán Tacana y la Zona Sujeta a Protección Especial Pico de Loro Paxtal, esta última de administración Estatal.

#### 4.2.2. Ubicación.

La Frailescana se ubica en el estado de Chiapas, dentro de la Región económica estatal denominada La Fraileasca, entre los 15° 41' 42.36'' y los 16° 21' 34.56'' de latitud norte; y los 92° 55' 45.12'' a los 93° 40' 46.92'' de longitud oeste (Ilustración 1).



**Ilustración 1. Mapa de ubicación de la APRN LF.**

Fuente: INEGI (2012), CONABIO (2008), CONANP (2017).

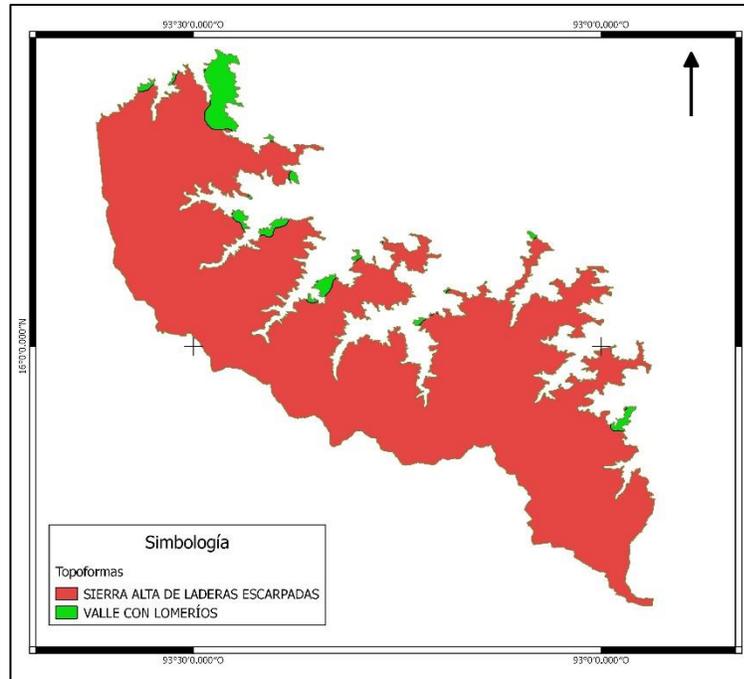
La superficie total decretada es de, aproximadamente, 193,885 hectáreas (CONANP, 2011), existe una diferencia entre los municipios y la superficie original decretada, debido a que el APRN tiene un traslape con la Reserva de la Biosfera La Sepultura.

Se ubica en la parte suroeste del estado de Chiapas, en la porción Noroeste de la Sierra Madre de Chiapas, en la parte alta, después de la cota altitudinal de los 800 msnm. La superficie corregida comprende tres municipios: Villa Corzo 75.41% (89,192.44 ha), Villaflores 6.97% (8,140.41 ha), La Concordia 16.62% (19,402.51 ha) (CONANP, 2014).

#### 4.2.3. Fisiografía.

El Área Natural Protegida, se ubica en la Provincia Tierras Altas de Chiapas, subprovincia Sierra de Chiapas. Presenta un rango altitudinal de 800 a 2,100 msnm.

Específicamente, en la Región que ocupa se observan dos formaciones fisiográficas (Ilustración 2): la Sierra Alta Escarpada Compleja, que se distribuyen en casi el 95% a lo largo del área y el Valle con lomeríos, que se ubican en algunas zonas hacia el Noroeste y parte Este del límite del área (CONANP, 2014).

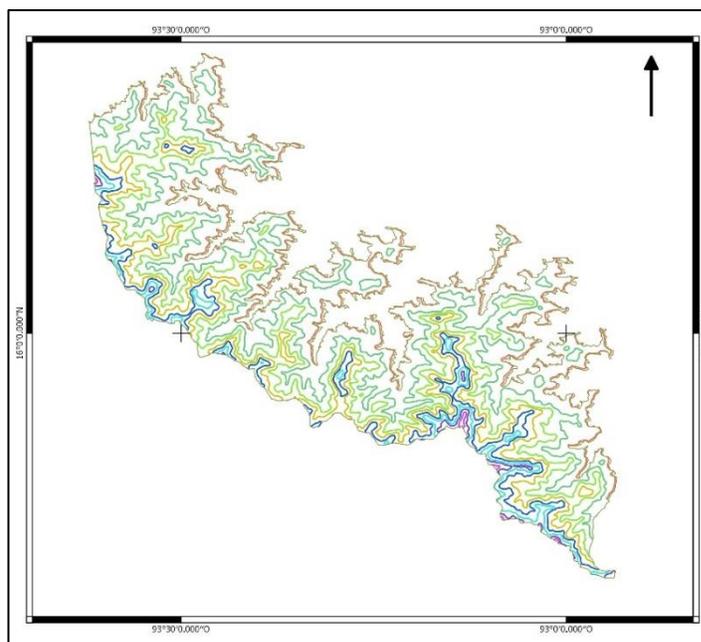


**Ilustración 2. Mapa fisiográfico del APRN LF.**

Fuente: Cervantes-Zamora *et al.* (1990), CONANP (2017).

#### 4.2.4. Topografía.

La topografía de la zona fisiográfica Sierra Madre de Chiapas, se caracteriza por lo escarpado y quebrado del terreno, con pendientes mayores al 100 % (CONANP, 2011). Dentro del APRN se encuentra sierra alta de laderas tendidas, cañones, mesetas y cañadas, valles y mesetas de laderas tendidas y valles con lomeríos (ARSF, 2009) (Ilustración 3).

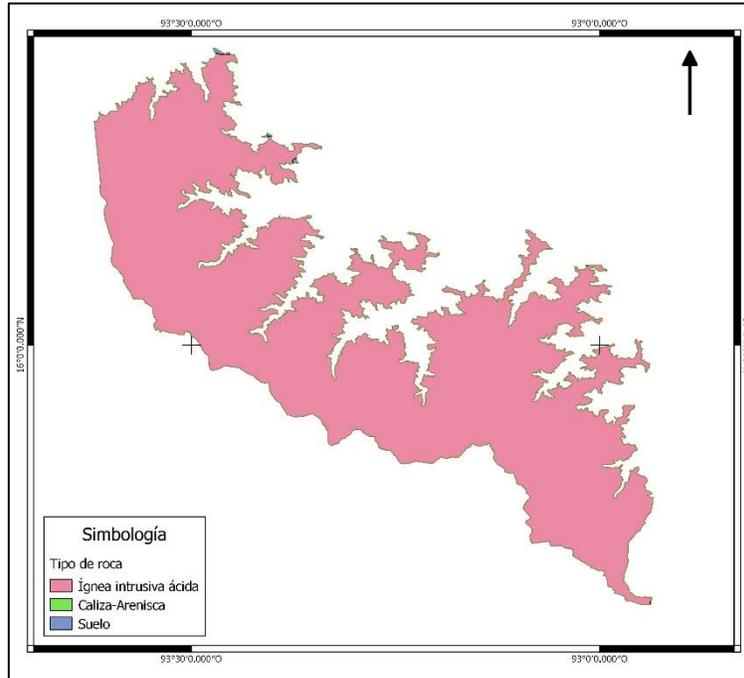


**Ilustración 3. Mapa topográfico del APRN LF.**

Fuente: CONABIO (1998), CONANP (2017).

#### 4.2.5. Geología.

Presenta un complejo basal donde afloran rocas del Precámbrico como son esquistos cristalinos, rocas metamórficas laminadas y plegadas intensamente y rocas intrusivas. Del Paleozoico inferior el complejo basal está constituido por rocas semimetamórficas, laminadas, pero no plegadas y rocas intrusivas del Paleozoico (CONANP, 2014) (Ilustración 4).



**Ilustración 4. Mapa de Geología del APRN LF.**  
Fuente: INEGI (2002), CONANP (2017).

#### 4.2.6. Edafología.

Los suelos que se encuentran en las partes altas del área y de mayor distribución son Litosoles, Regosoles Eútricos y Acrisoles plúnticos y, en menor cantidad, los Cambisoles crómicos, Luvisoles crómicos y Fluvisoles eútricos (CONANP, 2014) (Ilustración 5).

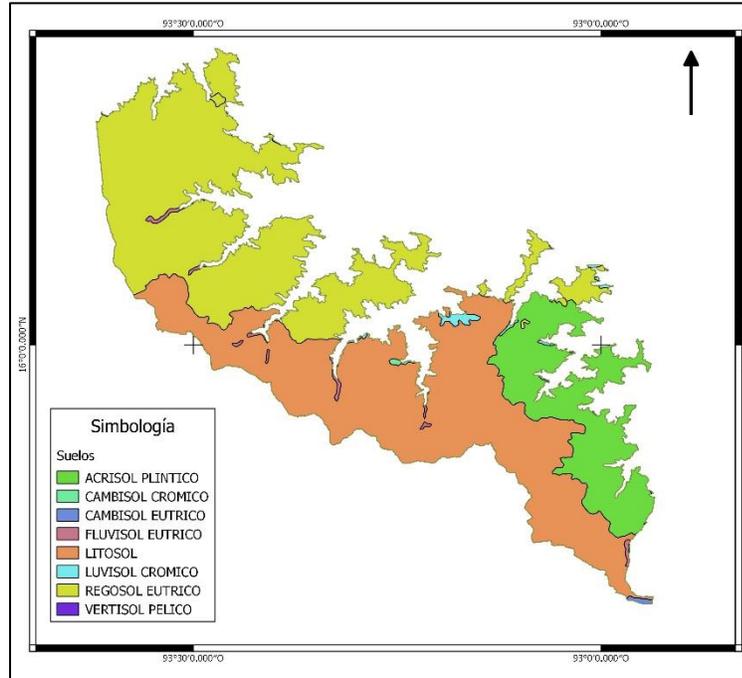
#### 4.2.7. Hidrología.

La Sierra Madre de Chiapas es el parteaguas natural entre la vertiente del Océano Pacífico, que corresponde a la Región Hidrológica de la Costa de Chiapas (RH 23), con ríos de trayectos cortos y muy accidentados en el área de la sierra, que se caracterizan por crecidas anuales; y a la vertiente de la Depresión Central de Chiapas que pertenece la Región Hidrológica Grijalva-Usumacinta (RH 30) (FMCN-CONANP-BIOMASA, 2015) (Ilustración 6). La mayor parte de la superficie del área pertenece a esta segunda región.

#### 4.2.8. Tipo de Tenencia de la Tierra y Situación Legal.

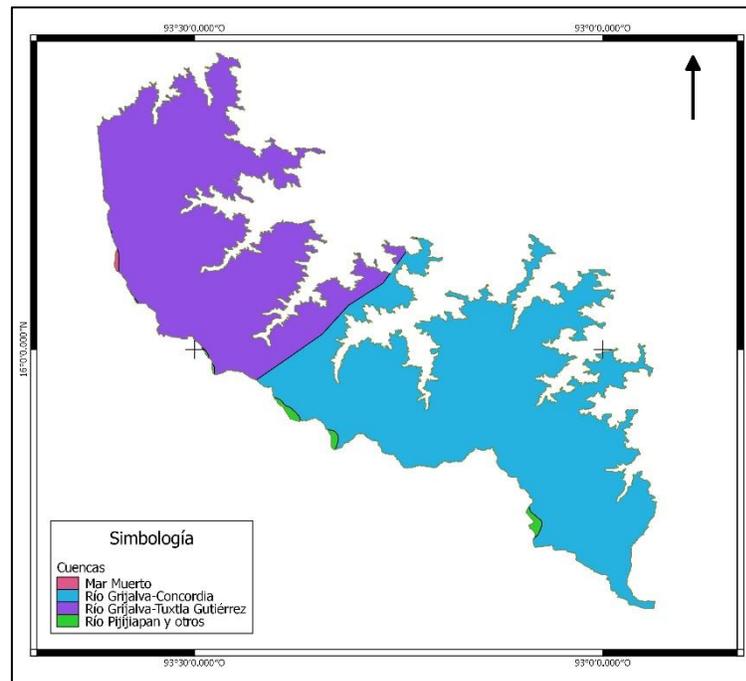
CONANP (2014) describe la tenencia de la tierra como de tipo ejidal, la cual abarca 33,331.94 ha, lo que corresponde a 29% del ANP e incluye 65 núcleos agrarios, con sus respectivas dotaciones. Éstos se distribuyen de la siguiente manera en los 3 municipios: Villa Corzo (53), Villaflores (10) y La Concordia (2); además de coexistir con las propiedades privadas, existen registrados ante el catálogo catastral del Registro Agrario Nacional de 13,001.32 hectáreas que se ubican al interior

del polígono; existen, además, 1,799.81 hectáreas al interior del APRN que son polígonos de terrenos nacionales en posesión. También existen en la zona de influencia del APRN, 28 polígonos de terrenos nacionales en posesión, de los cuales nueve tienen solicitud de enajenación ante la Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (SEDATU). Cuentan además con constancias de posesión y explotación de dichos terrenos.



**Ilustración 6. Mapa Edafológico del APRN LF.**

Fuente: INIFAP – CONABIO (1995), CONANP (2017).



**Ilustración 5. Mapa Hidrológico del APRN LF.**

Fuente: CNA (1998), CONANP (2017).

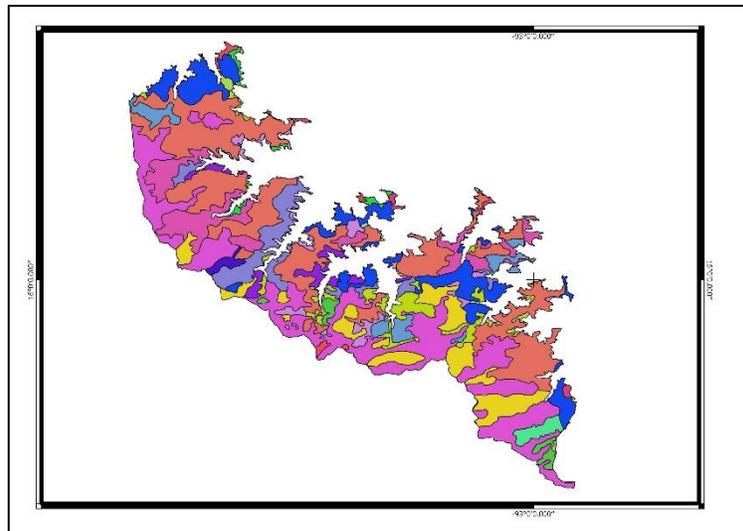
#### 4.2.9. Características Bióticas.

El APRN es un área de transición de vegetación, en la que se intercambian la flora de ambientes más secos de la Región oeste de la Sierra Madre con los ecosistemas húmedos de la parte este de la Sierra. Esta característica, sumada a los gradientes altitudinales, la han dotado de una alta diversidad biológica y un alto número de endemismos (Breedlove, 1981; Schutzman *et al.*, 1988; Long & Heath, 1991; Pérez-Farrera & Croat, 2000; citados por CONANP, 2011).

#### 4.2.10. Tipos de Vegetación.

El APRN, alberga diversas asociaciones vegetales que incluyen el bosque mesófilo de montaña, chaparral de niebla, bosque de coníferas, bosques tropicales perennifolios y subcaducifolios (Rzedowski, 1983; citado por CONANP, 2011), así como vegetación riparia y secundaria (CONANP, 2011).

Se identificaron selvas y bosques, entre las Selvas se registran la Selva Alta Perennifolia, Selva Baja o Mediana Perennifolia, Selva Alta o Mediana Subperennifolia, Selva Alta o Mediana Subcaducifolia, y Selva Baja Caducifolia; los bosques los conforman Encinares, Pinares, Bosque de Escumifolios y Bosque Caducifolio, además de estas formaciones, se encuentran las Sabanas y la Vegetación Secundaria que no pueden ser incluidas en ninguna de las dos categorías anteriores (CONANP, 2014) (Ilustración 7).



**Ilustración 7. Mapa de Uso de suelo y vegetación del APRN LF.**  
Fuente: INEGI (2013), CONANP (2017).

**Tabla 1. Uso de suelo y vegetación y la superficie en porcentaje.**

Fuente: INEGI (2013).

