



GUÍA PARA LA INCLUSIÓN DE CRITERIOS DE CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD Y MANEJO FORESTAL EN LA SIERRA MADRE DE CHIAPAS, MÉXICO



GRUPO DE TRABAJO:

Rufino Sandoval García, Filemón Manzano Méndez (**ABIES**), Claudia Macías Caballero, G. Bárbara Baltazar Mendoza, Eduardo Martínez Ovando, Eric Hernández Molina y Efraín Castillejos Castellanos (**PRONATURA SUR**), Alexser Vázquez Vázquez (**CONANP-SEPULTURA**), Luis Arturo Álvarez Márquez (**CONANP-FRAILESCANA**), Citlali Cortes Montaña (**KFW**), Adalberto Vargas Guillén (**CONAFOR**) y Carlos Amado Santiago León (**SEMARNAT**)

SECRETARÍA
DE MEDIO AMBIENTE
E HISTORIA NATURAL



ÍNDICE GENERAL

1. CONSIDERACIONES GENERALES	1
1.1. Biodiversidad del Estado de Chiapas.....	1
1.2. Principales amenazas de la biodiversidad del estado de Chiapas.....	2
1.3. Principales ecosistemas del área de estudio y su importancia	3
1.3.1. Bosque Mesófilo de Montaña	3
1.3.2. Bosque de Pino-Encino	5
1.3.3. Bosque de Encino.....	5
1.3.4. Importancia de la fauna silvestre en los ecosistemas forestales	6
1.3.5. Importancia del chipe mejilla dorada (<i>Setophaga chrysoparia</i>)	7
1.3.6. Principales amenazas de aves migratorias en la SMC	8
1.4. Organización y estrategias de manejo para los ecosistemas	9
1.4.1. Organización para el manejo forestal comunitario.....	9
1.4.2. Áreas Naturales Protegidas	10
1.4.3. Alianza para la Conservación de los Bosques de Pino - Encino.....	11
1.5. El reto de hacer compatible la producción forestal con la conservación de la biodiversidad.....	12
2. DESCRIPCIÓN DE LAS ZONAS DE ESTUDIO.....	13
2.1. Criterios de selección utilizados	13
2.1.1. Localización de las zonas de estudio.....	14
2.1.2. Localidades.....	15
2.2. Análisis de cambio de uso del suelo	28
3. MEJORES PRÁCTICAS DE MANEJO FORESTAL PARA CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD EN LA ZONA DE ESTUDIO	32
4. ALTOS VALORES PARA LA CONSERVACIÓN EN LA ZONA DE ESTUDIO..	36
4.1. AVC 1. Diversidad de especies.....	36
4.2. AVC 2. Ecosistemas y mosaicos a escala de paisaje	41
4.3. AVC 4. Servicios críticos de los ecosistemas	41
5. ESTRATEGIAS DE MANEJO FORESTAL PARA LA CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD EN LA SIERRA MADRE DE CHIAPAS	43

5.1. Prácticas a nivel de paisaje.....	43
5.1.1. Protección de los hábitats en las cabeceras de las cuencas	44
5.1.1.1. Tamaño de la franja protectora del hábitat de las cabeceras	46
5.1.2. Protección de la vegetación ribereña.....	48
5.1.2.1. Tamaño mínimo de la franja protectora de la vegetación ribereña .	49
5.1.3. Conectividad del hábitat.....	53
5.1.4. Mantenimiento de bosques de viejo crecimiento	56
5.1.5. Manejo de zonas de recarga hídrica.....	59
5.1.6. Dinámica de claros en los ecosistemas forestales	61
5.2. Prácticas a nivel de rodal	63
5.2.1. Manejo de la estructura vertical y horizontal	64
5.2.2. Manejo de la composición florística	66
5.2.3. Manejo de biomasa residual de la cosecha forestal	68
5.2.4. Apertura y mantenimiento de brechas cortafuego	70
5.2.5. Construcción, mantenimiento y rehabilitación de caminos	72
5.2.6. Recuperación de la vegetación nativa	75
5.2.7. Restauración de áreas agropecuarias degradadas	77
5.2.8. Transposición de suelo en áreas fragmentadas	79
5.2.9. Manejo de turberas	81
5.3. Prácticas a nivel de sitio.....	83
5.3.1. Mantenimiento de árboles muertos en pie	84
5.3.2. Mantenimiento de árboles muertos caídos	86
5.3.3. Rescate y reubicación de epífitas	88
5.3.4. Formación de micro-hábitats	90
5.3.5. Manejo de especies fijadoras de nitrógeno.....	92
5.3.6. Manejo integral de plagas forestales	94
5.3.7. Establecimiento de infraestructura informativa	96
6. LITERATURA CITADA.....	97

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Distribución de localidades del área de estudio La Sepultura	15
Cuadro 2. Distribución de localidades del área de estudio La Frailescana.....	17
Cuadro 3. Especies en niveles de riesgo del área de estudio La Sepultura	36
Cuadro 4. Especies en niveles de riesgo del área de estudio La Frailescana	38
Cuadro 5. Estrategias de manejo y monitoreo para especies en niveles de riesgo	39
Cuadro 6. Parámetros para determinar el tamaño de la franja de protección.....	46
Cuadro 7. Proceso para el manejo y protección del hábitat de las cabeceras.....	47
Cuadro 8. Parámetros para determinar el tamaño de la franja de protección.....	50
Cuadro 9. Proceso para el manejo y protección de la vegetación ribereña	52
Cuadro 10. Proceso para el manejo de la conectividad del hábitat	55
Cuadro 11. Proceso para el manejo de bosques de viejo crecimiento	58
Cuadro 12. Proceso para el manejo de zonas de recarga hídrica	60
Cuadro 13. Proceso para el manejo de la dinámica de claros en el bosque	62
Cuadro 14. Proceso para el manejo de la estructura vertical y horizontal de un rodal.....	65
Cuadro 15. Proceso para el manejo de la composición florística	67
Cuadro 16. Proceso para el manejo de biomasa residual de la cosecha forestal.....	69
Cuadro 17. Proceso para el diseño y construcción de brechas cortafuego	71
Cuadro 18. Proceso para la construcción, mantenimiento y rehabilitación de caminos....	74
Cuadro 19. Proceso para la recuperación de la vegetación nativa.....	76
Cuadro 20. Proceso para la restauración de áreas agropecuarias degradadas	78
Cuadro 21. Proceso para la transposición de suelo en áreas fragmentadas	80
Cuadro 22. Proceso para el manejo de turberas.....	82
Cuadro 23. Proceso para el manejo de árboles muertos en pie.....	85
Cuadro 24. Proceso para el manejo de árboles muertos caídos	87
Cuadro 25. Proceso para el rescate y reubicación de epifitas.....	89
Cuadro 26. Proceso para la formación de micro-hábitats.....	91
Cuadro 27. Proceso para manejo de especies fijadoras de nitrógeno.....	93
Cuadro 28. Principales afectaciones por tipo de plaga presente en Chiapas	95
Cuadro 29. Proceso para el manejo integral de plagas forestales.....	95
Cuadro 30. Proceso para el establecimiento de infraestructura informativa	96

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Especies en niveles de riesgo de las áreas de estudio La Sepultura y La Frailescana.	38
Figura 2. Representación de las cuencas, subcuencas, microcuencas y quebradas	45
Figura 3. Franjas de protección de los hábitats de las cabeceras (ej. demostrativo)	46
Figura 4. Red de franjas de protección de la vegetación ribereña (ej. demostrativo)	51
Figura 5. Conectividad entre vegetación ribereña y cabeceras (ej. demostrativo).....	54
Figura 6. Principales atributos de los bosques de viejo crecimiento (ej. demostrativo).....	57
Figura 7. Distribución diamétrica y en altura (ej. demostrativo predio Arroyo Negro)	65
Figura 8. Distribución diamétrica y en altura (ej. demostrativo predio California)	65

1. CONSIDERACIONES GENERALES

1.1. Biodiversidad del Estado de Chiapas



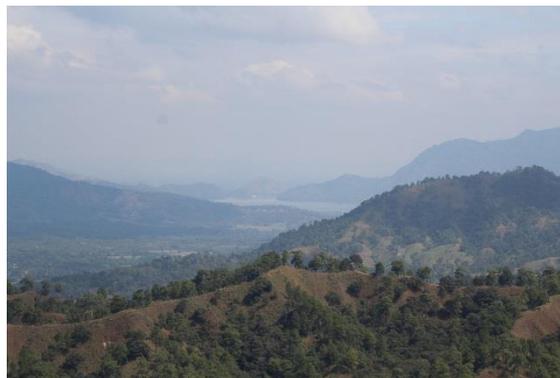
La amplitud latitudinal de Chiapas, su orografía y su historia geológica determinan una amplia variedad de condiciones ecológicas y una notable diversidad biológica (González-Espinosa *et al.*, 2005), cuenta con cerca de 15,000 km² de asociaciones de bosque de pino, bosque de pino-encino y bosque mesófilo de montaña, que constituyen la vegetación predominante en la Sierra Madre de Chiapas, Los Altos y las Montañas de Norte (Palacio-Prieto *et al.*, 2000).

En el Estado de Chiapas, las áreas donde existe una mayor riqueza y endemismo de gimnospermas son la Sierra Madre de Chiapas, la Meseta Central y las Montañas del Norte y solamente los géneros de *Pinus*, *Ceratozamia* y *Zamia* representan más de 70 % de la riqueza (Contreras-Medina y Luna-Vega, 2007).



En cuanto a la distribución de orquídeas y bromelias en el estado, la mayor diversidad se centra en los bosques mesófilo de montaña y en las selvas. Existen registros de más 127 especies de bromelias y 700 especies de orquídeas (Damon y Salas-Roblero, 2007).

Chiapas también posee una alta diversidad de ecosistemas acuáticos, formados por lagos, ríos caudalosos, lagunas costeras y estuarios; los cuales comprenden alrededor de 30 % de la red hidrológica del país y representan el sistema hidrológico de mayor extensión en Mesoamérica. Estos sistemas de humedales representan un recurso valioso por la gran cantidad de recursos florísticos y faunísticos que albergan, así como por el gran suministro de recursos, bienes y servicios que prestan a las comunidades humanas que viven en ellos (CONABIO, 2013).



1.2. Principales amenazas de la biodiversidad del estado de Chiapas



El deterioro más acelerado de los bosques en Chiapas se inició en la década de los 60's, paradójicamente, medidas conservacionistas decretadas de manera autoritaria, como la suspensión de aprovechamientos forestales en Chiapas a partir de 1991, aceleraron los procesos de deterioro generalizado de los recursos forestales y los cambios de uso del suelo que se observaron durante casi todo el decenio (Collier y Quaratiello, 1994), junto con la deforestación, la fragmentación y el aislamiento de los rodales, se ha producido un empobrecimiento florístico de los bosques secundarios (Ochoa-Gaona *et al.*, 2004).

Los diferentes tipos de fragmentación, en donde la distancia entre rodales de bosques maduros es suficientemente grande como para impedir el movimiento de dispersores, puede reducir el tamaño de la población de plantas endémicas,

incrementando el riesgo de extinción por aislamiento de grupos de individuos (Estades, 2003).



Las perspectivas de desarrollo y conservación en Chiapas pueden encontrar en su riqueza biológica y cultural una base amplia para el desarrollo de sistemas productivos alternativos, aplicables en amplias extensiones que hagan alto uso de la biodiversidad, sin necesidad de optar por sistemas simplificados y la introducción de especies exóticas (CONABIO, 2013).

1.3. Principales ecosistemas del área de estudio y su importancia

1.3.1. Bosque Mesófilo de Montaña



Este ecosistema se caracteriza por la presencia de árboles en varios estratos, por la abundancia de helechos, una gran cantidad de epífitas y, sobre todo, por las lluvias frecuentes, la neblina y la humedad atmosférica alta durante todo el año (Williams-Linera, 2012). Su importancia, radica en su biodiversidad, la cual se refleja en la presencia de endemismos y en la provisión de servicios ambientales (Pérez *et al.*, 2010).

Estos ecosistemas son únicos porque capturan agua adicional a partir de su contacto directo con las nubes (Breedlove, 1981). El agua adicional es equivalente al 15-20% de la precipitación ordinaria, pero puede alcanzar hasta el 50-60% en condiciones más expuestas (Gual-Díaz y Rendón-Correa, 2014).

En el caso específico de la Sierra Madre de Chiapas, donde existe una de las extensiones más grandes de bosque mesófilo de montaña de México, este ecosistema mantiene el flujo de agua constante hacia los arroyos y ríos que sostienen al gran río Grijalva, que a su vez



forma el complejo hidroeléctrico más grande de México (Pérez *et al.*, 2010).



En muchas especies arbóreas del mesófilo se distribuyen especies de epifitas como las bromelias, las cuales son de gran valor por su uso ornamental y ceremonial, situación que ha propiciado la existencia de un mercado local de bromelias, que origina la extracción en grandes cantidades sin

mecanismos de regulación (González-Espinosa *et al.*, 2011).

Además de mantener paisajes de estructura compleja con mezclas de fragmentos diferentes, que incluyan plantaciones, cultivos y remanentes forestales, seguirán siendo necesarias las reservas de bosques de niebla para disponer de fuentes de germoplasma para



la restauración pasiva, mantener los estratos arbustivo y de hierbas que son severamente dañados por las actividades de cultivo del cafetal y producir plantas necesarias en la restauración activa de áreas deforestadas y en el enriquecimiento de cafetales y bosques degradados (Pérez *et al.*, 2010).

1.3.2. Bosque de Pino-Encino



Estos bosques están representados por los géneros *Pinus* y *Quercus*, los cuales distribuyen en la meseta central (Altos de Chiapas) y en sierra madre de Chiapas (Styles, 1998; Aguirre-Planter *et al.*, 2000). Los bosques de pino-encino son de suma importancia debido a que proveen una serie de bienes y servicios ambientales para la sociedad, adicionalmente a los bienes valiosos como madera, fibras, leña, plantas comestibles, medicinales y recreación, se incluyen servicios ambientales como la protección de las cuencas, generación de microclimas y belleza escénicas de los paisajes (Franquis e Infante, 2003).

1.3.3. Bosque de Encino



Los bosques de encino constituyen uno de los tipos de vegetación más importantes y característicos de las regiones montañosas de clima templado en México. Algunos encinares se caracterizan por ser vegetación de fase sucesional madura. El elevado número de especies de encino en el país incluye tanto especies primarias como secundarias; las primeras se asocian a condiciones ambientales relativamente estables o propias de la dinámica de comunidades; de las segundas, muchas son favorecidas por factores de disturbio que podrían impedir el establecimiento de muchas de las especies primarias. De esta manera, la presencia de cierto número de especies de *Quercus* en un área o una comunidad de plantas se debe a la influencia directa o indirecta de algún tipo de disturbio (Zavala, 2000).

Estos tipos de ecosistemas por su posición en el dosel, determinan en buena medida condiciones de luminosidad, temperatura y humedad del interior del bosque y favorecen la incorporación y desarrollo de numerosas especies arbóreas. La conservación y restauración de estos sistemas boscosos resultan cruciales para el mantenimiento de múltiples interacciones biológicas y servicios ecológicos (Ramírez-Marcial *et al.*, 2010).

1.3.4. Importancia de la fauna silvestre en los ecosistemas forestales



En la compleja red de procesos ecológicos que se desarrollan en los ecosistemas forestales pueden identificarse una serie de roles que desempeña la fauna silvestre se incluye la descomposición de materia muerta, el reciclaje de nutrientes, la polinización, la dispersión de semillas, la regeneración y control de los herbívoros (Hernández, 2011). En la mayoría de los bosques tropicales, más del 75% de las especies leñosas dependen de animales para la dispersión de sus semillas (Janzen y Vázquez- Yanes 1991).