	Clave	Descripción	%
	ARa	Agricultura de riego anual	0.004
	ATa	Agricultura de temporal anual	4.286
	AT PAp	Agricultura de temporal plantación agrícola permanente	1.085
	BQ	Bosque de encino	0.441
	BQP	Bosque de encino-pino	0.101
	BP	Bosque de pino	28.654
	BPQ	Bosque de pino-encino	9.956
	BMM	Bosque mesófilo de montaña	22.277
	PCp	Pastizal cultivado permanente	0.277
	PI	Pastizal inducido	2.559
	S	Sabana	0.010
	VsA BP	Vegetación secundaria arbórea de bosque de pino	3.096
	VsA BPQ	Vegetación secundaria arbórea de bosque de pino-encino	1.966
	VsA BMM	Vegetación secundaria arbórea de bosque mesófilo de montaña	8.568
	VsA SAP	Vegetación secundaria arbórea de selva alta perennifolia	0.210
	VsA SBC	Vegetación secundaria arbórea de selva baja caducifolia	0.375
	VsA SMSp	Vegetación secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia	0.546
	VsA BQ	Vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino	0.049
	VsA BP	Vegetación secundaria arbustiva de bosque de pino	8.171
	VsA BPQ	Vegetación secundaria arbustiva de bosque de pino-encino	5.543
	VsA BMM	Vegetación secundaria arbustiva de bosque mesófilo de montaña	1.056
	VsA SBC	Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	0.769

### 4.3. Reserva de la Biosfera (RB) La Sepultura.

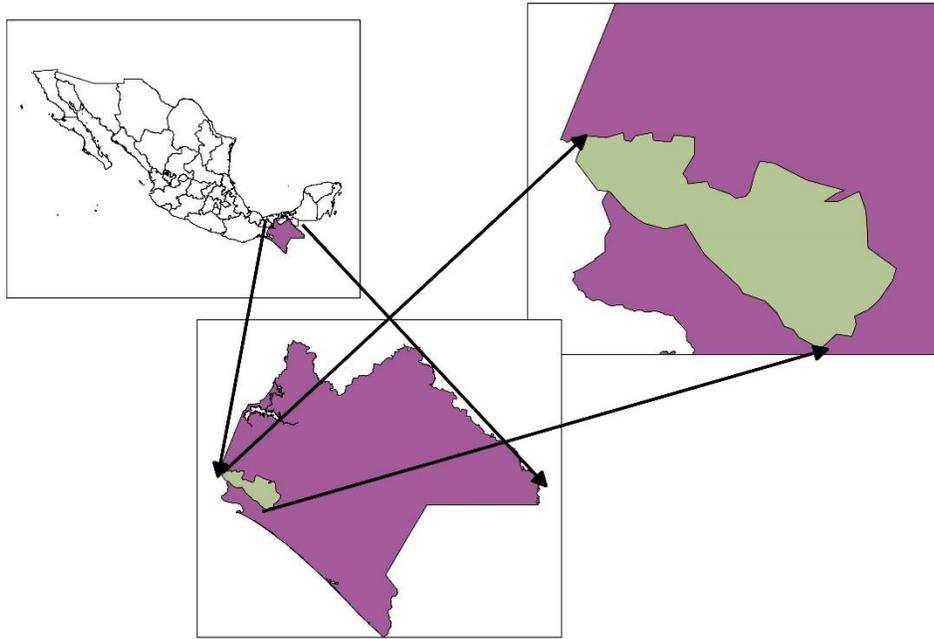
#### 4.3.1. Descripción.

La Reserva de la Biosfera La Sepultura es una de las áreas naturales protegidas de Chiapas decretada en 1995 por el Gobierno Federal como Reserva de la Biosfera, con una superficie de 167,309.86 hectáreas, de las cuales 13,759.21 corresponden a cinco zonas núcleo ubicadas en las partes altas de la Sierra Madre que se localiza hacia los límites con el Estado de Oaxaca. La zona de amortiguamiento comprende una amplia superficie de 153,550 ha., que ha sido transformada en su mayor parte para uso agropecuario (SEMARNAT, 1999). El Área Protegida forma parte de la Red Mundial MAB-UNESCO desde el 2006 (CONANP-RARE, 2010).

#### 4.3.2. Ubicación.

La Reserva de la Biosfera La Sepultura se localiza en la región suroeste del estado de Chiapas, en la porción noroeste de la Sierra Madre. Limita al norte y noreste con la Depresión Central de Chiapas, al este con cumbres de la Sierra Madre en su continuación hacia el Soconusco, al sur con la Planicie Costera del Pacífico de Chiapas y al oeste con las estribaciones de la misma Sierra Madre en su continuación hacia el estado de Oaxaca (Hernández, 1995, citado por SEMARNAP, 1999).

Comprende parte de los municipios de Arriaga, Cintalapa, Jiquipilas, Tonalá, Villacorzo y Villaflores, Chiapas; Se localiza entre las coordenadas geográficas 16°00' 18" y 16°29' 01" de latitud norte y 93°24' 34" y 94°07' 35" de longitud oeste (ilustración 8) (SEMARNAP, 1999).



**Ilustración 8. Mapa de ubicación de la RB La Sepultura.**

Fuente: INEGI (2012), CONABIO (2008), CONANP (2017).

#### 4.3.3. Fisiografía.

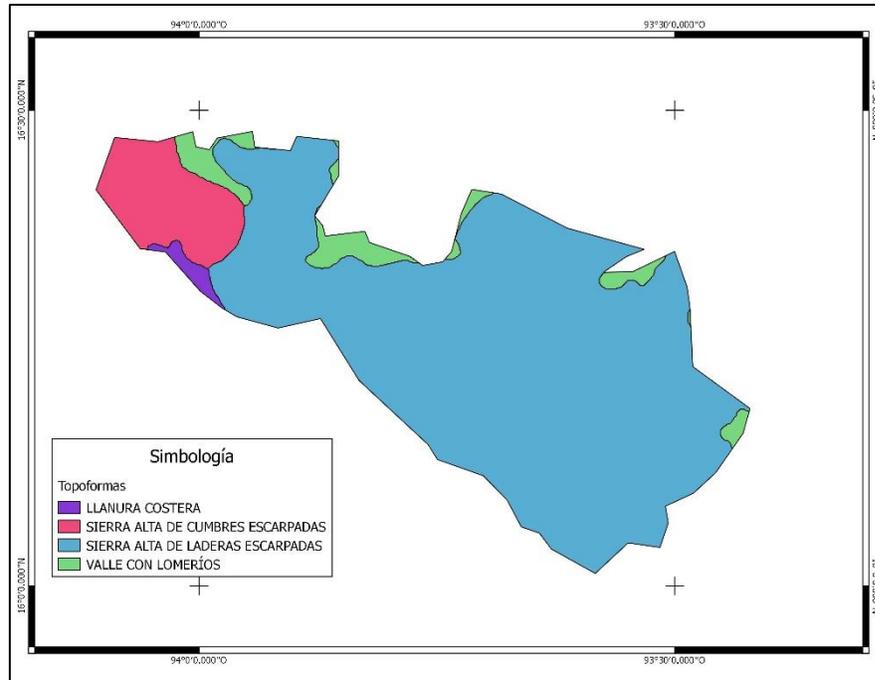
La Reserva está ubicada en la región fisiográfica Sierra Madre de Chiapas, una franja montañosa que corre paralela a la costa del Pacífico recorriendo el estado en dirección noroeste-sureste, continuándose en el estado de Oaxaca y la República de Guatemala, respectivamente. Limita al sur con la Planicie Costera del Pacífico y al norte con la Depresión Central de Chiapas (Ilustración 9). Se caracteriza por lo escarpado y quebrado del terreno, alcanzando pendientes mayores al 100%, dando como resultado, que durante la estación lluviosa sucedan numerosos derrumbes y deslaves, siendo una región altamente susceptible a la erosión (Mulleried, 1957, citado por SEMARNAP, 1999).

#### 4.3.4. Topografía.

En el área de la Reserva, la Sierra Madre se eleva desde los 60 m en la vertiente del Pacífico hasta los 2,550 msnm (Ilustración 10), en el cerro Tres Picos. En general, la topografía de la sierra en la Reserva es más abrupta en la vertiente del Pacífico; esto se observa en las corrientes de agua que, en esa zona, son de régimen torrencial y cauce corto (SEMARNAP, 1999).

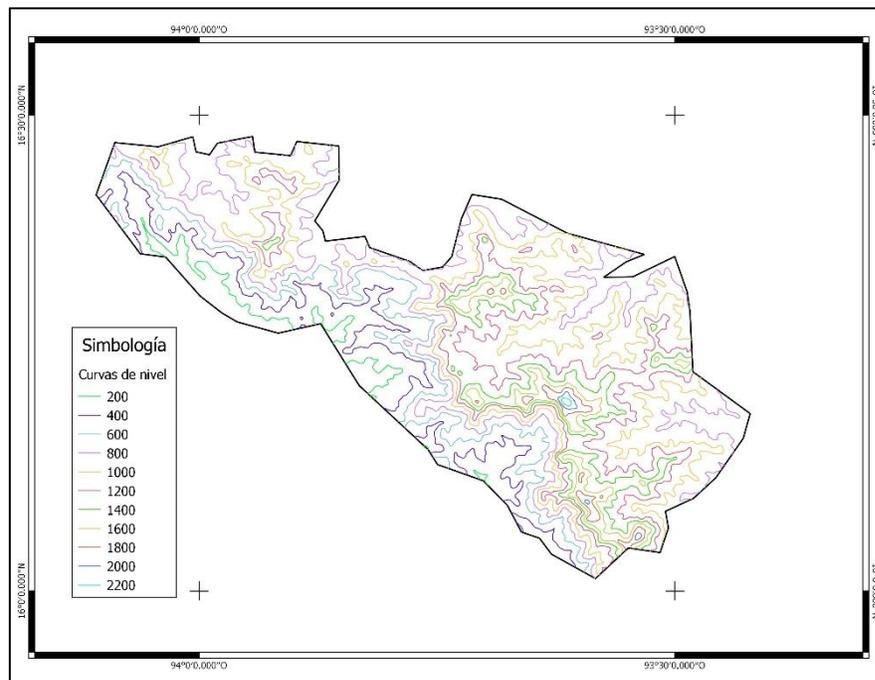
Por otra parte, la vertiente del Golfo se caracteriza en la zona este por presentar una topografía más accidentada que la zona oeste, aunque con valles fluviales extendidos como en el río el Tablón y Los Amates; siendo más suave en el oeste donde se presentan planicies aluviales y mesetas con lomeríos como el Valle de Cintalapa y la región de La Providencia-Las Píldoras (INEGI, 1992, citado por SEMARNAP, 1999).

Respecto a las elevaciones principales de la sierra, dentro del área, destacan los cerros Tres Picos (2,550 msnm), El Caracol (1,950 msnm), La Palmita (1,650 msnm), Chumpipe (1,960 msnm), Hojas Moradas (1,940 msnm), La Mina (1,400 msnm) y Pión de Azúcar (1180 msnm). De menor altura, pero conocidos local y regionalmente son los cerros Humoa (540 msnm) y La Sepultura (700 msnm) (INEGI, 1991 y 1992, citados por SEMARNAP, 1999).



**Ilustración 9. Mapa fisiográfico de la RB La Sepultura.**

Fuente: Cervantes-Zamora *et al.* (1990), CONANP (2017).



**Ilustración 10. Mapa topográfico de la RB La Sepultura.**

Fuente: CONABIO (1998), CONANP (2017).

#### 4.3.5. Geología.

Según SEMARNAP (1999), la región que comprende la Reserva se ubica en la Provincia Tierras Altas de Chiapas, subprovincia Sierra de Chiapas. La forma escarpada de la Sierra Madre es el resultado de movimientos tectónicos que se produjeron a mediados del Cenozoico y se continuaron en el Plioceno (Johnson, 1989; citado por SEMARNAP, 1999) producto de la compresión de la Placa Continental con la Placa de Cocos en el Pacífico.

La principal formación geológica de la Sierra Madre de Chiapas es el Macizo Granítico Chiapaneco (complejo basal), formado por rocas ígneas intrusivas del Paleozoico, con afloramientos de rocas metamórficas del Paleozoico y Precámbrico.

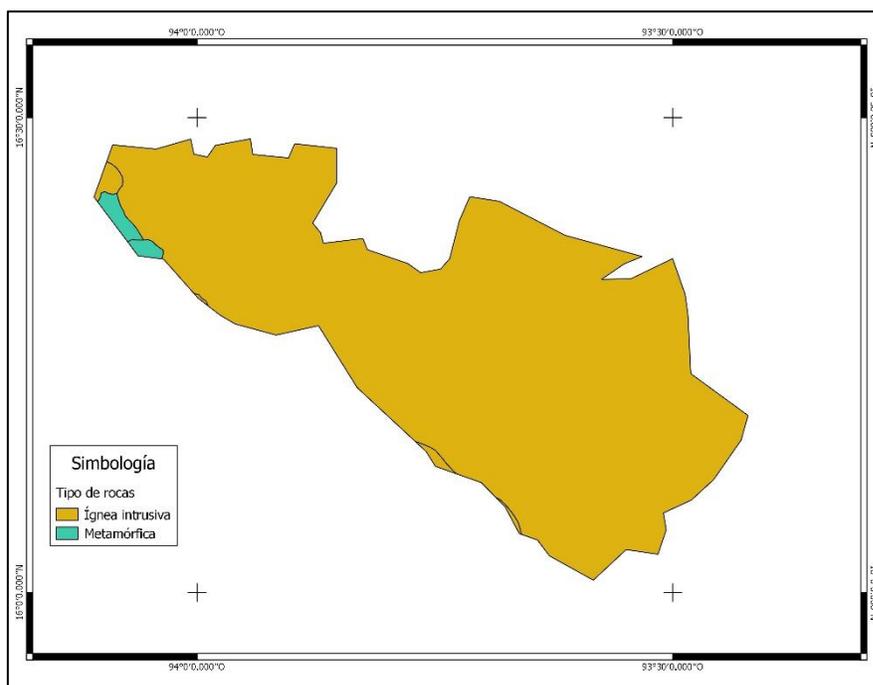
#### 4.3.6. Edafología.

De acuerdo a las características geológicas y de desarrollo edáfico que se ha dado en esta porción de la Sierra Madre de Chiapas, en la Reserva de la Biosfera se localizan las siguientes unidades de suelo, según la clasificación de la FAO/UNESCO (SEMARNAP, 1999) (Ilustración. 12).

Regosol eutrítico en primer orden, asociado con cambisol crómico y litosol, Regosol eutrítico, asociados con litosol y cambisol crómico, Regosol eutrítico en primer orden, asociado con cambisol eutrítico, Cambisol crómico asociado con cambisol eutrítico y regosol eutrítico, Litosol asociado con regosol eutrítico y luvisol crómico, Regosol eutrítico asociado con litosol y feozem haplico, Cambisol eutrítico asociado a cambisol crómico, y Regosol eutrítico asociado a cambisol eutrítico y litosol.

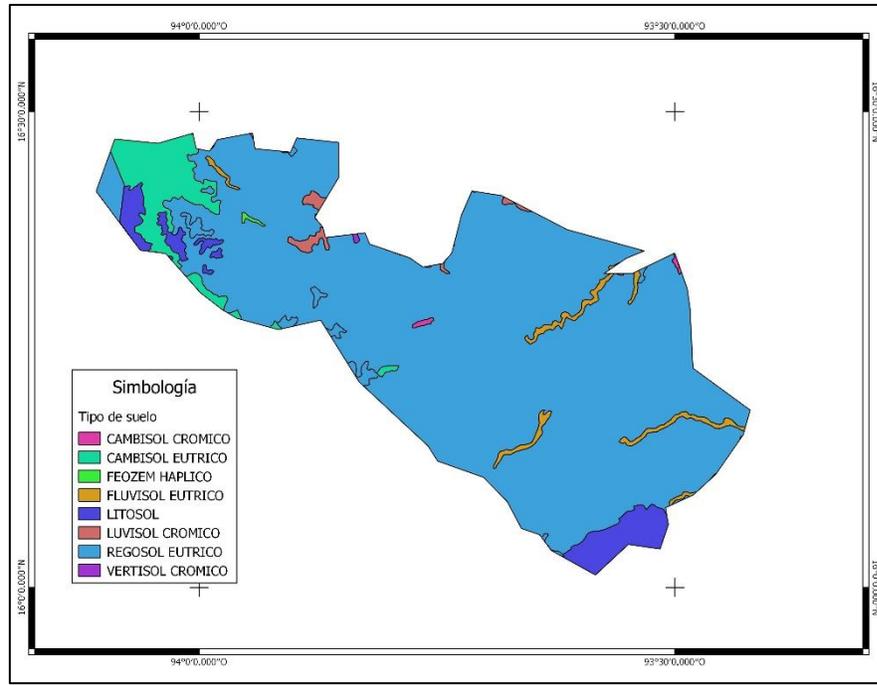
#### 4.3.7. Hidrología.

La Reserva, como parte de la Sierra Madre, constituye el parteaguas entre la vertiente del Océano Pacífico que corresponde a la Región Hidrológica de la Costa de Chiapas RH 23, y la vertiente de la Depresión Central de Chiapas correspondiente a la Región Hidrológica Grijalva-Usumacinta RH 30 (INEGI, 1992, citado por SEMARNAP, 1999) (Ilustración 11).



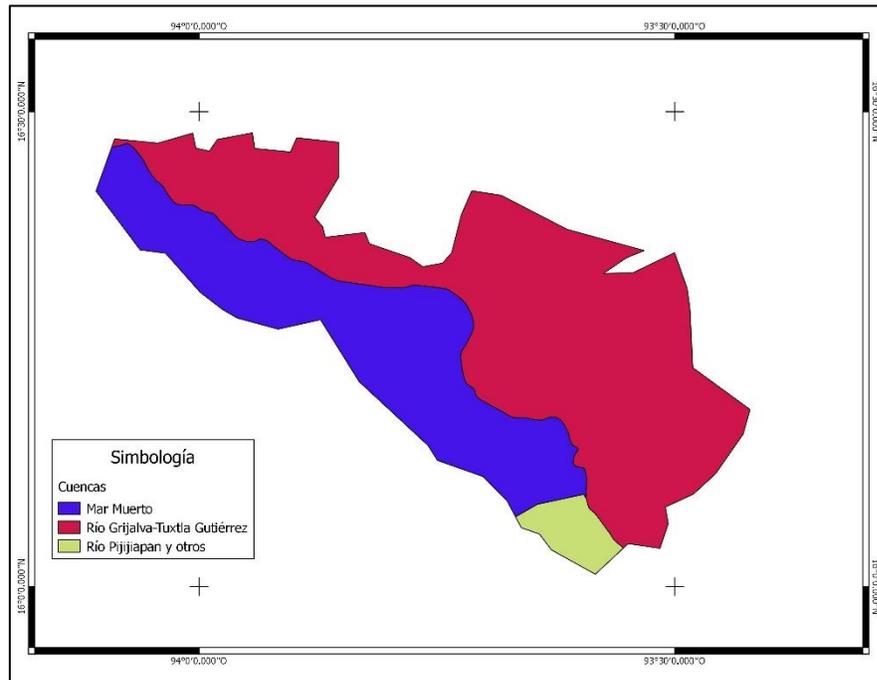
**Ilustración 11. Mapa de Geología de la RB La Sepultura.**

Fuente: INEGI (2002), CONANP (2017).