Algunos mamíferos como el tapir juegan un papel importante como dispersores de semillas de larga distancia, debido a la ingestión de las semillas enteras y liberación en sus heces de manera intacta (Wunderlee, 1997). Las aves, murciélagos, monos y marsupiales arborícolas han sido reportados como auxiliares en la dispersión de semillas, ya que mucho de ellos las esconden en huecos de árboles o en el suelo y no siempre las recuperan (Wilms & Kappelle, 2006).

1.3.5. Importancia del chipe mejilla dorada (*Setophaga chrysoparia*)



El chipe de mejillas doradas (*Setophaga chrysoparia*) ha sido identificado como una especie con alto grado de amenaza de extinción que está asociada a bosques de pino- encino durante su migración invernal, por lo que es considerada como indicador de la integridad ecológica de estos ecosistemas tanto en México como en

Centroamérica (Rappole *et al.*, 2000).

El hábitat potencial de esta ave corresponde a un 41% de la ecorregión de pino-encino, con una preferencia por los bosques montanos de Chiapas y Centroamérica y los bosques de pino-encino de Centroamérica. Su período de migración comprende de septiembre a marzo, se les puede observar en los bosques de pino-encino desde Chiapas hasta el norte de Nicaragua, aunque también hay reportes en Costa Rica (ACBPEM, 2015). El chipe mejilla dorada tiene dos tipos de hábitat que inciden directamente en su conservación, el hábitat del rango reproductivo y el hábitat invernal. El reproductivo es altamente localizado y confinado a un área de la región central de Texas, consiste en rodales de *Juniperus virginiana*, sin embargo; también utiliza la vegetación aledaña en torno a ríos y cañones dentro de valles, entre los que destacan los encinos (Emrick *et al.*, 2010).

El hábitat invernal consiste en bosques mixtos de pino-encino, pino liquidámbar y bosques mesófilo de montaña de la Sierra Madre de Chiapas (ACBPEM, 2015). El mantener paisajes irregulares con bosques remanentes de pino-encino y árboles aislados pueden ofrecer protección a las aves y servir como trampolín para avanzar paso a paso durante su viaje en busca de fragmentos de bosque maduros más cerrados (McNally y Fleishman, 2002).

1.3.6. Principales amenazas de aves migratorias en la SMC



Las amenazas de especies de aves, varían en función del tamaño de la población, la capacidad de colonización, endemismo y requerimientos de hábitat y la alimentación (Crow, 1990). Las aves migratorias requieren de hábitat de calidad en sus rutas, para descansar y reabastecerse en el trayecto entre sus sitios de reproducción e invernación, situación que obligan a los países a trabajar coordinadamente, reforzando alianzas y desarrollando mecanismos nuevos para la conservación de las especies migratorias (Berlanga *et al.*, 2010).

Debido a que las masas forestales se vuelven cada vez más aisladas, consecuencia de diversas presiones como el cambio de uso del suelo, disminuye la disponibilidad de especies como pinos, encinos y lauráceas que son considerados como fuentes de recursos alimenticios con alta concentración de nutrimentos, las poblaciones de aves tienden a mermar (Wilson & Steven, 1995).



El ser humano es responsable de la mayoría de las amenazas que enfrentan las aves, debido a la expansión e intensificación de la agricultura y la ganadería, situación que provoca la destrucción, degradación y fragmentación de hábitats, así como la propagación de

especies exóticas invasoras, la contaminación, los incendios forestales, tala ilegal y la sobreexplotación de las aves silvestres, son las amenazas más graves que enfrentan (BirdLife, 2008).

1.4. Organización y estrategias de manejo para los ecosistemas

1.4.1. Organización para el manejo forestal comunitario



2007).

Las comunidades mexicanas ejercen un papel significativo y central en el manejo forestal, incluso cuando el estado regula estrictamente el manejo forestal, las comunidades mexicanas tienen responsabilidades centrales en supervisar la creación e implementación de los programas de manejo forestal (Bray *et al.*,

En el Estado de Chiapas existen varios casos de este tipo de organización como las comunidades del municipio de Coapilla, donde se practica un manejo forestal y se ha avanzado en la cadena de valor; por su parte en La Corona municipio de Marqués de Comillas, se mantiene una reserva comunitaria para ofrecer servicios ambientales de captura de carbono y vinculados al ecoturismo; así mismo en Sierra Morena municipio de Villa Corzo, comunidad organizada alrededor del cultivo de palma camedor y la producción de café (Montoya *et al.*, 2009).





En la Sierra Madre de Chiapas el ejido Tierra y Libertad municipio de Jiquipilas, se realiza el aprovechamiento maderable de los ecosistemas forestales y en los ejidos California, Josefa Ortiz de Domínguez, La Sombra de la Selva, Niquidambar, Tres Picos, Villahermosa, Nueva Esperanza pertenecientes al municipio de Villaflores, Francisco Villa municipio Jiquipilas y La Sierrita municipio de Villa Corzo se realiza el aprovechamiento no maderable de sus bosques principalmente en la extracción de resina de pino (Guerrero, 2013).

1.4.2. Áreas Naturales Protegidas



La creación de espacios naturales protegidos surgió, como respuesta mundial a la rápida desaparición de áreas naturales y a la consecuente pérdida de los servicios ambientales que de ellas reciben las personas que las habitan, por lo cual las áreas protegidas son de resguardos de la biodiversidad del planeta, de la cultura del hombre, laboratorios vivos de la evolución geológica y biológica de la tierra (UICN, 2000, Elbers, 2011).

Chiapas cuenta con 46 Áreas naturales protegidas (ANPs), posee siete de los nueve ecosistemas más representativos en el país y cuenta con una extensión de más de un millón 400 mil hectáreas. La sierra madre de Chiapas destaca por sus áreas naturales protegidas las cuales cubren un total de 292,865 hectáreas, destacando, la reserva de la biosfera de La Sepultura y el área de protección de recursos naturales La Frailescana, dos zonas representativas que corresponden al área de estudio en las cuales se identificaron los principales ecosistemas forestales y se establecieron

una serie de criterios de manejo forestal para la conservación de su biodiversidad (PRONATURA, 2016).

1.4.3. Alianza para la Conservación de los Bosques de Pino - Encino

La alianza para la conservación de los bosques de pino-encino de Mesoamérica, nació en el año 2003, en Tuxtla, México mediante la firma de una carta de entendimiento en el marco del Congreso de la Sociedad Mesoamericana para la Biología y la Conservación. La alianza nace como una iniciativa de ocho instituciones de los países de México, Guatemala, El Salvador, Honduras, Nicaragua y Estados Unidos, siendo estas: Instituto de Historia Natural y Ecología (IHNE, Chiapas), Pronatura Sur A.C (Chiapas), Fundación Defensores de la Naturaleza (FDN, Guatemala); The Nature Conservancy Guatemala (TNC-Guatemala), Salvanatura (El Salvador), Fundación Educación para el Desarrollo de la Investigación, Ciencia y Tecnología (Fundación EDUCA, Honduras);, Alianza para las Áreas Silvestres (ALAS, Nicaragua), y Texas Parks and Wildlife Department (TPWD).

La alianza fue creada para favorecer la conservación de los bosques de pino-encino como hábitat de especies migratorias y residentes amenazadas, enfocándose principalmente en el ave migratoria *Setophaga chrysoparia* (chipe mejilla dorada). En un inicio, el enfoque de la alianza era únicamente la conservación del hábitat de aves migratorias, conforme ha pasado el tiempo, el enfoque ha ido evolucionando y se ha ido involucrando en temas más integrales como manejo forestal y participación local para el aprovechamiento de recursos dentro del ecosistema. Actualmente la Alianza cuenta con la representación de 12 instituciones, que incluyen representantes de instituciones de gobierno, no gubernamentales nacionales e internacionales.

Para el año 2010, los miembros de la alianza Regional son: Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), Pronatura Sur A.C (México), Instituto Nacional de Bosques (INAB) y Fundación Defensores de la Naturaleza (Guatemala), Salvanatura y Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales del Salvador

(MARN - El Salvador), Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente (SERNA), Fundación EDUCA e Instituto Nacional de Conservación y Desarrollo Forestal, Áreas Protegidas y Vida Silvestre (ICF - Honduras). Alianza para las Aves Silvestres (ALAS - Nicaragua), Texas Parks and Wildlife Department (TPWD), The Nature Conservancy (TNC) y Conservación Internacional (ACBPEM, 2015).

1.5. El reto de hacer compatible la producción forestal con la conservación de la biodiversidad



La producción forestal se fundamenta en un proceso productivo primario en base a la combinación de nutrientes que obtiene del suelo y de la fotosíntesis, sin embargo, existen factores que determinan su productividad como la competencia, las plagas, las enfermedades, los incendios, etc., por lo cual para mantener o incrementar su productividad, se deben de aplicar una serie de tratamientos silvícolas que generen ingresos a los ejidos y comunidades y que propician la conservación de la biodiversidad.

Sin embargo, esta relación se ha comenzado a cuestionar y ha generado una serie de polémicas, sobre todo con la implementación de la Estrategia Nacional de Manejo Forestal Sustentable para el Incremento de la Producción y Productividad (ENAIPROS), la cual busca entre sus principales objetivos la intensificación del aprovechamiento forestal para alcanzar una producción de 11 millones de m³ rollo para el año 2018. Para conciliar la producción forestal y la conservación de la biodiversidad, e iniciar una nueva etapa de relación armónica con el ambiente, es necesario entender la dinámica de los ecosistemas forestales e implementar una serie de criterios y estrategias de manejo forestal que permitan conservar la biodiversidad.

Biodiversidad es sinónimo de riqueza, de fuente de recursos, de calidad de vida y posibilidades de desarrollo social y económico. Existe bienes asociados al uso de la diversidad biológica como alimentos, medicamentos, materias primas (madera, fibras, resina.) energía, cosméticos, etc., que constituyen también un campo de actividad económica, a partir de las transacciones del mercado y el desarrollo de nuevos productos manufacturados.

Es precisamente en el balance entre el uso indispensable de los recursos naturales y su necesaria conservación, donde se decidirá el futuro de la biodiversidad en la tierra. Conciliar el conocimiento científico con las decisiones prácticas es, sin duda, uno de los retos más grandes tanto para los científicos como para quienes, desde las organizaciones civiles o desde el sector público, tienen que tomar decisiones, especialmente si éstas repercuten en algunas partes de la sociedad (Sánchez *et al.*, 2003).

La conservación de la biodiversidad demanda la implementación de mejores prácticas de manejo forestal tomando como premisa el conocimiento de la problemática actual que afectan a los ecosistemas forestales y de las necesidades de las comunidades, ejidos y pequeños propietarios, considerando para ello, que las estrategias que se planteen sean utilizadas y apropiadas por cada de los actores involucrados en el manejo forestal.

2. DESCRIPCIÓN DE LAS ZONAS DE ESTUDIO

2.1. Criterios de selección utilizados

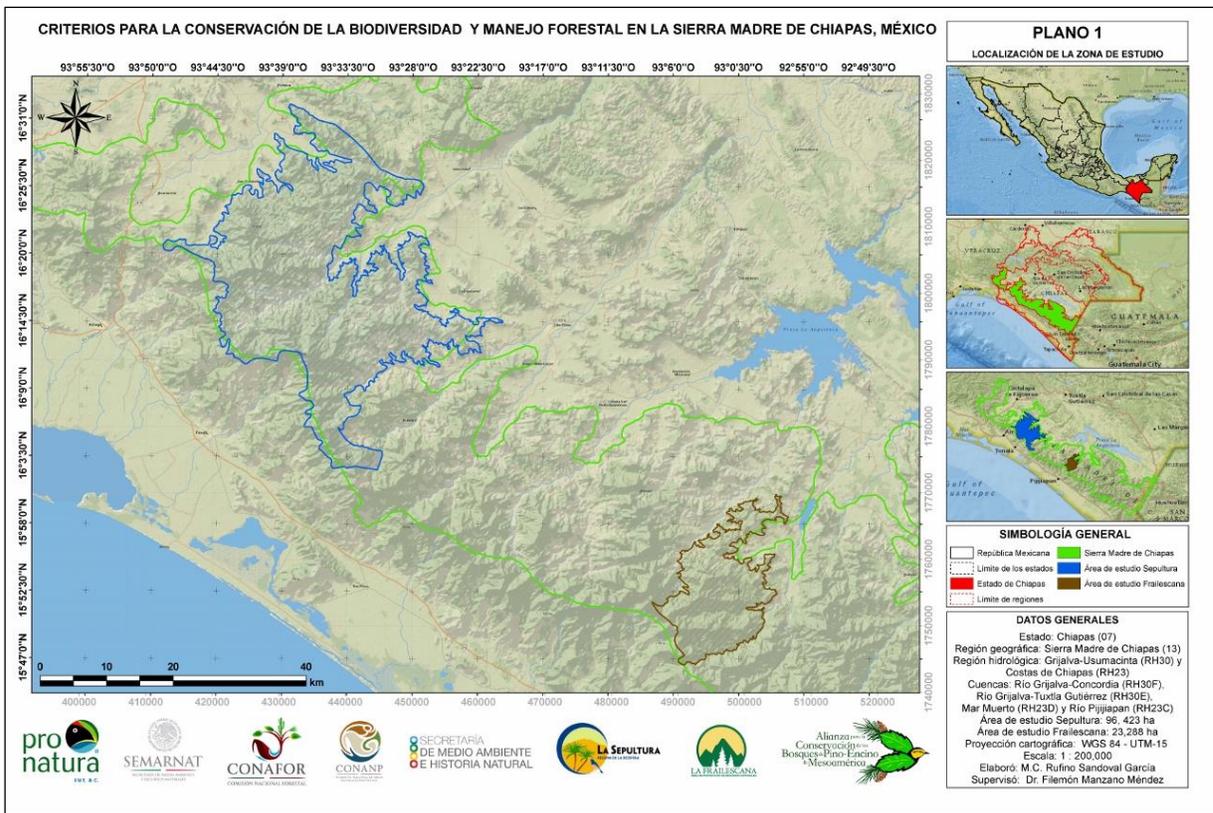
Las áreas de estudio se delimitaron en base a criterios económicos, geográficos, ecológicos, biológicos y sociopolíticos, destacando los siguientes: distribución de localidades, tipo de núcleo agrario, predios con programas de manejo forestal maderable y no maderable, predios con potencial de aprovechamiento maderable y

no maderable, intervalo altitudinal, alta proporción de cobertura forestal, distribución de bosques de pino y encino, ecorregiones, corredores biológicos, mayor concentración de especies de flora y fauna en estatus de riesgo, distribución potencial de *Setophaga chrysoparia*, incidencia entre límites de subcuencas, áreas naturales protegidas (ANP), áreas de Importancia para la conservación de las aves (AICA), regiones terrestres prioritarias (RTP) y regiones hidrológicas prioritarias (RHP).

Las áreas seleccionadas abarcan una superficie de 119,716 ha, de las cuales 96,428 ha corresponden al área de estudio “La Sepultura” y 23,288 ha, al área de estudio “La Frailescana”

2.1.1. Localización de las zonas de estudio

La zona de estudio abarca dos regiones representativas de la Sierra Madre de Chiapas, en las cuales se identificaron las principales fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas que enfrentan los ecosistemas forestales. Se establecieron una serie de criterios de manejo forestal para la conservación de la biodiversidad, mismos que podrán ser replicados en diferentes regiones que forman parte la Sierra Madre de Chiapas, sin embargo, pueden ser susceptibles a modificación o adaptaciones para implementarse en otras ecorregiones del estado de Chiapas.