**Ilustración 12. Mapa Edafológico de la RB La Sepultura.**

Fuente: INIFAP – CONABIO (1995), CONANP (2017).



**Ilustración 13. Mapa Hidrológico de la RB La Sepultura.**

Fuente: CNA (1998), CONANP (2017).

#### 4.3.8. Tipo de Tenencia de la Tierra y Situación Legal.

En el área están presentes tres de los cuatro regímenes de propiedad considerados por la Constitución Mexicana: la pequeña propiedad (incluyendo terrenos nacionales en proceso de regularización) que ocupa un 47% de la superficie total del área, con un registro de 357 predios; la propiedad social (ejidos, bienes comunales y colonias agrícolas y ganadera) que abarca el 48% de la superficie total, teniendo un registro de 41 ejidos y 2 colonias agrícolas y ganaderas; y terrenos baldíos y nacionales propiedad de la nación que incluyen un 5% del total de la superficie (SEMARNAP, 1999).

#### 4.3.9. Características Bióticas.

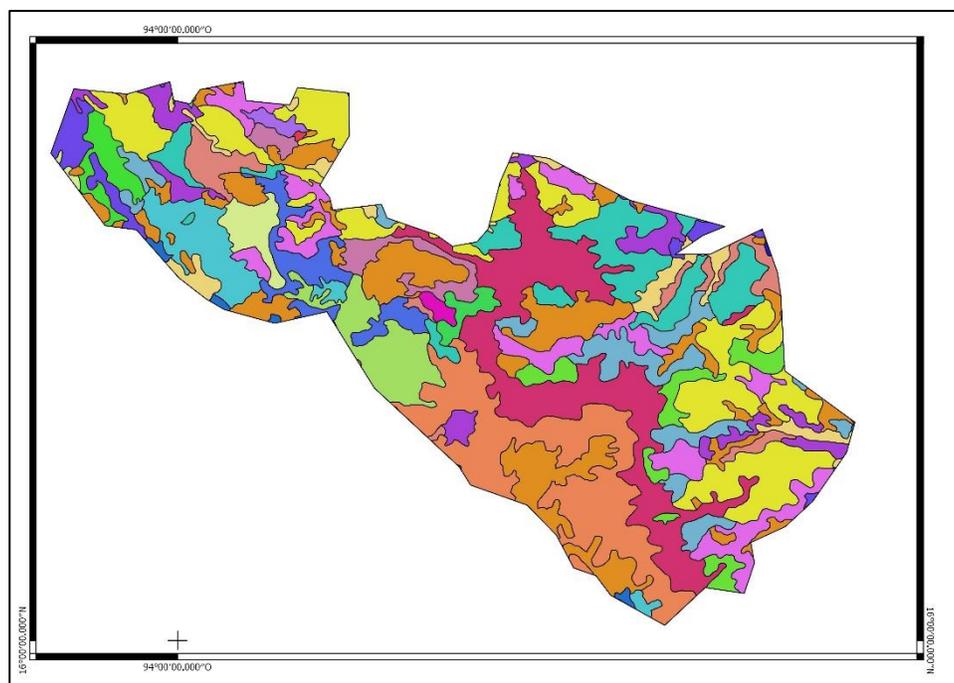
La Reserva de la Biosfera La Sepultura presenta una gama de ecosistemas y diversos tipos de hábitat naturales que representan regiones biogeográficas importantes, aunado a las formas tradicionales locales de apropiación de la tierra que determinan los diferentes usos para el manejo y conservación del sitio. El sistema ecológico sobresaliente por su extensión y la diversidad biológica en el área es la selva baja caducifolia o bosque tropical seco que se distribuye en las partes bajas de ambas vertientes de la Sierra (CONANP-RARE, 2010).

Las condiciones particulares que le proporciona un gradiente altitudinal entre los 60 a los 2550 m, su exposición hacia dos vertientes y su ubicación en el Istmo de Tehuantepec con una alta influencia de vientos, han permitido el desarrollo de por lo menos 10 de los 18 tipos de vegetación primaria reportados para Chiapas y contener una gran diversidad de especies endémicas, raras, amenazadas y en peligro de extinción, tanto de flora como de fauna (SEMARNAP, 1999).

La riqueza biológica del sitio está reflejada en las 518 especies de vertebrados terrestres, 39 anfibios, 78 reptiles, 304 aves y 97 mamíferos (CONANP-RARE, 2010).

#### 4.3.10. Tipos de Vegetación.

Para La Sepultura, de acuerdo a la clasificación de Miranda y Hernández (1963, citado por SEMARNAP, 1999), dentro de la Reserva se distingue hasta 9 tipos de vegetación. Por su parte, Hernández (1995, citado por SEMARNAP, 1999) de acuerdo a la clasificación de Denis Breedlove (1981, citado por SEMARNAP, 1999), menciona 9, posiblemente 10, de los 18 tipos de vegetación primaria reportados para Chiapas por este autor. Respecto a las equivalencias con la clasificación de Rzedowski (1983, citado por SEMARNAP, 1999), en la tabla 2 se identifican 8 tipos de vegetación primaria, además de la vegetación secundaria (12) de esos mismos tipos de vegetación y la vegetación inducida con fines productivos (4).



**Ilustración 14.** Mapa de uso de suelo y vegetación de la RB La Sepultura.

Fuente: INEGI (2013), CONANP (2017).

**Tabla 2.** Uso de suelo y vegetación y la superficie en porcentaje.

Clave	Descripción	%
■	ARa Agricultura de riego anual	0.03
■	ATa Agricultura de temporal anual	2.56
■	BQ Bosque de encino	0.41
■	BQP Bosque de encino-pino	0.73
■	BP Bosque de pino	14.03
■	BPQ Bosque de pino-encino	7.07
■	BMM Bosque mesófilo de montaña	12.66
■	PC Pastizal cultivado	0.35
■	PI Pastizal inducido	13.10
■	S Sabana	3.63
■	SBC Selva baja caducifolia	1.52
■	SMSp Selva mediana subperennifolia	1.53
■	VsA BQP Vegetación secundaria arbórea de bosque de encino-pino	0.33
■	VsA BP Vegetación secundaria arbórea de bosque de pino	4.81
■	VsA BPQ Vegetación secundaria arbórea de bosque de pino-encino	2.85
■	VsA BMM Vegetación secundaria arbórea de bosque mesófilo de montaña	2.59
■	VsA SMSc Vegetación secundaria arbórea de selva mediana subcaducifolia	1.97
■	VsA SMSp Vegetación secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia	10.90
■	Vsa BQ Vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino	0.04
■	Vsa BP Vegetación secundaria arbustiva de bosque de pino	6.81
■	Vsa BPQ Vegetación secundaria arbustiva de bosque de pino-encino	3.73
■	Vsa SBC Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	1.87
■	Vsa SMSc Vegetación secundaria arbustiva de selva mediana subcaducifolia	2.96
■	Vsa SMSp Vegetación secundaria arbustiva de selva mediana subperennifolia	3.51

Fuente: INEGI (2013).

#### **4.4. Parque Nacional (PN) Cumbres de Monterrey.**

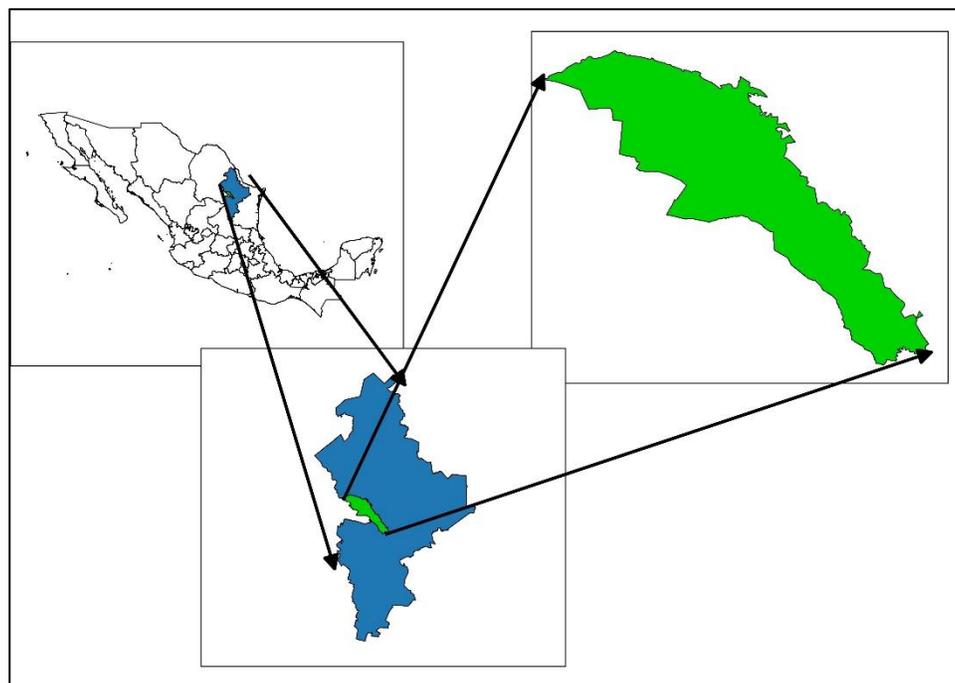
##### 4.4.1. Descripción.

El Parque se localiza en el oeste-centro del Estado de Nuevo León, en colindancia con el Estado de Coahuila. Forma parte de la cuenca hidrográfica del Río Bravo y entre sus características sobresalientes se encuentran las comunidades vegetales de mayor valor ecológico del Estado de Nuevo León. Posee parajes naturales como cañadas, grutas, cascadas y ofrece contraste entre cadenas montañosas y desiertos (CONANP, 2006b).

El 24 de noviembre 1939 se declaró como Área Natural Protegida, con el carácter de Parque Nacional, a la región conocida como Cumbres de Monterrey, en los municipios de Garza García, Monterrey, Santa Catarina, porciones de García, Escobedo, San Nicolás de los Garza, Apodaca, Guadalupe, Santiago y Allende. El 17 de octubre de 2000 se oficializó una redelimitación del PN con lo que la superficie del Parque quedó conformada por una extensión de 177,396 hectáreas, correspondiente a ocho municipios (CONANP, 2006b).

##### 4.4.2. Ubicación.

El Parque Nacional Cumbres de Monterrey se encuentra ubicado en el estado de Nuevo León entre las coordenadas geográficas 26°31'00" de Latitud Norte y 100° 17'20". Es parte territorial de ocho municipios: Allende, García, Montemorelos, Monterrey, Rayones, Santa Catarina (con localidades como La Huasteca), Santiago (Potrero Redondo, El Manzano, Laguna de Sánchez y El Cercado) y San Pedro Garza García (La Sierra de Chipinque) (CONANP, 2006b) (Ilustración 15).



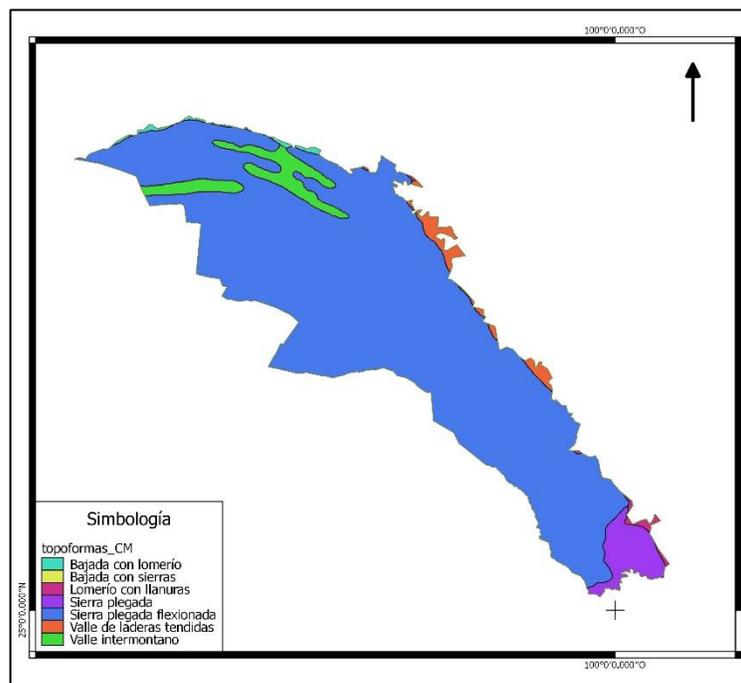
**Ilustración 15. Mapa de Ubicación del PN Cumbres de Monterrey.**

Fuente: INEGI (2012), CONABIO (2008), CONANP (2017).

##### 4.4.3. Fisiografía.

Se localiza en el noreste de la Provincia Geológica de la Sierra Madre Oriental, la cual limita al sur con el Cinturón Volcánico Mexicano; al norte con la Región del Big-Bend, Estados Unidos de América; al este con la Plataforma Burro Picachos y la Cuenca Tampico-Misantla, y al oeste con el

Altiplano Mexicano (INEGI, 1986; López-Ramos, 1982, citados por CONANP, 2006b) (Ilustración 16).



Fuente: Cervantes-Zamora *et al.* (1990), CONANP (2017).

#### 4.4.4. Topografía.

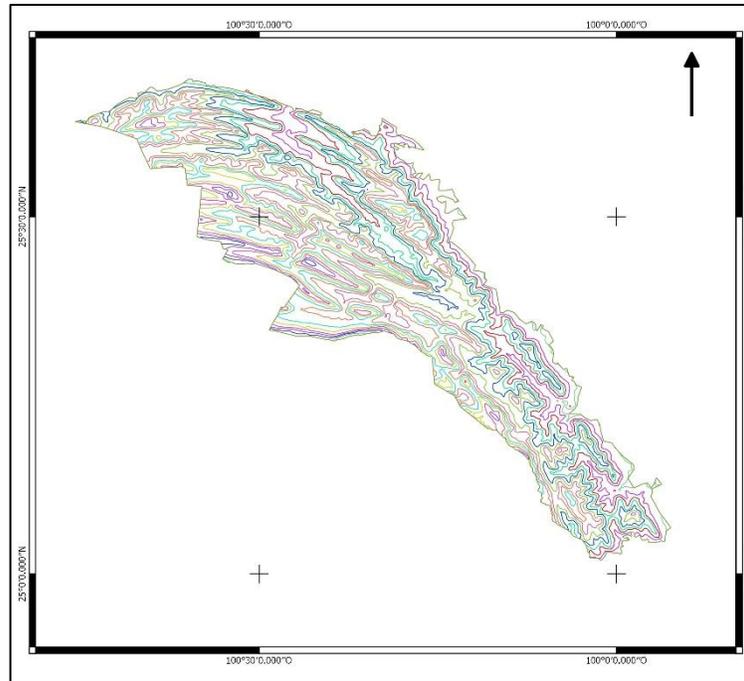
Se localiza en el sistema montañoso de la Sierra Madre Oriental, y se ubica en la provincia del mismo nombre, dentro de la subprovincia de la Gran Sierra Plegada, constando de una serie de sierras menores de estratos plegados, formando cañones, amplios valles y zonas de topografía accidentada. Presenta, además, condiciones variables de topografía, pendientes y orientación de laderas, las cuales tienen efectos importantes en la distribución de la vegetación (Uvalle-Sauceda *et al.*, 2013). El rango de elevación dentro del área de estudio va desde los 600 msnm hasta los 3,400 msnm (CONANP, 2006b) (Ilustración 17).

#### 4.4.5. Geología.

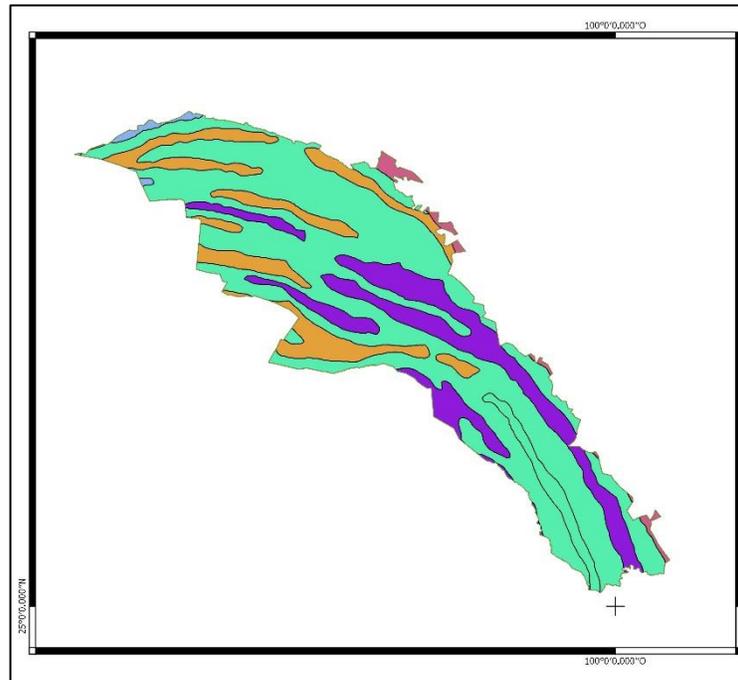
La Sierra Madre Oriental está compuesta por una potente serie de rocas sedimentarias que varían en edad desde el Triásico hasta el Terciario, las cuales fueron depositadas sobre un basamento Paleozoico y Precámbrico. Por su litología, las rocas sedimentarias consisten de calizas, margas, areniscas, lutitas, fosforitas, rocas evaporíticas (yeso, anhidrita, halita), travertino y conglomerados (ITESM, 1994, citado por CONANP, 2006b) (Ilustración 18).

#### 4.4.6. Edafología.

Las unidades principales son del tipo litosol, regosol calcárico, rendzinas, fluvisol, xerosol, vertisol, luvisol, feozem, castañozem, cambisol y acrisol (CONANP, 2006b) (Ilustración 19).



**Ilustración 17. Mapa topográfico del PN Cumbres de Monterrey.**  
Fuente: CONABIO (1998), CONANP (2017).



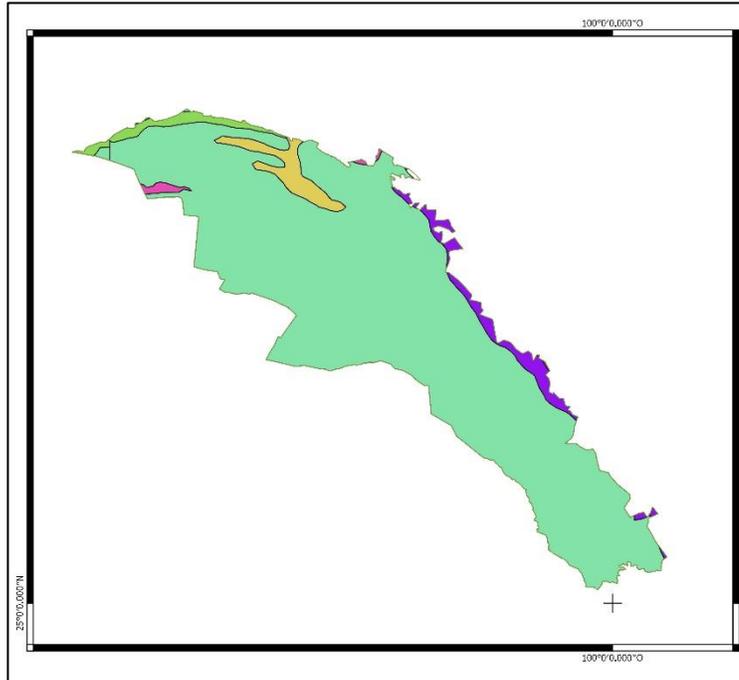
**Ilustración 18. Mapa de Geología del PN Cumbres de Monterrey.**  
Fuente: INEGI (2002), CONANP (2017).

#### 4.4.7. Hidrología.

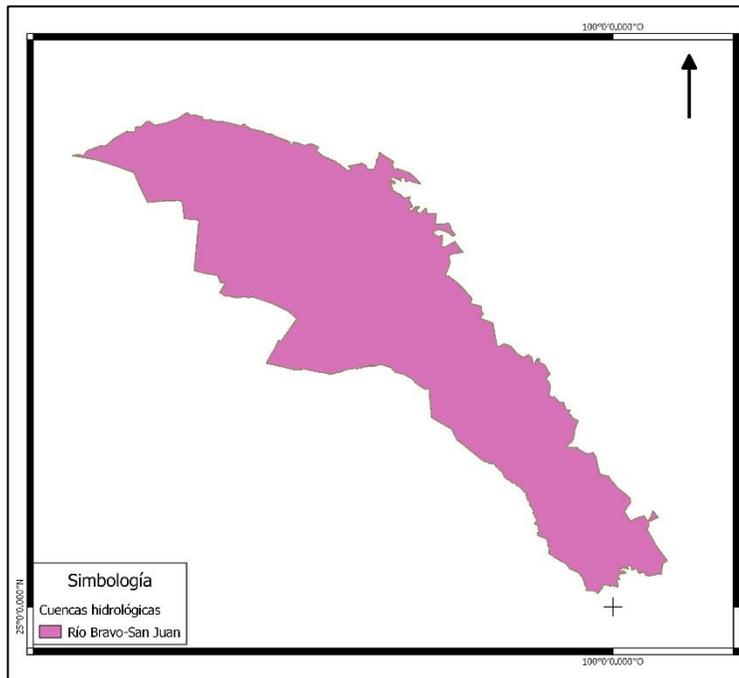
La zona del Parque forma parte de la región hidrológica del Río Bravo (RH 24) (INEGI, 1986, citado por CONANP, 2006a). Es una vasta extensión de más de 39,000 km<sup>2</sup> e incluye corrientes tan importantes como los ríos Bravo, San Juan y Pesquería. En la zona del Parque se originan varias

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

corrientes pluviales, como el Río Santa Catarina, que es el de mayor extensión y cobertura (CONANP, 2006a) (Ilustración 20).



**Ilustración 19. Mapa Edafológico del PN Cumbres de Monterrey.**  
Fuente: INIFAP – CONABIO (1995), CONANP (2017).



**Ilustración 20. Mapa Hidrológico del PN Cumbres de Monterrey.**  
Fuente: CNA (1998), CONANP (2017).

#### 4.4.8. Tipo de Tenencia de la Tierra y Situación Legal.

El Parque Nacional Cumbres incluye territorios de competencia federal, ejidal, comunal, pequeños propietarios y propiedad privada de mayor amplitud; no existen datos precisos sobre la superficie exacta de cada uno de estos territorios (CONANP, 2006b).

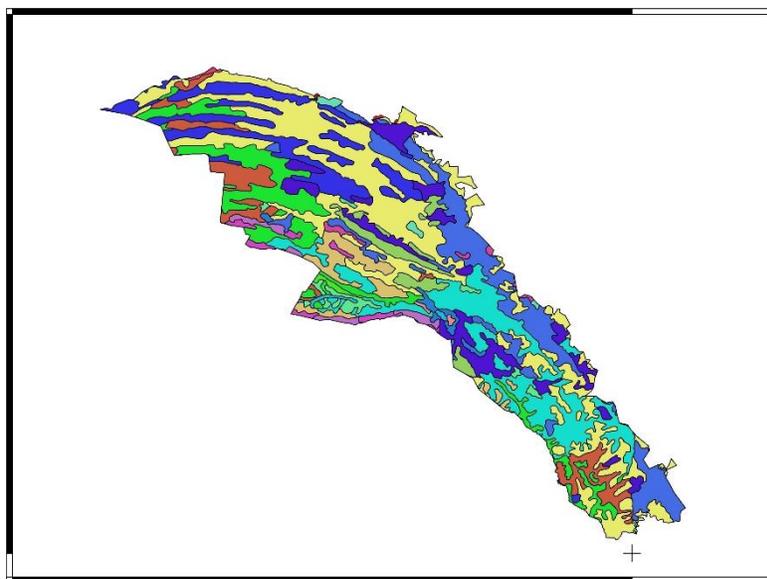
#### 4.4.9. Características Bióticas.

Presenta ecosistemas variados que se alternan en matorrales submontanos, matorrales xerófilos, bosques mixtos de pinos y encinos, fragmentos relictuales de bosques mesófilos de montaña, chaparrales de encinos, pastizales, ambientes riparios y praderas alpinas, por lo que funcionan como un excepcional corredor para la fauna silvestre y la continuidad de los procesos biogeoquímicos y ecológicos, funcionando también como una barrera orográfica, límite natural de distribución de especies de orígenes tan dispares como neárticos y neotropicales en un mismo espacio.

La humedad, condicionada por los patrones generales de clima, crea un efecto de aridez en las vertientes de sotavento. A medida que decrecen la humedad y la temperatura, se promueve el establecimiento de comunidades mesotérmicas como los bosques de latifoliadas y de coníferas que coronan las elevaciones de la Sierra (CONANP, 2006b).

#### 4.4.10. Tipos de Vegetación.

La vegetación predominante corresponde a Matorrales (Matorral desértico rosetófilo, Matorral desértico micrófilo, Matorral submontano), Bosques (Bosques de pino piñonero, Bosques de pino, Bosque mixto de pino-encino, Bosques de encinos, Bosque de encinos (chaparral), Bosque en galería), Vegetación riparia y Pastizales (CONANP, 2006b) (Ilustración 21).



**Ilustración 21. Mapa de Uso de suelo y vegetación del PN Cumbres de Monterrey.**  
Fuente: INEGI (2013), CONANP (2017).

**Tabla 3. Uso de suelo y vegetación y la superficie en porcentaje.**

	Clave	Descripción	%
	<b>ARa</b>	Agricultura de riego anual	0.304
	<b>AR Pap</b>	Agricultura de riego plantación agrícola permanente	0.146
	<b>ATa</b>	Agricultura de temporal anual	1.358
	<b>AT Pap</b>	Agricultura de temporal plantación agrícola permanente	0.282
	<b>BAy</b>	Bosque de ayarín	1.094
	<b>BQ</b>	Bosque de encino	12.062
	<b>BQP</b>	Bosque de encino-pino	7.714
	<b>BP</b>	Bosque de pino	6.099
	<b>BPQ</b>	Bosque de pino-encino	13.624
	<b>MDMi</b>	Matorral desértico micrófilo	0.136
	<b>MDRo</b>	Matorral desértico rosetófilo	9.827
	<b>MSM</b>	Matorral submontano	27.989
	<b>PI</b>	Pastizal inducido	0.973
	<b>Vsa BAy</b>	Vegetación secundaria arbustiva de bosque de ayarín	1.195
	<b>Vsa BQ</b>	Vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino	0.480
	<b>Vsa BQP</b>	Vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino-pino	3.137
	<b>Vsa BP</b>	Vegetación secundaria arbustiva de bosque de pino	9.813
	<b>Vsa BPQ</b>	Vegetación secundaria arbustiva de bosque de pino-encino	3.461
	<b>Vsa MSM</b>	Vegetación secundaria arbustiva de matorral submontano	0.451

Fuente: INEGI (2013).

#### 4.5. Regímenes del fuego por ecosistema o tipo de vegetación.

Cada ecosistema tiene un régimen de fuego particular que viene determinado por las adaptaciones que presentan las especies de manera individual y en su conjunto. La función ecológica del fuego en cada ecosistema y la resiliencia del mismo es parte importante en la dinámica de cambio de él. A continuación, se describe cada ecosistema y su régimen de fuego asociado para cada ANP (tabla 4).

**Tabla 4. Tipo de régimen por ecosistema.**

Ecosistema	Clase de régimen	ANP
Selva Alta Perennifolia	El fuego natural es raro, por la baja inflamabilidad en las regiones con poca o nula alteración humana, la frecuencia podría ser de varios siglos; los eventos serán moderados en intensidad, pero de alta severidad.	APRN LF
Selva Mediana Subperennifolia		APRN LF RB LS
Selva Mediana Subcaducifolia		RB LS
Selva Baja Caducifolia	Pueden presentar regímenes relativamente frecuentes de incendios superficiales, siempre que las gramíneas sean un componente importante de su sotobosque, en selvas con hojarasca, el régimen será de incendios superficiales, pero menos frecuentes, posiblemente del orden de varias décadas, de presentarse continuidad vertical de combustible, el fuego puede afectar copas.	APRN LF RB LS
Bosque de Pino	La mayoría de pinares tienen regímenes de incendios superficiales de baja a moderada intensidad, con una frecuencia de un incendio cada pocos a varios años, también existen regímenes mixtos, alternando incendios de copa con superficiales.	APRN LF PN CM RB LS

Ecosistema	Clase de régimen	ANP
	Rodríguez y Fulé (2003, citados por Rodríguez-Trejo, 2014), reconocieron 3 condiciones para los regímenes de fuego de los pinares mexicanos; Los que se queman con mayor frecuencia a lo natural, los que se queman y mantienen por una frecuencia natural o semejante a ella y los que están sometidos a exclusión y que están en peligro de sufrir incendios severos o catastróficos.	
Bosque de Encino	Son comunes los incendios superficiales, sobre zacatal u hojarasca, poco intensos y frecuentes, si hay continuidad vertical de combustible, se presentan incendios de copa pasivos algo frecuentes, si es una masa densa y baja, pueden presentarse incendios de copa activos en algunos sectores.	APRN LF PN CM RB LS
Bosque Mesófilo de Montaña	Presenta de manera natural incendios poco frecuentes, superficiales y subterráneos, o incluso de copas, en áreas perturbadas, en masas abiertas, si existe pasto, este mantendrá incendios frecuentes menos intensos.	APRN LF RB LS
Sabanas	Se trata de incendios superficiales, frecuentes que mantienen la sabana (Rodríguez, 2006, 2008, citado por Rodríguez-Trejo, 2014). La frecuencia es de anual a cada pocos años; algunas sabanas están determinadas por el mal drenaje del suelo, pero en los casos donde hay varios meses de sequía, hay más posibilidades de que rayos en seco puedan originar incendios. Sin embargo, por mucho, la principal causa de incendio es el ser humano para fines ganaderos.	APRN LF RB LS
Pastizales	En zonas semiáridas y templadas tienen incendios superficiales, naturales o antropógenos, frecuentes o relativamente frecuentes; los pastizales tropicales introducidos son quemados anualmente.	APRN LF PN CM RB LS
Matorral Xerófilo Matorral Desértico Micrófilo Matorral Desértico Rosetófilo Vegetación de Desiertos Arenosos Matorral Subinermes Matorral Espinoso Vegetación Halófila	En matorrales con presencia de zacates, los incendios son superficiales y relativamente frecuentes o de copa pasivos. En matorrales leñosos con continuidad vertical y horizontal de combustibles, los incendios son de copa, activos y con un periodo de retorno de algunas o varias décadas. Los arbustos de zonas áridas, donde no existe continuidad horizontal de combustibles, pueden considerarse independientes del fuego.	PN CM
Bosques de Galería (Vegetación riparia)	Cuando los elementos dominantes son arbóreos, los regímenes son de incendios superficiales relativamente frecuentes, también pueden ser mixtos y de copa pasivos. Si hay carrizos, los incendios pueden ser aéreos y activos, relativamente frecuentes. Si la vegetación vecina es bosque de pino, los incendios serán relativamente frecuentes y si la vegetación vecina son selvas, los incendios serán poco frecuentes. En climas con una estación seca larga, la frecuencia es mayor que en climas tropicales.	APRN LF PN CM

Fuente: Rodríguez-Trejo (2014).

APRN LF: Área de Protección de Recursos Naturales de La Fraileskana; RB LS: Reserva de la Biosfera de La Sepultura; PNCM: Parque Nacional Cumbres de Monterrey.

**4.5.1. Características de los Regímenes de Fuego.**

**Tabla 5. Características del régimen.**

Ecosistema	Tipo de incendio	Estacionalidad	Tamaño	Frecuencia	ANP
Selva Alta Perennifolia	Los más comunes son superficiales y subterráneos.	Primavera	De menos de 1 ha a más de 100,000 ha	Frecuencia pequeña en áreas no perturbadas y en áreas perturbadas y por mano del hombre puede ser de tres años. El periodo de retorno en selvas poco o sin perturbación puede ser de siglos e incluso milenio, en el sistema de tumba, roza y quema el periodo era de 70 a 80 años.	APRN LF
Selva Mediana Subperennifolia					APRN LF RB LS
Selva Mediana Subcaducifolia					RB LS
Selva Baja Caducifolia	Incendios superficiales, en áreas perturbadas y con continuidad vertical, podrán existir de copa.	Fines de otoño a principios de primavera	La extensión promedio con datos del 2010, es de 12 ha/inc.	Variable, desde años cuando existen gramíneas y elementos arbóreos sabanoides o a décadas, cuando están en partes húmedas en zonas de montañas probablemente siglos para selva baja perennifolia.	APRN LF RB LS
Bosque de Pino	En masas abiertas o cerradas, son predominantemente superficiales, afectando a zacatales y hojarasca. Generalmente en P. ayacahuite puede haber incendios de copa; muy pocos frecuentes, en suelos con materia orgánica pueden presentarse incendios superficiales.	En regiones templado-frías, como en regiones semiáridas pueden comenzar en el mes de octubre, en pinares tropicales ocurren a finales de invierno y principios de la primavera.	Desde metros cuadrados hasta miles de hectáreas.	Desde anual o casi anual, la frecuencia natural o natural-antropogénica es de entre 1 a 20 años, en promedio de 3 a 15 años.	APRN LF PN CM RB LS

Ecosistema	Tipo de incendio	Estacionalidad	Tamaño	Frecuencia	ANP
Bosque de Encino	Los más comunes son superficiales, pero incendios de copas pasivos son posibles.	En regiones templado-frías y semiárida la temporada de incendios incluye invierno y primavera, en zonas tropicales los fuegos se presentan hacia la primavera.	En 2010, la media nacional fue de 37 ha/inc. (CONAFOR-UACH, 2011, citados por Rodríguez-Trejo, 2014), en la mayoría de casos, los incendios fueron en encinares abiertos, donde el fuego corre sobre los pastizales.	En asociación con pino, van de 1 a 35 años, no se tiene registro en masas puras.	APRN LF PN CM RB LS
Bosque Mesófilo de Montaña	Superficiales y a veces subterráneos, en condiciones extremas pueden ser incendios de copa pasivos.	En invierno o primavera.	En temporadas no extremas la superficie es poca por la humedad, pero en temporadas críticas puede ser de hasta miles de ha.	Incendios de tipo natural escasos, el periodo de retorno se estima entre varias décadas a siglos.	APRN LF RB LS
Sabana	Dado a que los combustibles dominantes son las gramíneas, los incendios son superficiales. No obstante, los largos de llama serán un resultado de la altura de las herbáceas.	Es posible tener fuegos a fines del invierno y, sobre todo, durante la primavera. Para la generar la rebrotación para fines ganaderos, más frecuentemente entre febrero y mayo.	Muchas sabanas mexicanas no tienen una gran extensión, el fuego puede cubrir prácticamente toda la extensión cuando estas son pequeñas.	La frecuencia es de anual a cada pocos años; algunas sabanas están determinadas por el mal drenaje del suelo, pero en los casos donde hay varios meses de sequía, hay más posibilidades de que rayos en seco puedan originar incendios. Sin embargo, por mucho, la principal causa de incendio es el ser humano para fines ganaderos.	APRN LF RB LS
Pastizales	Solo existe el estrato herbáceo, los incendios son superficiales, si existen elementos arbustivos o arbóreos intercalados con continuidad vertical y una combinación de ambiente seco y vientos fuertes, con fuegos intensos, el incendio	Los incendios por rayos, ocurren en la primavera y verano en el norte del país, en zonas tropicales, las quemadas se hacen en primavera, en áreas semiáridas y templado frías pueden iniciar desde el otoño, aunque son más	En condiciones naturales o cuando se presentan en zonas remotas, los incendios pueden alcanzar miles de hectáreas de extensión.	En zonas tropicales y en regiones templadas, la frecuencia natural es de un incendio cada pocos o varios años, la frecuencia se reduce en zonas semiáridas debido a su menor productividad. Los pastizales de zonas húmedas tienden a tener periodos de retorno del fuego más cortos que aquellos	APRN LF PN CM RB LS