2.1.2. Localidades

Cuadro 1. Distribución de localidades del área de estudio La Sepultura

Nombre de localidad	Altitud (msnm)	Coord_X (UTM)	Coord_Y (UTM)	Nombre de localidad	Altitud (msnm)	Coord_X (UTM)	Coord_Y (UTM)
1. Los Querubines	860	433086	1814149	70. San Francisco	820	422623	1807406
2. Alejandra	739	437006	1805615	71. Las Carmelitas Matzam	820	428246	1810200
3. Querétaro	940	437055	1810156	72. Los Cuatro Hermanos	830	423149	1807139
4. El Jardín	890	441426	1798569	73. San Isidro	621	435971	1826029
5. Catorce de Septiembre	760	433546	1815798	74. La Sombra de Monterrey	592	434758	1826725
6. El Porvenir	720	438986	1817483	75. La Guacamaya	630	436712	1825840
7. Unión Campesina	800	445113	1818844	76. Arrayán	884	443349	1791437
8. Monte Alegre	817	438731	1809329	77. Tres Picos	1050	437597	1794948
9. El Desierto	900	441118	1814701	78. Rincón Carralito	893	450606	1793027
10. Los Laureles	730	439025	1807548	79. La Selva	934	442732	1791750
11. Champerico	960	435975	1810597	80. La Trinitaria Dos	1110	444562	1793824
12. La Sombra de la Selva	837	433551	1806645	81. El Carrizal	782	446944	1790336
13. Chamizal	860	437767	1805484	82. El Carmen	1360	447008	1794410
14. Corralejos	760	438777	1808772	83. El Manguito	788	445134	1790321
15. El Tule	1180	433818	1809468	84. El Zapotal	850	457634	1793776
16. Achiotillo	942	448023	1799310	85. La Sierrita	900	442050	1786352
17. Villahermosa	1083	446054	1797787	86. San Martín	1240	437300	1788279
18. Arroyo El Sabinal	810	434465	1799580	87. Las Margaritas	1300	436719	1788459
19. Montecristo	788	433033	1811668	88. Rincón Antonio	1220	437962	1783688

Nombre de localidad	Altitud (msnm)	Coord_X (UTM)	Coord_Y (UTM)	Nombre de localidad	Altitud (msnm)	Coord_X (UTM)	Coord_Y (UTM)
20. San José de las Flores	640	433532	1821267	89. Solo Dios	1500	437150	1780690
21. Sanjón del chorro	820	436773	1816117	90. Arroyo Los Pinos	902	442890	1785444
22. Plan El Amate	697	432154	1816220	91. Plan de Belén	1389	440354	1782215
23. Monte Sinaí	1140	432978	1809030	92. El Pencil	884	443845	1790825
24. Santa Cruz	930	440936	1814967	93. El Pozo	1300	448458	1794376
25. Sinaloa	900	437870	1811443	94. El Paraíso	960	458160	1795596
26. La Gloria	820	433577	1811455	95. Las Nubes	894	451469	1793579
27. Niquidambar	906	448300	1800505	96. Buenos Aires El manguito	900	448739	1791841
28. La Chuta	941	450430	1796747	97. Ojo de Agua	972	449529	1793402
29. Santa Elena	800	429428	1813407	98. El Cedro	916	440879	1786262
30. El Laurel	720	438993	1817987	99. Las Margaritas	1200	447226	1793283
31. Villa Alta	893	449941	1801776	100. Los Framboyanes	1235	438113	1785141
32. Paso La Chamarra	810	438234	1809302	101. Bosque Los Nogales	1370	437188	1780849
33. Solo Dios	709	432190	1814916	102. El Amatal	828	444000	1787367
34. El Manantial	737	437494	1805788	103. Nueva Independencia	1313	437556	1792300
35. Lindavista	760	437408	1816718	104. El Paraíso	921	446473	1792182
36. Los Ángeles	900	431726	1798828	105. Las Golondrinas	840	444808	1790684
37. Monte Sinaí	800	443789	1819173	106. La Sidra	889	444051	1788389
38. Piedra Parada	782	449617	1816849	107. El Paraíso I	937	441054	1796291
39. California	977	434662	1797837	108. San José Las Flores	1170	438943	1782495
40. Espinal Buenavista	975	435798	1810956	109. Río Bravo	875	442232	1786193
41. La Selva	780	430035	1813178	110. El Durazno	1470	437605	1780740
42. Isabel	760	435461	1805629	111. Galilea	1297	440634	1776492
43. Francisco Villa Uno	700	430752	1812904	112. La Coruña	948	443418	1790364
44. Josefa O. de Domínguez	915	430888	1807260	113. La Nueva Jerusalén	854	450996	1793117
45. Ricardo Flores Magón	762	436671	1802050	114. El Zapote	804	445387	1789473
46. Santa Cruz	721	432931	1820472	115. Sierra Morena	1186	436757	1785972
47. Barranca Honda	750	441163	1819850	116. Rancho Alegre	1099	438682	1788053
48. Las Toreras	916	439915	1817482	117. Santa Cruz	880	444216	1790135
49. La Florida	775	441399	1819385	118. Guanacastal	971	449958	1793704
50. Dos Hermanos	680	439153	1807384	119. Rincón de Montecristo	1100	441203	1794905
51. Aguacate Mujular	860	441708	1815226	120. Nuevo Mundo	1098	445837	1793799
52. Sanjón de la Vainilla	740	436825	1817540	121. Agua Escondida	1230	438784	1787612
53. San Lorenzo	860	443987	1819235	122. Libertad Campesina	830	443256	1787157
54. San Antonio	997	435038	1810871	123. Argelia	1409	437713	1780906
55. Rancho Bonito	754	437804	1805957	124. Agua Escondida	1200	450971	1794964
56. Nueva Esperanza	830	440819	1799129	125. Montecristo	1500	437029	1780698
57. El Rancho	872	449588	1802642	126. El Mirador	1200	443568	1793899
58. El Sauz	1020	433494	1809739	127. Tres Valles	1220	439490	1777809
59. Arrayanal	660	425624	1815104	128. El Jardín	1120	439252	1783408
60. El Girasol	682	427507	1812637	129. La Naranja	967	449695	1792724
61. El Paraíso	680	428146	1814348	130. El Paraíso	1520	437997	1780584
62. La Nueva Providencia	840	428027	1810062	131. La Piedrita	868	444393	1790523
63. Viva Chiapas	1103	423307	1798346	132. Nuevo Plan de Ayala	851	443181	1786740
64. Tierra y Libertad	1140	424935	1796878	133. La Muralla	980	447242	1792347
65. San Antonio	678	428501	1814306	134. Rancho Bonito	1100	445000	1793406
66. Tres hermanos	780	427134	1810999	135. El Santuario	1020	440480	1787704
67. El Triunfo	1048	427598	1800134	136. San Luis	1460	437320	1780880
68. Corral Viejo	686	428786	1813923	137. La Junta	1433	437683	1780842
69. Los Laureles	1200	425593	1800543	138. Tierra y Libertad	1140	424710	1795187