Ecosistema	Tipo de incendio	Estacionalidad	Tamaño	Frecuencia	ANP
	puede llegar a ser de copas pasivo.	comunes entre fines de invierno y mediados de primavera.		de zonas semiáridas (Zedler, 2007, citado por Rodríguez-Trejo, 2014).	
Matorral Xerófilo Matorral Desértico Micrófilo Matorral Desértico Rosetófilo Vegetación de Desiertos Arenosos Matorral Subinermite Matorral Espinoso Vegetación Halófila	Dependiendo del complejo de combustible, los incendios pueden ser desde superficiales a baja intensidad y velocidad de propagación, hasta de copa activos.	En la mayor parte del país, normalmente puede haber incendios desde fines de otoño hasta la primavera. En las zonas de clima tipo mediterráneo, caracterizado por lluvias en invierno, los matorrales son afectados por el fuego durante el verano seco.	Los incendios naturales son extensos. Desde cientos de hectáreas hasta decenas de miles de hectáreas. La mayor parte de los incendios grandes acontecen en comunidades viejas, con más de 50 años de edad.	Cuando los matorrales están asociados con pastizales, tienen una frecuencia natural que puede ser de un incendio cada varios años a pocas décadas. Los matorrales leñosos, como los bajacalifornianos, presentan periodos de retorno de varias décadas a más de un siglo.	PN CM
Bosques de Galería (Vegetación riparia)	Cuando la vegetación esta poca perturbada, la abundante presencia de elementos herbáceos hace que el fuego sea superficial. La humedad favorece la presencia de elementos arbustivos y arbóreos de diferentes alturas que proporcionan continuidad vertical a los combustibles, de esta manera se pueden generar incendios de copa pasivos. La presencia de carrizo puede generar incendios aéreos activos.	En el noroeste de México, la época de ocurrencia es en verano. En las zonas templado-frías, es durante el invierno y la primavera, y en las regiones tropicales es durante la primavera.	El fuego no cubre grandes extensiones, dada la disponibilidad lineal de sus componentes en las márgenes. Con frecuencia las afectaciones serán de algunas hectáreas.	En climas con estaciones secas largas, como los templado-fríos, los semiáridos y subtropicales la frecuencia es mayor que en las regiones tropicales. Cuando la corriente es permanente y ancha, la vegetación tenderá a presentar menos incendios que si fuera efímera y angosta. Si las comunidades de plantas aledañas son pinares o pastizales, la frecuencia será mayor que si la vegetación contigua es una selva.	APRN LF PN CM

Fuente: *Rodríguez-Trejo (2014)*.

APRN LF: Área de Protección de Recursos Naturales de La Frailescana; RB LS: Reserva de la Biosfera de La Sepultura; PNCM: Parque Nacional Cumbres de Monterrey.

## Capítulo V. Planificación de quemas prescritas.

### 5.1. El plan de quema prescrita.

Para la elaboración del plan de quema prescrita (PQP) se consideran elementos básicos en la estructura del documento para su validación y posterior revisión, por la SEMARNAT, en cumplimiento al procedimiento marcado por la NOM-015-SEMARNAT/SAGARPA 2007.

Para cumplir con lo dispuesto por SEMARNAT en la norma antes citada, es necesario rellenar el formato de **Aviso sobre uso de fuego en los terrenos forestales y en los terrenos de uso agropecuario** (anexo 1 de la norma). En él, se describen las características de la Quema Prescrita (QP) y el **formato para el método de quema prescrita** (anexo 3 de la norma).

Adicionalmente, el PQP deberá contener (basado en USDA-USDOJ, 2008):

**Hoja de firmas:** La hoja de portada del PQP, en este apartado se especifica el nombre legal de la Unidad de Quema Prescrita (UQP), el nombre de la QP, y el nombre de la(s) Unidad(es) de Ignición (UI). Además, como mínimo, deberá tener dos firmas, la firma del Jefe de Quema (JQ) que elabora el PQP y la firma de un revisor del PQP. Finalmente, deberá contener los requerimientos técnicos mínimos del JQ.

**Lista de verificación:** es un listado de acciones verificadas antes de realizar la QP (Anexo 1). Deberá llenarse antes de iniciar las acciones de la QP. Si la lista no se completa positivamente, la quema prescrita puede ser cancelada.

**Análisis de complejidad:** Es un formato (Anexo 2) para analizar el riesgo e incertidumbre sobre el comportamiento del fuego y sus efectos inmediatos, sirve para determinar la organización necesaria para alcanzar con seguridad los objetivos especificados en el PQP.

**Financiamiento:** Identificar las fuentes de financiamiento y los costos estimados para la ejecución del PQP.

**Prescripción:** Se expresan los parámetros para mantener un comportamiento aceptable al fuego y en el manejo del humo. Se describirán los límites mínimos y máximos para los parámetros ambientales (tiempo atmosférico, topografía, combustibles, etc.) y de comportamiento al fuego (longitudes de llama, velocidad de propagación, etc.).

**Programación:** Es la definición de los tiempos de ejecución de cada actividad, como la duración de la quema de prueba, la duración del proceso de ignición, etc.

**Reunión informativa:** Descripción del proceso de reunión antes de la quema para dar a conocer las acciones del periodo operacional, así como los riesgos de la misma actividad y del entorno.

**Comunicaciones:** Desarrollo de un plan de comunicaciones específico, con los medios de comunicación para el personal en la QP, así como la asignación de canales para cada unidad de trabajo dentro de la QP, se determinarán las vías y canales para comunicar emergencias.

**Prueba de fuego:** La quema de prueba deberá realizarse en un lugar representativo de cada UI y en un área que pueda ser fácilmente controlada. El propósito de la quema de prueba, es verificar que las características de comportamiento del fuego, cumplen con los objetivos del PQP y verificar la dispersión de humo pronosticada.

**Plan de ignición:** Describe las operaciones de ignición planificadas, se podrá incluir las técnicas de ignición, los patrones de ignición, el personal necesario para la ignición de una UI o de múltiples UI.

**Plan de contención:** Se definen los procedimientos generales que se utilizarán para las operaciones para mantener el fuego dentro de la UI y cumplir los objetivos del PQP. Puede incluir procesos como liquidación, vigilancia y/o patrullaje.

**Plan de contingencia:** En este plan, se consideran los eventos posibles, pero poco probables y las acciones para mitigar sus efectos. Se determinan las acciones iniciales y los recursos adicionales necesarios si el fuego prescrito no cumple con los objetivos, si se sale o amenaza con salirse de control.

**Actividades después de la quema:** Describe las actividades posteriores a la QP que deben completarse. Puede incluir la evaluación de primer orden, medidas de mitigación de riesgos, y las necesidades de rehabilitación, incluyendo aquellas resultantes de las acciones de control y contención de la QP.

## **5.2. Unidad de quema prescrita.**

La Unidad de Quema Prescrita (UQP), es el área total donde se hará uso de fuego prescrito. El tamaño mínimo para realizar una QP será definido como UI, el tamaño de la UI depende de la topografía del área, tipo de vegetación y consideraciones específicas del JQ. Cada UI podrá tener una técnica de ignición diferente a consideración del JQ. Para la elaboración del plan de ignición de cada UI, se deberá considerar una serie de factores específicos como los que se relacionan a continuación.

### **Descripción física:**

**Localización:** La localización de la UQP y sus UI incluyendo la descripción del tipo de tenencia de la tierra, así como, coordenadas, Municipio, Estado y País. Todo esto, es necesario para conocer los límites físicos, naturales o artificiales de la UQP.

**Tamaño:** El área descrita en hectáreas de la UQP y sus UI, si es necesario, indicar propietarios o condiciones especiales.

**Topográfica:** Identificar los rangos más altos y más bajos de elevación, pendiente (máxima, mínima y promedio) y la exposición del área de QP y sus UI.

**Área de QP:** El área total que cubre el PQP donde el fuego puede ser iniciado y permitido para quemar bajo prescripción, esta área puede contener múltiples UI.

**Descripción de la vegetación:** Información actual de la vegetación y combustibles dentro del UQP.

**Información de combustibles en el sitio:** Descripción de la estructura y composición del tipo de vegetación y características de combustibles. La descripción puede incluir carga total de combustibles (vivos y muertos) en  $t^{-1}.ha$ , carga de combustibles por tiempo de retardo, carga de combustibles vivos (herbáceos y leñosos), cama de combustible y la continuidad horizontal y vertical dentro del límite de la UQP.

**Información de combustibles fuera del sitio:** Descripción de las condiciones (combustibles, pendiente y exposición) en los límites y fuera de los límites del UQP, especialmente aquellos que pueden ser un riesgo de escape de fuego de la UQP o UI.

Descripción del porcentaje de las UI por tipo de vegetación y el modelo de combustible correspondiente.

**Descripción de las características especiales, recursos naturales y valores:** listado y discusión sobre características especiales, recursos naturales, valores, peligros, y los problemas o limitaciones. Por ejemplo: áreas de interface urbano forestal, sitios históricos, sitios culturales, áreas naturales de elevado interés, etc.

**Mapa del proyecto:** Para identificar características con suficiente detalle para guiar y asistir en implementación de la QP. Este mapa puede mostrar los límites de las UI, características topográficas, y características significantes como cercas, líneas eléctricas, áreas para protección, peligros potenciales, áreas de especial preocupación y la localización de líneas de control.

El número de mapas y escala de los mismos dependerá de la complejidad del PQP. Un mapa con todas las UI será necesario en el terreno para guiar la ejecución de QP.

**Objetivos:** Describir los objetivos generales y específicos que dan lugar a la prescripción; es necesario alinear esos objetivos a la normatividad vigente.

### **5.3. Ventana de prescripción.**

La ventana de prescripción se definirá como el conjunto de parámetros medibles que serán necesarios para cumplir con los objetivos de la QP, sin afectar la vegetación, además, de evitar un escape fuera de la parcela de quema. Los parámetros deseables deberán ser definidos por el JQ.

Estos parámetros deseables deberán considerarse antes de la QP y durante su ejecución. Para este proceso es necesario el uso de software especializado para realizar la simulación del comportamiento del fuego, este proceso es parte de la prescripción de quema.

Los datos para alimentar el software podrán ser obtenidos desde sitios especializados en mediciones de tiempo atmosférico como el del Servicio Meteorológico Nacional (<http://smn.cna.gob.mx/es/>). Antes de la formulación de la ventana de prescripción, deberán tomarse datos en la UQP para contrastarlos con las predicciones obtenidas.

#### 5.3.1. Simulación de comportamiento del fuego.

El comportamiento del fuego es el resultado de la combinación de tres elementos: el combustible, la topografía y el tiempo atmosférico.

Las características del combustible que afectan el comportamiento del fuego son: la cantidad de material combustible (carga), compactación, tamaño y forma, distribución y la humedad del combustible.

Las características del tiempo atmosférico que influyen en el comportamiento del fuego son: viento (velocidad y dirección), humedad relativa y temperatura.

Las características de la topografía que modifican el comportamiento del fuego son: la pendiente y la exposición.

De los tres elementos del comportamiento del fuego, se puede decir que el más estático es la topografía, el más variable es el tiempo atmosférico y el más dinámico y que puede ser influenciado por acción del hombre es el combustible.

Es necesario comprender la interacción entre los tres elementos para entender el comportamiento del fuego y poder predecirlo; para este fin es necesario el uso de software especializado, por ejemplo, Behave Plus o Farsite, ambos desarrollados en Estados Unidos. Para

este caso se utilizará únicamente Behave Plus, debido a la falta de insumos en México para el uso de Farsite.

#### 5.3.1.1. Principios básicos de Behave Plus.

Behave Plus es un software de predicción de comportamiento del fuego y modelación de combustibles y uno de los más antiguos sistemas de predicción. Behave Plus aplica el modelo desarrollado por Burgan y Rothermel (1984).

El uso de modelos matemáticos para predecir el comportamiento del fuego y los efectos del fuego, juega un papel importante de soporte en el manejo de los incendios forestales. Cuando es usado en conjunto con la experiencia en fuego del personal y un entendimiento básico de los modelos de fuego, las predicciones pueden ser aplicadas exitosamente para un rango de actividades de manejo del fuego, incluyendo predicción de comportamiento de incendios forestales, planificación de quemas prescritas y valoración de riesgo de combustibles (Andrews, 2007).

Cada cálculo, se basa en el supuesto de que las condiciones son uniformes y estables para el periodo de predicción, pero es posible establecer rangos de algunos datos de entrada para hacer un análisis más abierto.

Inicialmente, Behave Plus trabajaba con los 12 modelos de combustibles descritos por Anderson (1982), que permitían incluir la mayoría de escenarios dispuestos de manera natural en los ecosistemas de Estados Unidos. Posteriormente se han agregado 40 modelos desarrollados por Scott and Burgan (2005) y 5 modelos específicos para ecosistemas de California desarrollados por Weise (1997). Además, se incluyen modelos especiales como los de Hough & Albini (1978) y de Brown & Simmerman (1986).

Behave Plus, no es más que una colección de modelos matemáticos que describen el comportamiento del fuego y su ambiente en ecosistemas de Estados Unidos, pero que pueden ser aplicados, bajo criterios específicos, en los ecosistemas de México. A falta de modelos desarrollados para los ecosistemas de México, es posible hacer acercamientos de los 53 principales modelos utilizados en Behave Plus.

Los datos de entrada son introducidos directamente por el usuario, el resultado de salida se da a través de tablas, gráficos y diagramas simples. El programa está compuesto por 9 módulos.

Superficie, Copa, Seguridad, Tamaño, Contención, Focos secundarios, Chamuscado, Mortalidad e Ignición.

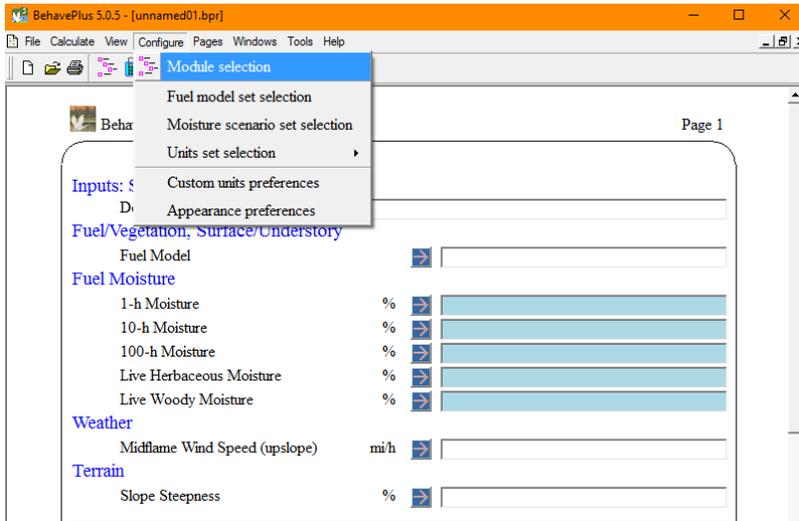
El Behave Plus, asume una serie de hipótesis y simplificaciones para poder trabajar y su limitación principal es que no permite simular fuegos de copa.

Para poder trabajar con Behave Plus, se recomienda cuidado en el uso de la información obtenida. Es prioritario que el usuario del software tenga experiencia en el comportamiento del fuego real.

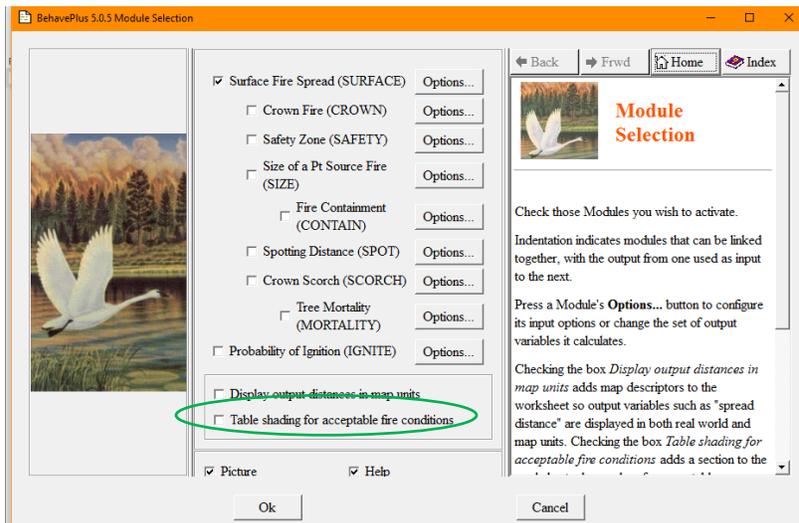
#### 5.3.1.2. Condiciones aceptables de comportamiento del fuego.

Las condiciones aceptables de comportamiento del fuego en una QP aseguran el cumplimiento de los objetivos del PQP. Estos parámetros pueden ser introducidos en el software Behave Plus para que determine la ventana de prescripción y ayude al JQ a tomar la decisión de hacer o suspender la QP. La ventana de prescripción solo podrá ser determinada cuando se elabore la prescripción para cada UI.

En la Pestaña “configuración” opción “selección de modulo” puede seleccionarse la opción “sombreado de la tabla para las condiciones aceptables del fuego” (Ilustraciones 1 y 2). Esta ruta da la opción de visualizar únicamente las condiciones aceptables para los datos de entrada (Topografía, Tiempo Atmosférico y Combustible) que darán como resultado un fuego prescrito bajo los parámetros previstos en el PQP.



**Ilustración 22. Configuración de Behave Plus.**



**Ilustración 23. Condiciones aceptables de comportamiento del fuego.**

Estos parámetros deberán ser determinados por el personal que prepare el PQP, el cual deberá ser específico para cada quema que se realice bajo el presente proyecto.

Estas condiciones deberán ser medidas antes y durante la quema por el JQ para asegurar que todo el tiempo la QP se mantenga bajo las condiciones prescritas y se limiten los riesgos de escape o no se asegure el cumplimiento de los objetivos de la misma.

## **5.4. Ejecución de quemas prescritas.**

### 5.4.1. Acciones previas, Infraestructura y Capacidades Técnicas.

Para la ejecución de la QP es importante tomar en cuenta el proceso de preparación de la UI. El riesgo de un escape será minimizado en la medida que las acciones previas se realicen de la manera correcta. Para lograr esto, es necesario contar con una serie de factores climáticos y topográficos que determinarán el éxito o fracaso de la actividad a realizar.

Además, es preciso contar con recursos durante el proceso de planificación hasta la liquidación de la QP, mismos que deberán de ser gestionados por el responsable de la puesta en marcha del proceso de planificación y ejecución de las quemas prescritas para control y erradicación de PEI.

Elementos prioritarios para realizar la QP sin contratiempos:

- Recursos humanos capacitados en la aplicación de fuego prescrito y en el control de incendios,
- Recursos materiales y herramientas necesarias para la QP y/o un escape de quema,
- Recursos financieros suficientes para las operaciones de realización de la quema, control y liquidación,
- Actividades físicas preventivas antes, durante y después de la quema

#### 5.4.1.1. Recursos Humanos y sus Capacidades Técnicas.

El uso del fuego prescrito es una actividad de riesgo, por lo que es importante contar con personal capacitado y entrenado en la aplicación de fuego técnico, mediante prescripción o en su defecto, personal con capacitación básica o especializada en combate de incendios forestales y comportamiento del fuego.

Dentro del personal de dependencias federales (CONAFOR y CONANP) y estatales que se dedican al control de los incendios forestales, existe personal capacitado con los requerimientos mínimos, incluso existe personal con entrenamiento especializado en quemas prescritas.

Por si sola, ningún ANP propuesta tiene las capacidades para la integración del equipo. Sin embargo, es posible integrar un equipo interinstitucional a nivel nacional que pueda integrarse al equipo necesario para la implementación de quemas prescritas, con fines de control y erradicación de PEI.

Los cursos óptimos para los integrantes del equipo son:

- Curso Internacional o Nacional de Protección contra Incendios Forestales.
- S-130 Curso básico del combatiente de incendios forestales.
- S-190 Introducción al Comportamiento de Fuego.
- SMI -100 Básico del Sistema de Mando de Incidentes.
- SMI-200 Básico 2 de Sistema de Mando de Incidentes.
- SMI-300 Intermedio del Sistema de Mando de Incidentes.
- S-290 Intermedio de comportamiento del fuego.
- S-390 – Introducción a los cálculos de comportamiento del fuego.
- Curso de Introducción a las Quemias Prescritas.

#### 5.4.1.2. Recursos Materiales.

Para la aplicación de fuego prescrito es necesario contar con herramientas adecuadas para su ejecución y control del fuego.

Se recomienda establecer, al menos, dos puntos de agua, ya sea de una fuente natural o una fuente artificial a través de camiones tipo pipa o depósitos de agua. La ubicación de estas fuentes estará en función de los requerimientos específicos de la prescripción, del terreno y de la disponibilidad de los recursos. El JQ deberá supervisar la mejor ubicación de acuerdo al PQP.

Las herramientas de combate de incendios pueden ser de dos tipos: tradicionales y especializadas. Su uso dependerá del sitio de quema y de las condiciones de terreno por lo que deberá de ser el JQ quien determine la necesidad de la herramienta específica y de los vehículos necesarios para la ejecución de la quema.

Cada participante de la quema deberá tener una herramienta asignada, independientemente de la función que realice en el organigrama, por lo que se deberá prever con anticipación el número total de herramientas.

El método más común de ignición es la antorcha de goteo, por lo que se deberán considerar las antorchas necesarias según sea requerido por el plan de ignición (PI) para cada QP.

#### 5.4.1.3. Recursos Financieros.

El tema financiero es complejo, ya que depende de las sinergias interinstitucionales, del personal disponible y del periodo operacional de la ejecución de la quema.

Es necesario contemplar la erogación del gasto por QP independiente, ya que cada sitio puede presentar condiciones particulares que deberán ser contempladas por el JQ, en el momento de la planificación.

Los encargados de la organización de la QP, deberán prever gastos extraordinarios que no están contemplados en el inicio de la planificación, como alimentos, hidrantes, medicamentos y todo lo concerniente al avituallamiento de los participantes de la QP.

Además, es necesario considerar los gastos inherentes a la operación de vehículos motorizados y a la herramienta y equipo menor especializado, como combustible, lubricantes, refacciones, reparaciones, entre otros.

Lo recomendable será mantener un control del gasto pormenorizado de cada institución participante, en el caso que haya gasto de recurso público y deba ser comprobado, por lo que los encargados de la organización de la QP deberán asignar a una persona para el manejo y asignación de recursos para cada periodo operacional e independiente entre las diversas quemaduras prescritas que se deben realizar.

#### 5.4.1.4. Preparación de la UQP.

Para realizar una QP con seguridad, es necesario hacer preparativos de la UQP, con el objetivo de minimizar los riesgos de escape de quema.

El JQ, deberá formular el PQP, donde se considerará el formato de “verificación de condiciones” para la realización o cancelación de la QP (Anexo 1).

Las actividades de preparación de la UQP prescrita son:

**Apertura de brecha cortafuego:** se construirá una línea de defensa desprovista de vegetación, hasta suelo mineral, con el objetivo de eliminar la continuidad horizontal del combustible. La ubicación de la brecha cortafuego se hará de acuerdo a la división de la UQP, dependiendo del método de ignición seleccionado para cada UI.

La brecha cortafuego deberá rodear por completo a la UQP, o en su defecto, deberá estar anclada a barreras naturales o artificiales. La amplitud de la brecha dependerá del combustible aledaño y esta decisión estará a cargo del JQ.

**Línea negra:** Se realizará la ampliación de la línea de defensa principal a través de la quema combustible adyacente a la brecha cortafuego por dentro de la UQP.

La ubicación de las líneas negras estará a cargo del JQ y estará en función del riesgo de escape de quema. La amplitud de la línea negra estará en función del combustible a quemar y de la disponibilidad de personal con experiencia para la aplicación de fuego.

## Capítulo VI. Recomendaciones técnicas sobre el uso del fuego para control de PEI.

### 6.1. Regímenes de fuego recomendados por ecosistema y PEI (Tratamientos).

#### ***Hyparrhenia rufa.***

Esta especie es muy tolerante al fuego, gracias a que se reproduce vegetativamente mediante rizomas después del paso del fuego. Por tanto, son planteados tratamientos intensos y frecuentes con fuego; como la gran mayoría de los zacates, el jaragua está muy adaptado al fuego. Rebrotan bien después de que se quema.

Tratamiento 1. Control (sin quema).

Tratamiento 2. Época de quema: a inicios y a mediados de la temporada de sequía. Frecuencia de quema: Practicar las quemas anteriores cada año durante tres años. Método de quema: En contra de viento y pendiente.

Tratamiento 3. Época de quema: a inicios y a mediados de la temporada de sequía. Frecuencia de quema: Practicar las dos quemas anteriores cada año durante tres años. Método de quema: la primera quema en contra y la segunda en fajas a favor de viento y pendiente.

En caso necesario, debido a posibles cambios en la dirección del viento, las quemas en contra pueden ser ajustadas a quemas en fajas en contra.

#### ***Arundo donax.***

Debido a la alta tolerancia al fuego que tiene la especie y a su capacidad de reproducirse vegetativamente a partir de sus rizomas después del paso del fuego, se plantean tratamientos intensos y frecuentes con fuego:

Tratamiento 1. Control (sin quema).

Tratamiento 2. Época de quema: a inicios y a mediados de la temporada de sequía. Frecuencia de quema: Practicar las dos quemas anteriores cada año durante tres años. Método de quema: Quemar perimetralmente el manchón con el carrizo, para lograr alta intensidad, a medio día o por la tarde temprano, cuando haya condiciones secas.

Tratamiento 3. Época de quema: a inicios y a fines de la temporada de sequía. Frecuencia de quema: Practicar las dos quemas anteriores cada año durante tres años. Método de quema: Quemar perimetralmente el manchón con el carrizo, para lograr alta intensidad, a medio día o por la tarde temprano, cuando haya condiciones secas.

Cabe señalar que el carrizo es considerado la especie que puede exhibir la mayor dificultad para ser controlada solamente con fuego, de entre las que serán trabajadas en el presente proyecto.

Se considera que, si uno o más de los tres años planteados para aplicar fuego es más seco de lo normal, estimamos que las posibilidades de lograr control total o parcial serán mayores.

#### ***Melinis minutiflora P. Beauv.***

Debido a la elevada tolerancia al fuego de la especie, se plantean tratamientos intensos y frecuentes con fuego:

Tratamiento 1. Control (sin quema).

Tratamiento 2. Época de quema: a inicios y a mediados de la temporada de sequía. Frecuencia de quema: Practicar las quemas anteriores cada año durante tres años. Método de quema: En contra de viento y pendiente.

Tratamiento 3. Época de quema: a inicios y a mediados de la temporada de sequía. Frecuencia de quema: Practicar las dos quemas anteriores cada año durante tres años. Método de quema: la primera quema en contra y la segunda en fajas a favor de viento y pendiente.

## Capítulo VII. Ensayos de prueba.

Se han propuesto 3 parcelas experimentales, con características específicas de sitio y de las especies a tratar mediante la aplicación de fuego prescrito.

Los espacios propuestos para la realización de los ensayos de prueba que se han descrito anteriormente tienen presencia de una especie invasora que causa una alteración al ecosistema hospedero. Para los tres ensayos, se ha propuesto trabajar con:

- 1.- *Hyparrhenia rufa* en el APRN La Frailescana.
- 2.- *Arundo donax* en el PN Cumbres de Monterrey.
- 3.- *Melinis minutiflora* P. Beauv. en La RB La Sepultura.

### 7.1. Diseño de muestreo.

#### 7.1.1. *Hyparrhenia rufa*.

##### **Distribución de la especie invasora en el APRN La Frailescana**

El zacate jaragua ha sido ampliamente sembrado en áreas de pastizal y forestales en la región, debido a sus buenos rendimientos forrajeros. Se le encuentra tanto a elevadas densidades sobre amplias extensiones, como en manchones o con densidades variables, mezclado con otros pastos introducidos (como *Melinis minutiflora* P. Beauv. y *Pennisetum purpureum*) o nativos.



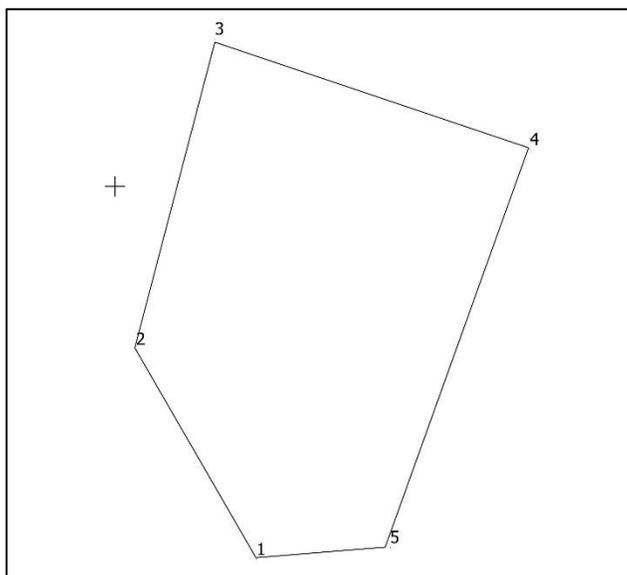
Ilustración 24. Sitio propuesto para el experimento, en la parte superior domina el zacate jaragua.

Para esta especie en específico, se ha propuesto un diseño experimental en bloques completos al azar, cada uno de tres bloques, con los tres tratamientos de fuego considerados. Este diseño se propone a fin de evitar el sesgo en la información obtenida debido, principalmente, a la ubicación

del área propuesta, situada en un lomerío con diferentes pendientes. La Ilustración 26 muestra una propuesta conceptual de este diseño.

**Características de las parcelas de muestreo.**

Para la parte superior del cerro propuesto ("Cerro del coco"), cada parcela mediría 30 X 30 m. Las brechas cortafuego tendrían 5 m de anchura, de modo que cada bloque tendría una anchura de 40 m y una longitud de 105 m.



**Ilustración 25. Unidad de Quema Prescrita para control de zacate jaragua.**

**Tabla 6. Coordenadas de la Unidad de Quema Prescrita para control de zacate jaragua.**

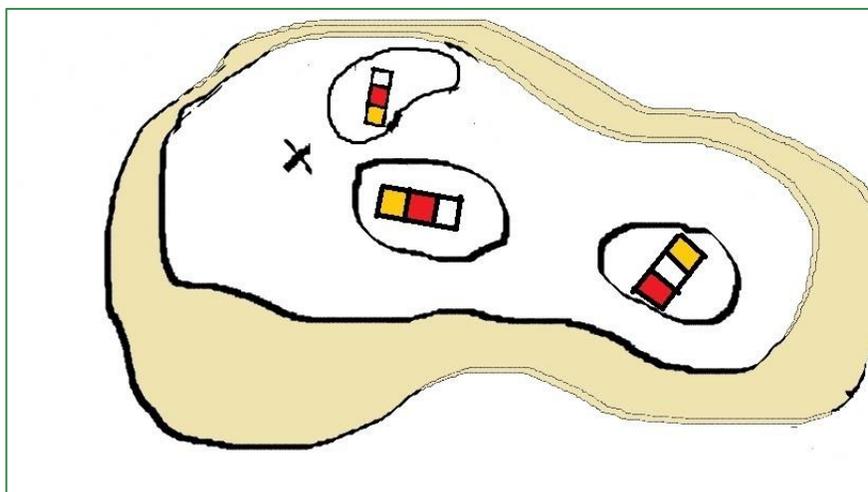
	APRN La Frailescana					
	Latitud			Longitud		
	Grados	minutos	segundos	Grados	minutos	segundos
1	15	59	15.26	93	10	59.08
2	15	59	20.19	93	11	1.91
3	15	59	27.46	93	11	0.06
4	15	59	24.86	93	10	52.67
5	15	59	15.54	93	10	55.95

**Mediciones**

Antes de la quema: Cobertura, altura media de los tallos y estado fenológico, todo por especie.

Durante la quema: Tiempo atmosférico (temperatura, humedad relativa, dirección y velocidad del viento), pendiente, duración de la quema, longitudes de llama, velocidades de propagación hacia el interior de los manchones.

Después de cada quema: Inmediatamente después de la quema, estimar consumo de combustibles porcentualmente. Trimestralmente, al inicio de cada estación del año, registrar número de rebrotes, así como su altura y cobertura. Sincronizar inicio, mediados y final de la temporada con estaciones del año en la medida de lo posible.



**Ilustración 26.** Imagen conceptual del diseño experimental en bloques completos al azar, para la investigación sobre control de zacate jaragua con fuego.

El modelo estadístico para este caso es el siguiente:

$$y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \varepsilon_{ijk}$$

Dónde:  $y_{ijk}$  es la k-ésima observación del j-ésimo bloque y del i-ésimo nivel del tratamiento QP,  $\mu$  es la media general,  $\alpha_i$  es el efecto del i-ésimo nivel del factor tratamiento QP,  $\beta_j$  es el efecto del j-ésimo bloque, y  $\varepsilon_{ijk}$  representa el error experimental.

#### 7.1.2. Arundo donax.

##### **Distribución de la especie invasora en el Parque Nacional Cumbres de Monterrey**

En el área de estudio, el carrizo se encuentra en las corrientes de agua, invadiendo la vegetación riparia. Durante el recorrido de campo se incluyó un trayecto de 8 km a lo largo del cual se observó esta especie. En esta zona solamente forma pequeños manchones aislados, de entre 0.5 X 2 m hasta 2 X 15 m, que son frecuentes, pero de momento no son dominantes. Por ello es conveniente trabajar en el control de esta especie invasora, pues todavía no domina extensivamente los cauces de los ríos (Ilustración 27).

A	B
---	---



Ilustración 27. A y B) Manchones típicos de carrizo sobre cauce de río.