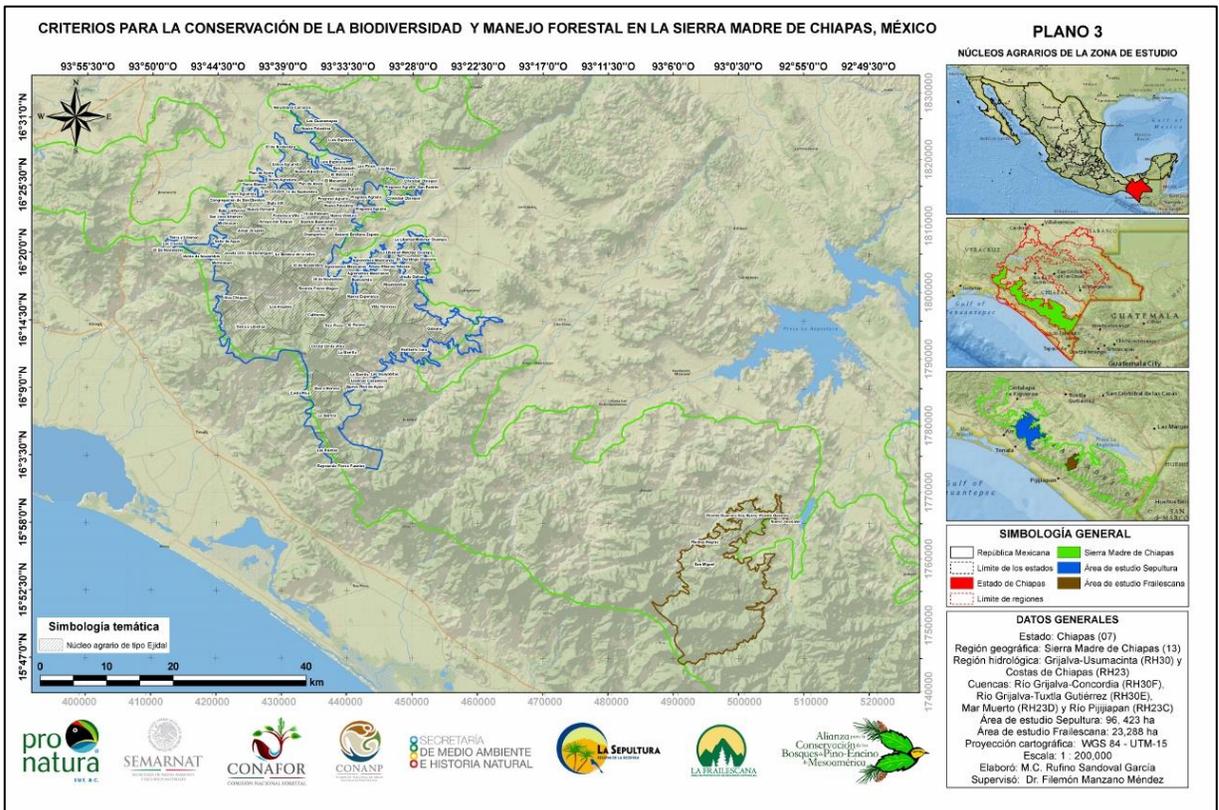
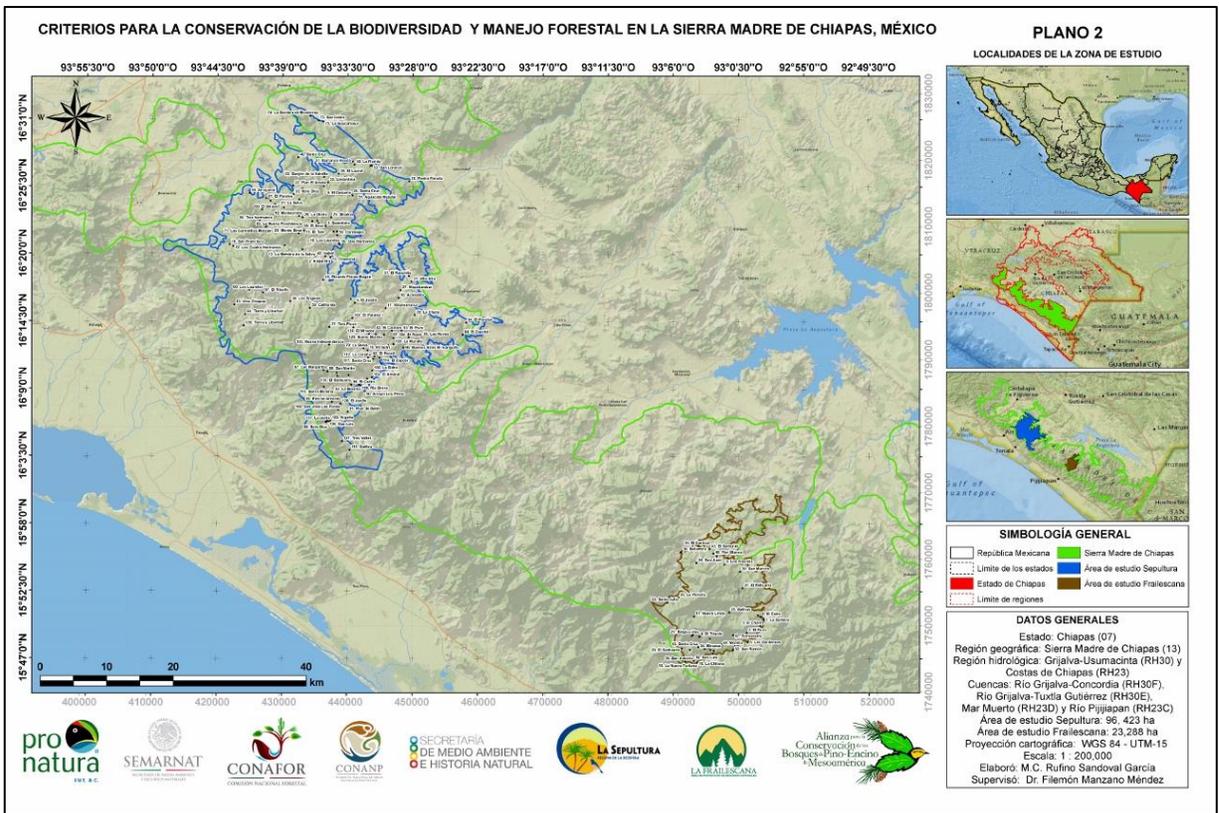
Cuadro 2. Distribución de localidades del área de estudio La Fraileskana

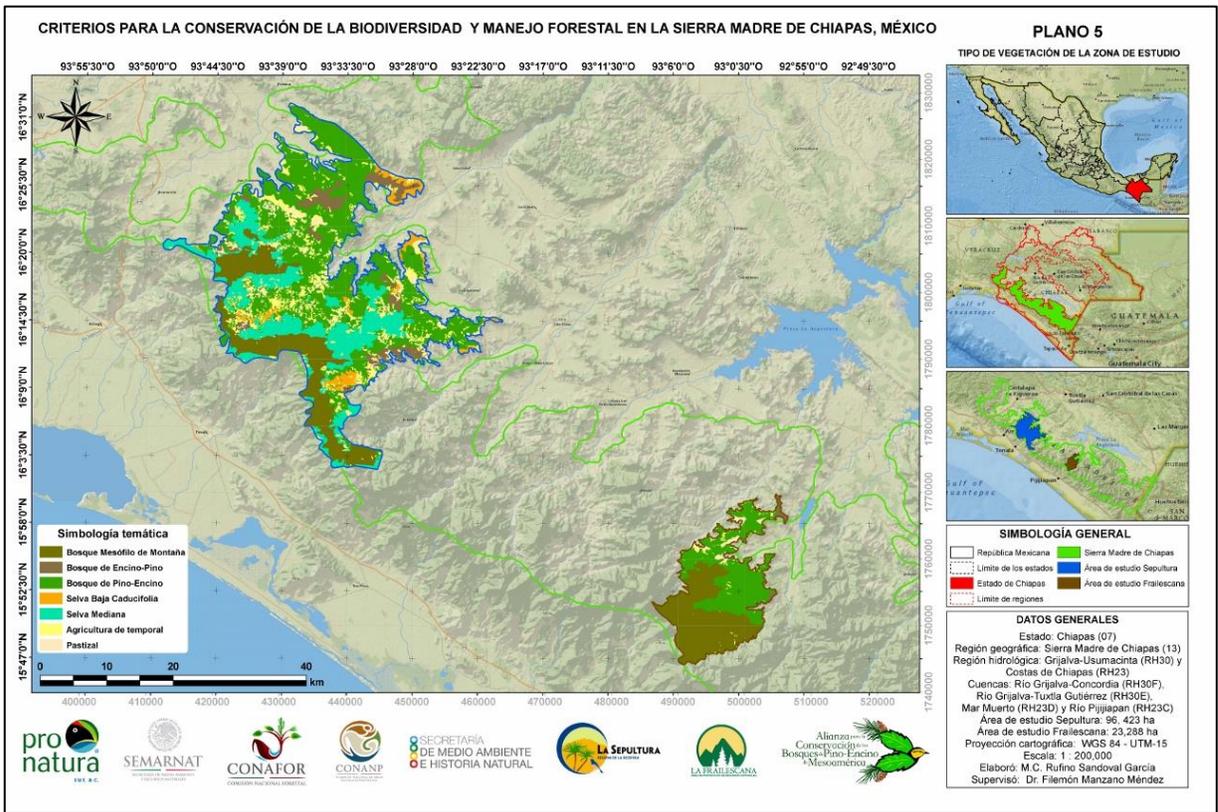
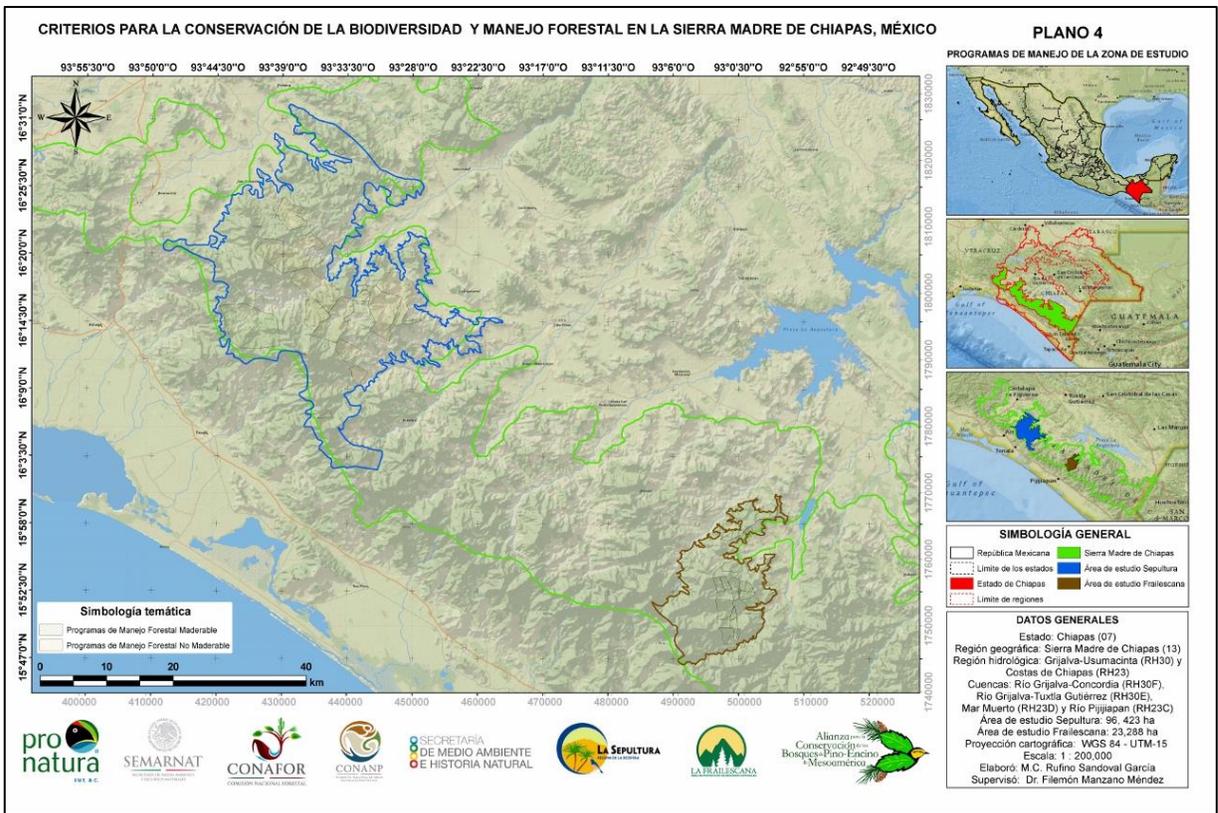
Nombre de localidad	Altitud (msnm)	Coord_X (UTM)	Coord_Y (UTM)	Nombre de localidad	Altitud (msnm)	Coord_X (UTM)	Coord_Y (UTM)
1. San Francisco	840	502025	1751580	29. El Santuario	1640	490588	1746595
2. El Pozo	1180	500342	1748935	30. San Marcos	820	499345	1758115
3. El Chorro	820	502390	1749979	31. El Porvenir	820	497546	1760106
4. Vistahermosa	780	502801	1750738	32. San José de los Pinos	1180	496568	1747063
5. Las Gardenias	840	500519	1747588	33. El Plan	900	499114	1747351
6. El Cairo	840	502387	1751359	34. Miramar	1220	494029	1746520
7. La Sombra	740	502901	1751044	35. Arroyo Negro	1080	495199	1751821
8. El Triunfo	1520	493189	1748350	36. Bellamira	810	490490	1761073
9. Los Fresnos	780	496997	1759207	37. El Relicario	980	499697	1755633
10. La Nueva Fortuna	1840	490712	1744747	38. San Luis	1500	492355	1744771
11. Tres de Mayo	1240	498664	1748490	39. Las Cruces	810	494093	1761601
12. Nueva Esperanza	1340	488633	1754203	40. Las Peñas	1180	496528	1747192
13. Los palmares	1860	490924	1745293	41. El Portillo	920	495851	1760445
14. Nuevo México	1290	495248	1745856	42. Grano de Oro el Porvenir	1090	494645	1760074
15. Buenavista	1580	494803	1748056	43. El Samuray	880	494752	1761526
16. La Chilana	1380	492860	1744449	44. Morelia	1200	496514	1746970
17. Nueva Linda	1280	492412	1751400	45. Santa Cruz	1320	493060	1746819
18. Rancho Alegre	1080	498565	1747137	46. Flor Blanca	880	495326	1760857
19. Rancho Viejo	1600	491810	1746402	47. Torreoncito	1210	498305	1748583
20. Las Delicias	1400	495394	1746255	48. Bélgica Dos	1320	495982	1746793
21. Bélgica Uno	1660	492271	1748620	49. Nuevo San Carlos	1720	492094	1748505
22. Nuevo Vergel	1640	493448	1748529	50. Santa Rita	920	495994	1760023
23. Flor Bonita	1340	494858	1746406	51. San Miguel	930	493682	1760203
24. El Carrizal	790	493129	1762018	52. San Ramón	1000	498281	1746421
25. Salinas	960	497705	1751985	53. Santa Julia	1340	488425	1753501
26. Los Altos de Jesús	1430	494815	1746982	54. San Juan	1160	492778	1759449
27. Corazón de Jesús	1300	494630	1746685	55. La Victoria	1200	490067	1754233
28. San Antonio	1680	491053	1744645	56. San Salvador	1260	499423	1748676