Debido a la distribución en manchones de diversos tamaños, pero en general pequeños, sobre los cauces, se plantea un diseño experimental al azar. En la Ilustración 29 se muestra un diagrama conceptual como un ejemplo del diseño experimental planteado.

**Características de las parcelas de muestreo.**

Las parcelas de muestreo deben ser del tamaño de los manchones de mayor extensión que se hallen de carrizo, por ejemplo, de 2 X 15 m. Buscar que sean uniformes en tamaño.

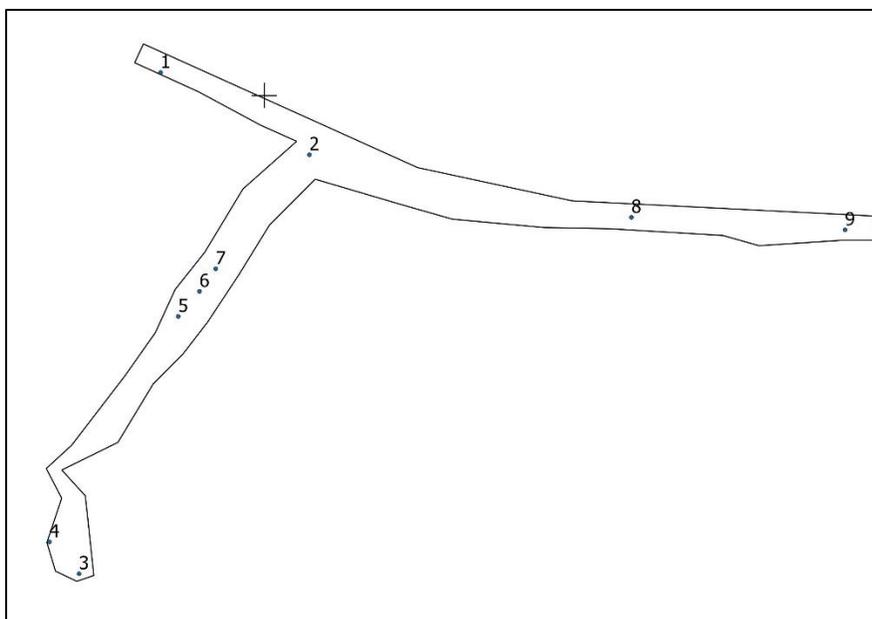


Ilustración 28. Unidad de Quema Prescrita para Carrizo.

Tabla 7. Coordenadas de la Unidad de Quema Prescrita para control de Carrizo.

PN Cumbres de Monterrey	
Latitud	Longitud

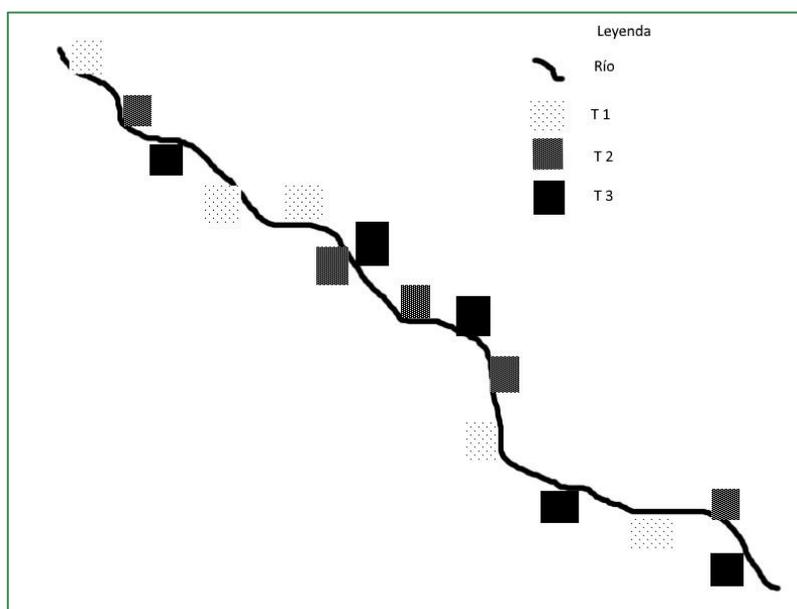
	Grados	minutos	segundos	Grados	minutos	segundos
1	25	24	5.00	100	18	22.40
2	25	23	47.23	100	17	50.30
3	25	22	16.70	100	18	40.02
4	25	22	23.60	100	18	45.40
5	25	23	12.30	100	18	18.60
6	25	23	17.72	100	18	14.00
7	25	23	22.60	100	18	10.51
8	25	23	33.70	100	16	40.80
9	25	23	31.00	100	15	54.70

### Mediciones.

Antes de la quema: cobertura, número de pies por colonia y total en el manchón a muestrear, altura media de los tallos y estado fenológico.

Durante la quema: Tiempo atmosférico (temperatura, humedad relativa, dirección y velocidad del viento), pendiente, duración de la quema, longitudes de llama, velocidades de propagación hacia el interior de los manchones.

Después de cada quema: Inmediatamente después de la quema, estimar consumo de combustibles porcentualmente. Trimestralmente, al inicio de cada estación del año, registrar número de rebrotes, así como su altura y cobertura. Sincronizar inicio, mediados y final de la temporada con estaciones del año en la medida de lo posible.



**Ilustración 29.** Imagen conceptual del diseño experimental planteado para el experimento con carrizo.

El modelo estadístico será:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \epsilon_{ij}$$

Dónde:  $y_{ij}$  es la  $j$ -ésima observación en el  $i$ -ésimo nivel del tratamiento QP;  $\mu$  es la media general,  $\alpha_i$  es el efecto del  $i$ -ésimo nivel del tratamiento QP y  $\epsilon_{ij}$  representa el error experimental.

### 7.1.3. *Mellinis minutiflora* P. Beauv.

#### **Distribución de la especie invasora en la Reserva de la Biosfera La Sepultura.**

Especie originaria de África, el zacate gordura (*Mellinis minutiflora* P. Beauv.), especie de interés forrajero, se considera naturalizado en varios países donde se ha introducido, pero también invasora. Se estima que ha originado la eliminación de especies diversas en las zonas donde se ha expandido de manera natural o ayudado por la mano del hombre.

El área seleccionada se encuentra en la comunidad Flores Magón, Mipio. de Villaflores, Chis. La especie se concentra en pequeños manchones casi continuos, cada uno con aproximadamente 0.5 a 3/4 ha de superficie.



**Ilustración 30. Manchones de zacate gordura.**

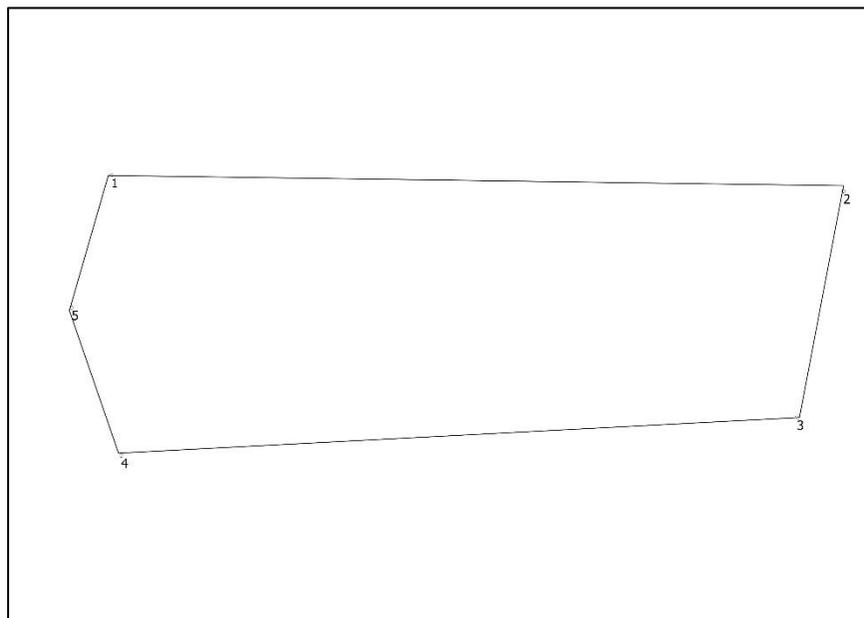
El zacate gordura tiene una distribución irregular entre pastizales y bosque de pino-encino. Es conveniente evitar que haya árboles en las parcelas experimentales, debido al fuerte uso del fuego que se hará y que podría perjudicarles. Por ello, serán ubicadas tres franjas, muy cercanas entre sí, distanciadas algunas decenas de metros, no necesariamente con la misma orientación ni con las mismas exposición ni pendiente. Cada una de las franjas constará de tres parcelas cuadradas, donde se aplicarán los tres tratamientos descritos.

Aunque las franjas no son contiguas, el diseño experimental será analizado como uno en bloques completos al azar. No se plantea el diseño experimental típico de bloques completos al azar (que tendría una forma cuadrada en su conjunto), porque la zona recorrida no cuenta con un área de superficie tal que tenga todas las características requeridas para realizar con seguridad y sin efectos al arbolado las quemadas. La ilustración 32 muestra la propuesta.

#### **Características de las parcelas de muestreo.**

Cada parcela tendrá un mínimo de 30 X 30 m, con una superficie de 0.09 ha. Por ello cada una de las tres fajas, es decir cada bloque experimental, contará con una dimensión de 30 m X 90 m. Añadiendo 5 m de brecha cortafuego perimetral, cada bloque contará con una dimensión de 40 m

X 100 m, con una superficie de 4000 m<sup>2</sup>. Considerando los tres bloques, se contará con una superficie total de 12,000 m<sup>2</sup>, es decir, 1.2 ha.



**Ilustración 31. Unidad de Quema Prescrita para zacate gordura.**

**Tabla 8. Coordenadas de la Unidad de Quema Prescrita para control de zacate gordura.**

	RB La Sepultura					
	Latitud			Longitud		
	Grados	minutos	segundos	Grados	minutos	segundos
1	16	17	0.45	93	35	42.16
2	16	17	0.34	93	35	36.96
3	16	16	58.73	93	35	37.29
4	16	16	58.46	93	35	42.09
5	16	16	59.51	93	35	42.44

**Mediciones.**

Antes de la quema: Pastos y herbáceas será registrado: número de individuos de cada especie, así como su altura y cobertura. En el caso de arbustivas será registrado número de individuos por especie, su altura y diámetros de copa para estimar cobertura. Con dicha información se calculará el valor de importancia de cada especie para cada estrato.

Durante la quema: Del tiempo atmosférico: temperatura, humedad relativa, dirección y velocidad del viento. De la topografía: pendiente. Del comportamiento del fuego: tres mediciones de longitud de llama y de velocidad de propagación en cada parcela (6 por faja y 18 en todo el experimento).

Después de la quema: Apenas se termine con la quema prescrita, estimar porcentaje de combustibles consumidos. Se habrán de registrar las mismas variables que en el muestreo previo a la quema, cada tres meses, coincidiendo con el inicio de cada estación del año.

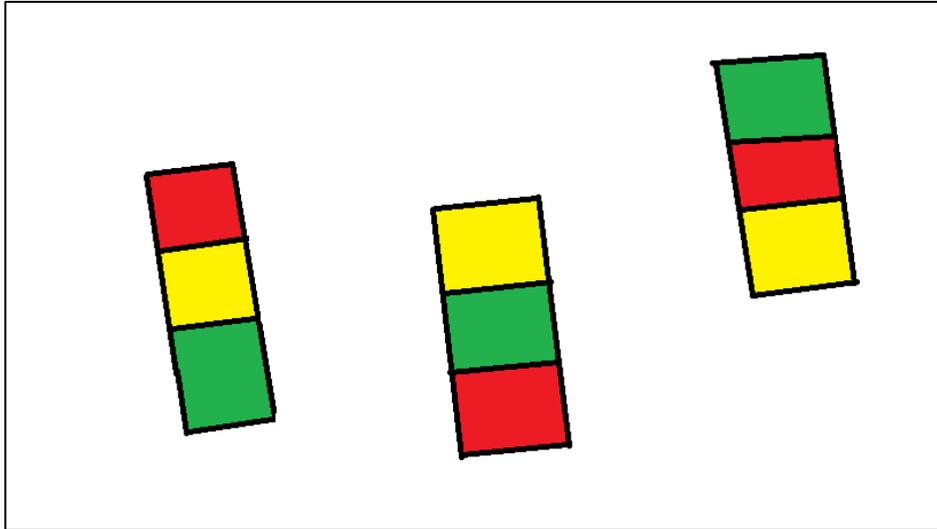


Ilustración 32. Imagen conceptual del diseño experimental para el control de zacate gordura con fuego.

En este caso, el modelo planteado es el siguiente:

$$y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:  $y_{ijk}$  es la  $k$ -ésima observación del  $j$ -ésimo bloque y del  $i$ -ésimo nivel del tratamiento quemado prescrita,  $\mu$  es la media general,  $\alpha_i$  es el efecto del  $i$ -ésimo nivel del factor tratamiento quemado prescrita,  $\beta_j$  es el efecto del  $j$ -ésimo bloque, y  $\varepsilon_{ijk}$  representa el error experimental.

## 7.2. Tamaño de UI.

Las UI tendrán un tamaño variable, siempre y cuando se cumpla con las medidas de las parcelas experimentales y cumpla con los objetivos de las quemadas y mantenga la seguridad de los participantes.

El JQ será el responsable de la división de la UQP, de acuerdo a la prescripción y a las medidas preventivas para la QP, pero en ningún momento el tamaño de la UI podrá ser menor al de las parcelas experimentales.

## 7.3. Inventario de combustibles.

Antes de la QP se hará un inventario de combustibles de la vegetación nativa y de las PEI, con la información obtenida se podrá establecer la línea base de cargas de combustibles para después contrastar con un inventario de combustibles posterior a la QP. Esto servirá para determinar el factor de consumo del material combustible, incluyendo la especie a tratar.

Dicho inventario se realizará de acuerdo a la metodología del inventario nacional forestal y de suelos (CONAFOR, 2015).

### 7.3.1. Cargas de combustibles en las UI.

#### *Hyparrhenia rufa.*

Se levantarán 4 sitios de 1 m<sup>2</sup> cada uno en cada parcela. Los datos a registrar son: cobertura, altura media de los tallos y estado fenológico, cada medición se repite por cada especie presente en el sitio levantado.

**Arundo donax.**

Se levantarán 4 sitios de 4 m<sup>2</sup> cada uno en cada parcela. Los datos a registrar son: cobertura, número de pies por colonia y total en el manchón a muestrear, altura media de los tallos y estado fenológico.

**Melinis minutiflora P. Beauv.**

Se llevarán a cabo muestreos en diagonal en cada parcela, con sitios de muestreo empotrados de 1 X 1 m (1 m<sup>2</sup>) para zacates y 4 X 4 m (16 m<sup>2</sup>) para arbustivas. Serán obtenidos cuatro pares de estos sitios en cada una de las parcelas de muestreo.

**Vegetación nativa.**

Para la vegetación nativa se harán 4 sitios para cada estrato.

- Estrato herbáceo: sitios de muestreo de 1 X 1 m (1 m<sup>2</sup>).
- Estrato Arbustivo: sitios de muestreo de 4 x 4 m (4 m<sup>2</sup>).
- Estrato Arbóreo: Sitios circulares de muestreo de 11.28 m de radio (400m<sup>2</sup>)
- Renuevo: Sitios de 2 m de radio (12.56 m<sup>2</sup>).

**7.4. Época de ejecución de las quemas prescritas.**

**Hyparrhenia rufa.**

El fuego prescrito deberá de planificarse a inicios y a mediados de la temporada de sequía, es decir entre los meses de marzo y abril (tabla 9).

**Tabla 9. Calendario de actividades para la ejecución de quemas prescritas.**

Actividad	2017			2018												2019												2020												2021	
	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F												
Visita de prospección	■																																								
Formulación de planes de quema	■	■	■																																						
Sinergias con otras instituciones	■	■	■	■																																					
Integración de equipo técnico	■	■	■																																						
Anexo 1 y 3 de la NOM-015-SEMARNAT/SAGARPA		■	■	■												■	■										■	■													
Programación de fechas de quemas prescritas según el diseño experimental				■	■											■	■										■	■													
Ejecución de quemas prescritas						■	■										■	■										■	■												
Evaluación de primer orden																																									
Evaluación de segundo orden																														■											





de semillas posteriores al fuego; 2) características localizadas del sitio como topografía y suelos; 3) clima después del fuego; Y 4) los efectos secundarios de la erosión y la pérdida de masa (Key & Benson, 2006).

Para determinar el éxito del uso del fuego en el control y la erradicación de quemas prescritas es necesario efectuar una evaluación de primer orden, es decir, inmediatamente después de la QP.

Para determinar el daño en la vegetación nativa y el daño en la especie invasora a tratar se deberá elaborar un formato donde se incluyan las principales afectaciones del fuego en la vegetación nativa.

#### 7.6.1. Evaluación del impacto de la QP en la vegetación nativa.

Para la evaluación del impacto en la vegetación nativa se utilizarán los datos obtenidos en el inventario de combustibles realizado con antelación (Anexo 5).

Para el estrato herbáceo se realizarán sitios de 1m<sup>2</sup>, para el estrato arbustivo se realizarán sitios de 4m<sup>2</sup> y para el estrato arbóreo, en bosques se realizarán sitios circulares de 11.28 m de radio y en selvas sitios rectangulares de 10 x 40 m. las mediciones se harán de acuerdo a la metodología del inventario nacional forestal y de suelos (CONAFOR, 2015).

Será necesario planificar evaluaciones de primer y segundo orden para identificar el daño real del fuego en los ecosistemas nativos.

#### 7.6.2. Evaluación del impacto de la QP sobre las PEI.

Para la evaluación del impacto en las PEI se evaluarán los sitios del inventario de combustibles descrito en el punto 7.3., que serán tomados como sitios de control.

Al finalizar los trabajos de liquidación o, si el fuego lo permite, durante los trabajos de liquidación, se remuestrearán los sitios de control realizados antes de la quema, bajo la misma metodología del inventario nacional forestal y de suelos (CONAFOR, 2015), y se determinará el efecto real con la diferencia de cobertura antes y después de la QP (Anexo 5).

## **Capítulo VIII. Programa de seguimiento.**

### **8.1. Evaluación de indicadores.**

#### 8.1.1. Severidad del fuego.

La severidad es el grado de afectación de la vegetación después del paso del fuego, es decir, el cambio ecológico causado por el fuego (Montorio *et al.*, 2014).

La severidad puede medirse por observación directa y estará determinada por el grado de daño, por lo que existen tres niveles, severidad alta, media y moderada y dependerá del método de transferencia de color, ya sea por radicación, convección o conducción.

Para determinar el nivel de afectación es necesario evaluar visualmente los siguientes parámetros: Mortalidad por estrato (%), Porcentaje de chamuscado de copa (%), altura de chamuscado en el tronco (metros) y consumo de combustible (%).

#### 8.1.1.1. Mortalidad del estrato arbóreo, arbustivo y herbáceo.

La mortalidad de cada estrato estará en función de la intensidad del fuego y su tiempo de residencia, también dependerá de la especie quemada, si esta tiene adaptaciones al fuego o no.

La mortalidad podrá definirse hasta la evaluación de segundo orden, hasta la primera estación de crecimiento después del fuego (Montorio *et al.*, 2014), para dar tiempo a los procesos biofísicos después del fuego y a la respuesta del ecosistema a la perturbación.

Para obtener el porcentaje de mortalidad por estrato, deberá hacerse una resta simple, del número de individuos vivos antes de la QP y del número de individuos vivos después de la QP.

#### 8.1.1.2. Altura de cicatriz sobre el tronco.

Esta se mide sobre el fuste del árbol y determina la altura de la llama en el momento de hacer contacto con el fuego, la mayor altura indicará una mayor afectación.

#### 8.1.1.3. Porcentaje de chamuscado de copas.

Se evaluará visualmente el volumen afectado de la copa y será expresado en %.

A mayor porcentaje de copa afectada, mayor la severidad del incendio; la mayor afectación de copa no significa la muerte del individuo.

#### 8.1.1.4. Consumo de combustibles (cargas).

El consumo de combustible estará en función de la diferencia de combustible muestreado antes y después de la QP, es decir, la resta de la carga de combustible de los sitios antes de la quema y la carga de combustible después de la quema. Es expresado en porcentaje de combustible consumido.

## **8.2. Desarrollo del proyecto.**

Para la realización del proyecto es prioritario determinar las necesidades de recursos financieros, humanos y materiales para las actividades antes, durante y después de la QP.

De acuerdo con las responsabilidades de instancias federales y estatales descritas en la Nom-015-SEMARNAT/SAGARPA, es posible generar sinergias con entidades de los tres órdenes de gobierno que cuenten con recursos humanos y materiales para atender los fines de este proyecto.

#### 8.2.1. Coordinación y colaboración interinstitucional (recursos humanos, materiales y financieros).

La CONAFOR es la encargada a nivel nacional de la atención de incendios forestales y cuenta en su plantilla con técnicos especialistas en el manejo del fuego. También tiene cuadros de personas con experiencia en la formulación y aplicación de quemas prescritas. Aunado a esto, en la CONAFOR se tienen vehículos, herramienta, equipo menor especializado y equipo de medición que pueden ser utilizados en las quemas prescritas.

La CONANP cuenta con personal que se ha formado en la aplicación de quemas prescritas y que tiene capacidades para su formulación y realización, de acuerdo a los objetivos necesarios para el control y erradicación de PEI. La CONANP también cuenta con herramientas, vehículos y equipo menor especializado que puede ser útil en quemas prescritas. Estos recursos están diseminados en el territorio nacional y deberán ser convocados para cada evento específico, de acuerdo a la normativa interna de la CONANP:

Existe en México una cantidad considerable de técnicos especializados en manejo del fuego y quemas prescritas, con experiencia en diferentes ecosistemas en México. Estos técnicos pertenecen a asociaciones civiles o prestan sus servicios como consultores independientes.

Además de esta gama de recursos nacionales, existen universidades como la Universidad Autónoma Chapingo (UACH) en el estado de México y la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN) en el estado de Coahuila; que cuentan con programas académicos de ecología del fuego y manejo del fuego a nivel licenciatura y posgrado, y con profesores investigadores en estas áreas.

El universo de posibles participantes es superior a las necesidades del proyecto, por lo que se deberá considerar la pertinencia de la participación de todas las instancias.

#### 8.2.2. Capacitación y experiencia del grupo técnico responsable y de apoyo.

Se considera necesaria la participación de personal con experiencia en la aplicación de fuego prescrito, para lo cual es necesario establecer un equipo base para la realización de las quemas prescritas en México.

Las quemas prescritas deberán organizarse bajo el sistema de mando de incidentes (SMI), que es un sistema de organización usado por la CONAFOR para la atención de incendios forestales y que ha sido permeado mediante capacitación a entidades federales, estatales y municipales que se encargan de la atención de incendios forestales en México.

Para toda persona que participe en estas quemas prescritas es necesario al menos el curso SMI-100 y SMI 200, para una correcta interacción entre todos los organismos participantes y al menos el curso básico de combate de incendios forestales, es deseable contar con personal que cuente con el curso de introducción a las quemas prescritas.

El JQ será el encargado de la organización del equipo básico para cada QP y determinará la cantidad de recursos necesarios para la aplicación de fuego prescrito.

El JQ deberá al menos tener capacitación intermedia o avanzada en el SMI (SMI 300 y/o SMI 400), deberá contar con capacitación sobre comportamiento del fuego a nivel intermedio (S-290 y S-390) y cursos básicos o avanzados en el combate de incendios forestales, además deberá contar con capacitación en la formulación de quemas prescritas.

El JQ, deberá contar con experiencia en la aplicación de fuego prescrito, elaboración de planes de quema y en el manejo de personal en combate de incendios y/o quemas prescritas.

El resto del personal dentro de la estructura de la QP (jefe de ignición, jefe de contención, Líder de grupo, etc.) deberá al menos tener al menos los cursos básicos o avanzados de combate de incendios forestales y el básico de comportamiento del fuego (S190).

Todo el personal dentro de la QP deberá tener al menos un año de experiencia en el combate de incendio forestales y/o quemas prescritas.

#### 8.2.3. Seguimiento a la NOM-015-SEMARNAT/SAGARPA 2007.

El JQ deberá de seguir las recomendaciones, establecidas en la Nom-015.SEMARNAT/SAGARPA (DOF, 2009), por ejemplo, el mismo día de la quema, se deberá realizar ante las personas participantes, una verificación de la información descrita en el formato del Método de Quema (Anexo 3 de la norma) cuyas actividades más importantes son:

- a) Verificación final de las condiciones del sitio de quema o unidad de quema.

- b) Verificación de que todo el personal conoce el objetivo de la quema, la organización, las asignaciones o trabajo a realizar, los esquemas de radiocomunicación
- c) Revisión de procedimientos
- d) Revisión de la experiencia del personal.
- e) Revisión de las condiciones del equipo y herramientas
- f) Repaso del plan de ignición
- g) Repaso del plan de contingencia
- h) Repaso del plan de asistencia médica en caso de accidente.
- i) Repaso de los procedimientos de liquidación
- j) Repaso de los mecanismos de post-evaluación inmediata de la quema.
- k) Revisar el plan de manejo del humo
- l) Contar con un pronóstico del tiempo atmosférico por lo menos 3 días previo a la quema.

#### 8.2.4. Días de la semana y horarios más adecuados para la ejecución de las quemas prescritas.

Según el anexo 2 de la NOM-015-SEMARNAT/SAGARPA 2007 existe una tabla donde se especifica el periodo de exclusión de uso del fuego prescrito. Sin embargo, en la ejecución de este proyecto es necesaria la justificación del uso del fuego prescrito con fines experimentales para que pueda usarse aún en periodo crítico de incendios forestales. Esta justificación no es parte del proceso de aviso de uso del fuego y deberá elaborarla el JQ o el responsable de la administración del lugar donde se efectuará la QP.

La justificación debe de agregarse a la documentación solicitada en la NOM-015-SEMARNAT/SAGARPA 2007, este trámite deberá realizarse ante la SEMARNAT.

Asumiendo que las áreas naturales protegidas tienen afluencia de visitantes, mayoritariamente en fines de semana, las quemas deberán realizarse de lunes a viernes para evitar riesgos a la población.

Sin embargo, el JQ deberá determinar el mejor día y horario para realizar cada quema, de acuerdo al PQP y en seguimiento al cumplimiento del diseño experimental y a los objetivos perseguidos.

### 8.3. Cronograma de actividades generales.

**Tabla 12. Cronograma de actividades preparativas para el uso de fuego prescrito 2017-2018.**

Actividad	2017			2018		
	O	N	D	E	F	M
Inducción a las quemas prescritas.						
Sinergias con otras instituciones.						
Integración de equipo supervisor.						
Inducción para la formulación de Anexo 1 y 3 de la NOM-015-SEMARNAT/SAGARPA.						
Asignación de tareas al equipo técnico.						
Formulación de lista de verificación sobre la planificación del uso del fuego prescrito.						
Seguimiento de acciones específicas de uso del fuego prescrito.						

## Capítulo. IX. Referencias bibliográficas.

- Anderson, H. E.** 1982. Aids to determining fuel models for estimating fire behavior.
- Andrews, P. L.** 2007. BehavePlus fire modeling system: past, present, and future. In 'Proceedings of 7th Symposium on Fire and Forest Meteorological Society', 23–25 October 2007, Bar Harbor, ME. (American Meteorological Society: Boston, MA).
- ARSF.** 2009. Estudio Regional Forestal. UMAFOR 074, Asociación Regional de Silvicultores Región Fraylesca A. C.- Colegio de Ingenieros Agrónomos de Chiapas A. C., Chiapas, México.
- Brown, J. K. & Simmerman, D.G.** 1986. Appraising fuels and flammability in western aspen: a prescribed fire guide. General Technical Report INT-205. Ogden, UT: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Intermountain Research Station. 48 p.
- Burgan, R. E. & Rothermel, R. C.** 1984. BEHAVE: Fire behavior prediction and fuel modeling system – FUEL subsystem. Gen. Tech. Rep. INT-167. Ogden, UT: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Intermountain Forest and Range Experiment Station. 126 p.
- Cervantes-Zamora, Y., Cornejo-Olgín, S. L., Lucero-Márquez, R., Espinoza-Rodríguez, J. M., Miranda-Viquez, E. & Pineda-Velázquez, A.** 1990. Provincias Fisiográficas de México, Clasificación de Regiones Naturales de México II, IV.10.2. Atlas Nacional de México. V. II. Escala 1:4 000 000. Instituto de Geografía, UNAM. México.
- CITES.** 2017. Apéndices I, II and III. Maison internationale de l'environnement. Chemin des Anémones. CH-1219 Châtelaine, Geneva. Switzerland.
- CNA.** 1998. Cuencas Hidrológicas. Escala 1:250000. México.
- CONABIO.** 1998. Curvas de nivel para la República Mexicana. Escala 1:250000. Extraído del Modelo Digital del Terreno. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEG). México.
- CONABIO.** 2008. División política estatal. 1:250000. Versión 2. Modificado de conjunto de datos vectoriales y toponimia de la carta topográfica serie III. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2005). Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México.
- CONAFOR.** 2015. Inventario Nacional Forestal y de Suelos. Procedimientos de muestreo. Guadalajara, Jal., México: Comisión Nacional Forestal.
- CONANP.** 2006a. Programa de Conservación y Manejo Reserva de la Biósfera Mapimí, México. 182 p.
- CONANP.** 2006b. Programa de Conservación y Manejo Parque Nacional Cumbres de Monterrey. Dirección del Área Natural Protegida Cumbres de Monterrey, Nuevo León. 179 pp.
- CONANP.** 2011. Generación de escenarios locales para Área de Protección de los Recursos Naturales la Frailesca con la perspectiva comunitaria. Inédito.
- CONANP.** 2014. Programa de manejo del Área de Protección de Recursos Naturales en los terrenos que se encuentran en los municipios de La Concordia, Ángel Albino Corzo, Villa Flores y Jiquipilas, Chiapas. SEMARNAT, México. Inédito.
- CONANP.** 2017. Cobertura de las Áreas Naturales Protegidas Federales de México de Julio 2017. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas.

**CONANP - RARE.** 2010. Plan de Proyecto Reserva de la Biosfera la Sepultura. CONANP-RARE. 270 pp.

**DOF.** 1979. Decreto por el que por causas de interés público se establece zona de protección forestal en los terrenos que se encuentran en los Municipios de La Concordia, Ángel Albino Corzo, Villa Flores y Jiquipilas, Chis. 20-03-1979. Secretaria de Recursos de Agricultura y Recursos Hidráulicos.

**DOF.** 2007. Acuerdo por el que se recategoriza como área natural protegida con la categoría de área de protección de recursos naturales, a la Zona de Protección Forestal en los terrenos que se encuentran en los municipios de La Concordia, Ángel Albino Corzo, Villa Flores y Jiquipilas, Chiapas. 27-11- 2007. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

**DOF.** 2009. NORMA Oficial Mexicana NOM-015-SEMARNAT/SAGARPA-2007, Que establece las especificaciones técnicas de métodos de uso del fuego en los terrenos forestales y en los terrenos de uso agropecuario. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

**DOF.** 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010: Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. Secretaría de Medio Ambiente.

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

**Hough, W A. & Albin, F. A.** 1978. Predicting fire behavior in palmetto-gallberry fuel complexes. Research Paper SE-RP-174. Asheville, NC: USDA-Forest Service, Southeastern Forest Experiment Station. 48 p.

**INEGI.** 2002. Conjunto de Datos Vectoriales Geológicos. Continuo Nacional. Escala 1:1'000,000. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México.

**INEGI.** 2012. Áreas Geoestadísticas Municipales, escala: 1:250000. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). Marco Geoestadístico 2013 versión 6.0c (Inventario Nacional de Viviendas 2012). Aguascalientes, Ags., México.

**INEGI.** 2013. Conjunto de datos vectoriales de uso de suelo y vegetación, serie V (capa Unión), escala 1:250000. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México.

**INIFAP – CONABIO.** 1995. Edafología. Escalas 1:250000 y 1:1000000. México.

**Key, C. H. & Benson, N. C.** 2006. Landscape assessment: sampling and analysis methods. Pages LA-1-LA-51 In: Lutes, D. C., Keane, R. E., Caratti, J. F., Key, C. H., Benson, N. C., Sutherland, S. & Gangi, L. J. FIREMON: Fire effects monitoring and inventory system. General Technical Report RMRS-GTR-164-CD. Fort Collins, CO: USDA Forest Service, Rocky Mountain Research Station.

**NWCG.** 2004. PMS 424. Prescribed Fire Complexity Rating System Guide. National Wildfire Coordinating Group. 43 p.

**NWCG.** 2013. PMS 486: Prescribed Fire Go/No-GO Checklist. National Wildfire Coordinating Group. 1 p.

**Montorio, L. R., Pérez-Cabello, F., García-Martín, A., Vlassova, L. & de la Riva Fernández, J.** 2014. La severidad del fuego: revisión de conceptos, métodos y efectos ambientales. En Arnáez, J., González-Sampériz, P., Lasanta, T., & Valero G., B. L. (Eds.), *Geoecología, cambio ambiental y paisaje: homenaje al profesor José María García-Ruiz*. IPE-CSIC y Universidad de La Rioja, Arnedo, 427-440 (ISBN: 978-84-96487-83-3).

**Reinhardt, E. D., Keane, R. E. & Brown, J. K.** 2001. Modeling fire effects. *International Journal of Wildland Fire*, 10, 373-380.

**Reyes-Molina, F., Castro-Franco, R., & Navarro-Gómez, I.** 2011. Etología de la Tortuga de Mapimí (*Gopherus flavomarginatus*) en condiciones de cautiverio. *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas*, 10(2).

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

**Scott, J. H. & Burgan, R. E.** 2005. Standard fire behavior fuel models: A comprehensive set for use with Rothermel's surface fire spread model.

**SEMARNAP.** 1999. Programa de manejo de la reserva de la biosfera La Sepultura. Instituto Nacional de Ecología. México, D. F. 247 pp.

**USDA-USDOJ.** 2008. Interagency prescribed fire planning and implementation procedures guide. U.S. Department of Agriculture; U.S. Department of the Interior. 59 p.

**Uvalle-Sauceda, J., Cantú-Ayala, C., González-Saldivar, F. & Marmolejo-Moncivais, J.** 2013. Climas, en: Cantú-Ayala *et al.* (eds.), *Historia Natural del Parque Nacional Cumbres de Monterrey*, México. UANL-CONANP. México. Pp. 41-51.

**Weise, D. R.** 1997. Fuel modeling efforts for chaparral. In: *Resource Management: The Fire Element*. Spring/Summer 1997. Newsletter of the California Fuels Committee: 4-5.

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

**Anexo 1: Formato de verificación Hacer/No hacer.**

**Anexo 2: Resumen del análisis de complejidad.**

**Anexo 3: Comportamiento del fuego.**

**Anexo 4: Efectos del fuego.**

**Anexo 5: Muestreo de combustibles forestales.**