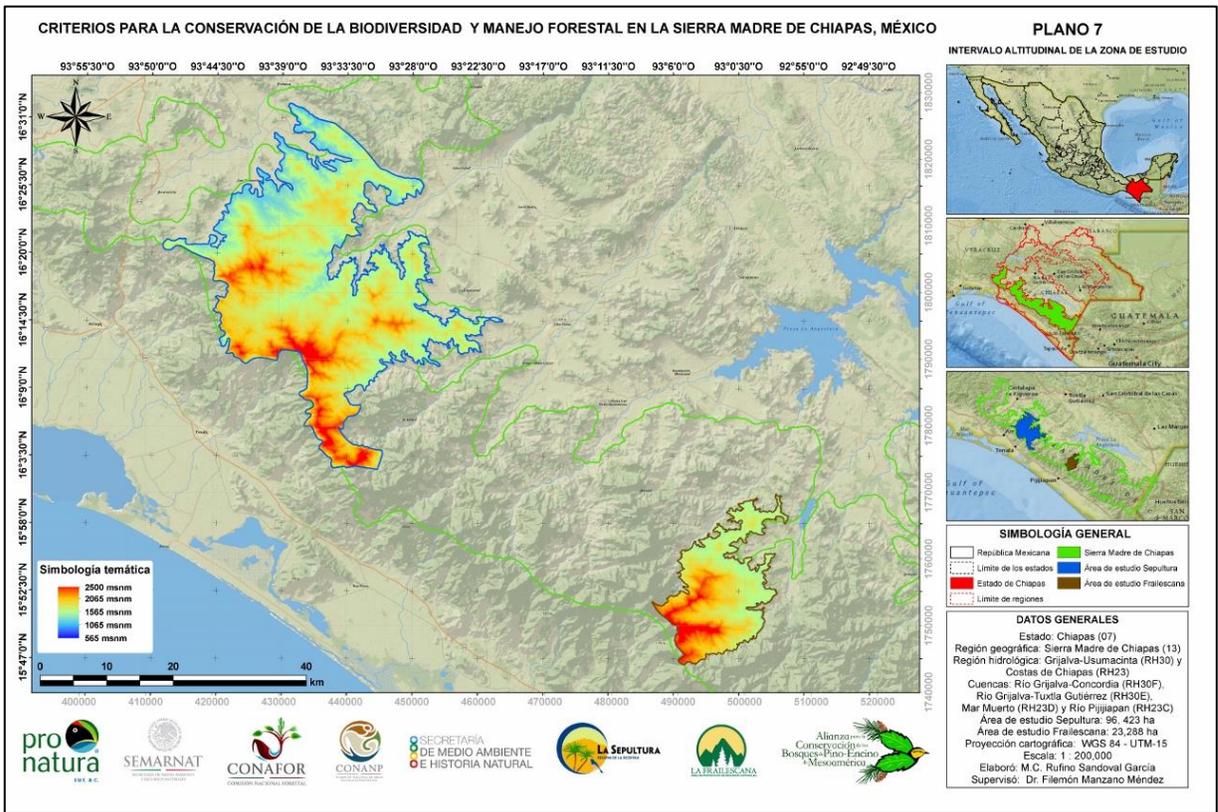
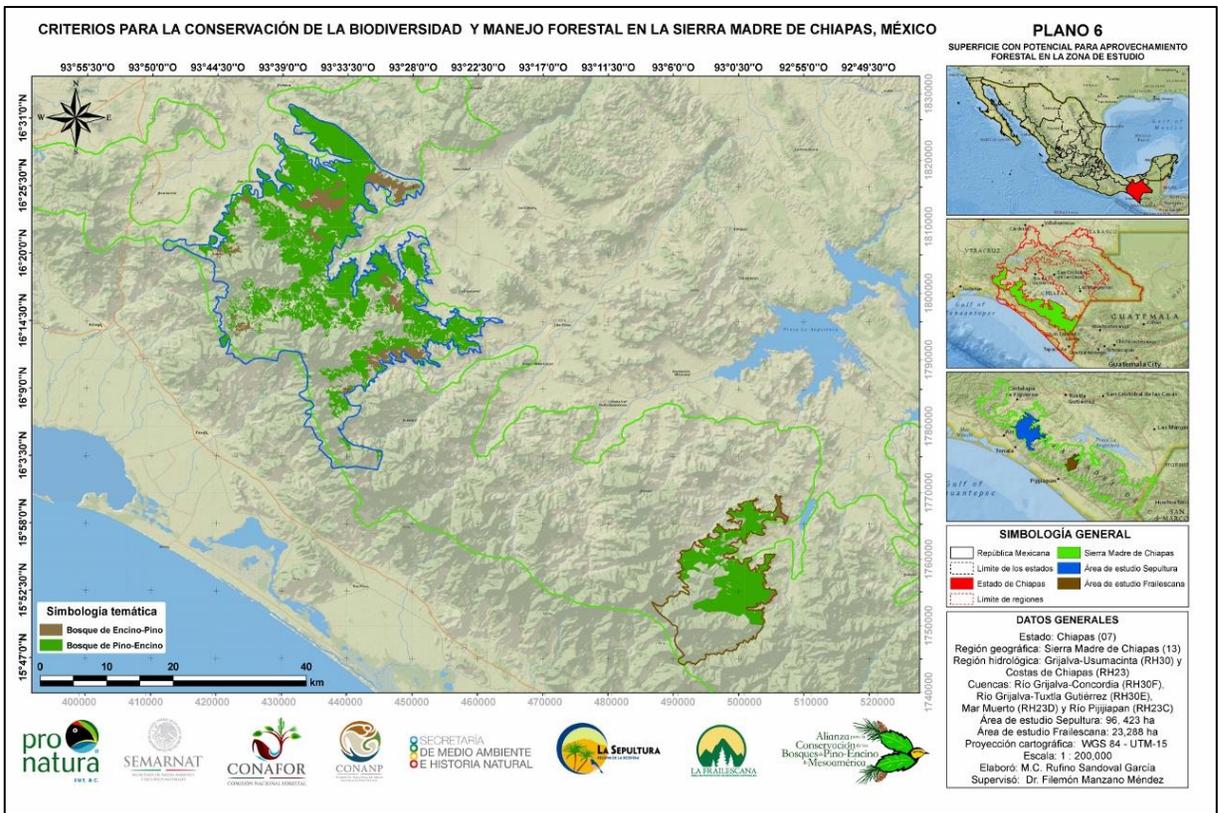
A continuación, se presenta la cartografía temática generada y considerada para seleccionar y describir la zona de estudio:

Los archivos *shape file* de uso de suelo y vegetación, ecorregiones, corredores biológicos, áreas naturales protegidas, áreas de importancia para la conservación de aves, regiones terrestres prioritarios y demás capas fueron obtenidas de diferentes portales, entre las que destacan las siguientes:

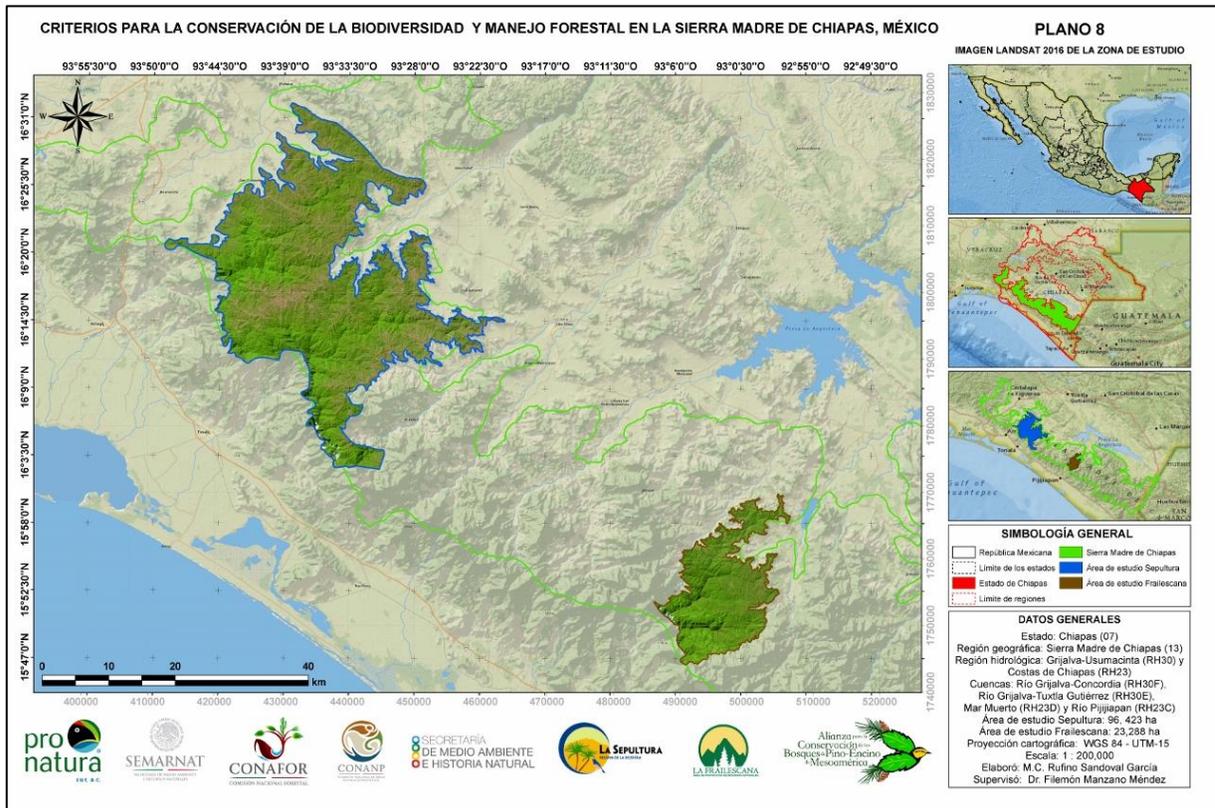
- ❖ CONABIO (<http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>)
- ❖ INEGI (<http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/geografia/>)
- ❖ CONANP (<http://sig.conanp.gob.mx/website/pagsig/>)
- ❖ SEMARNAT (<http://gisviewer.semarnat.gob.mx/geointegrador/index.html#>)

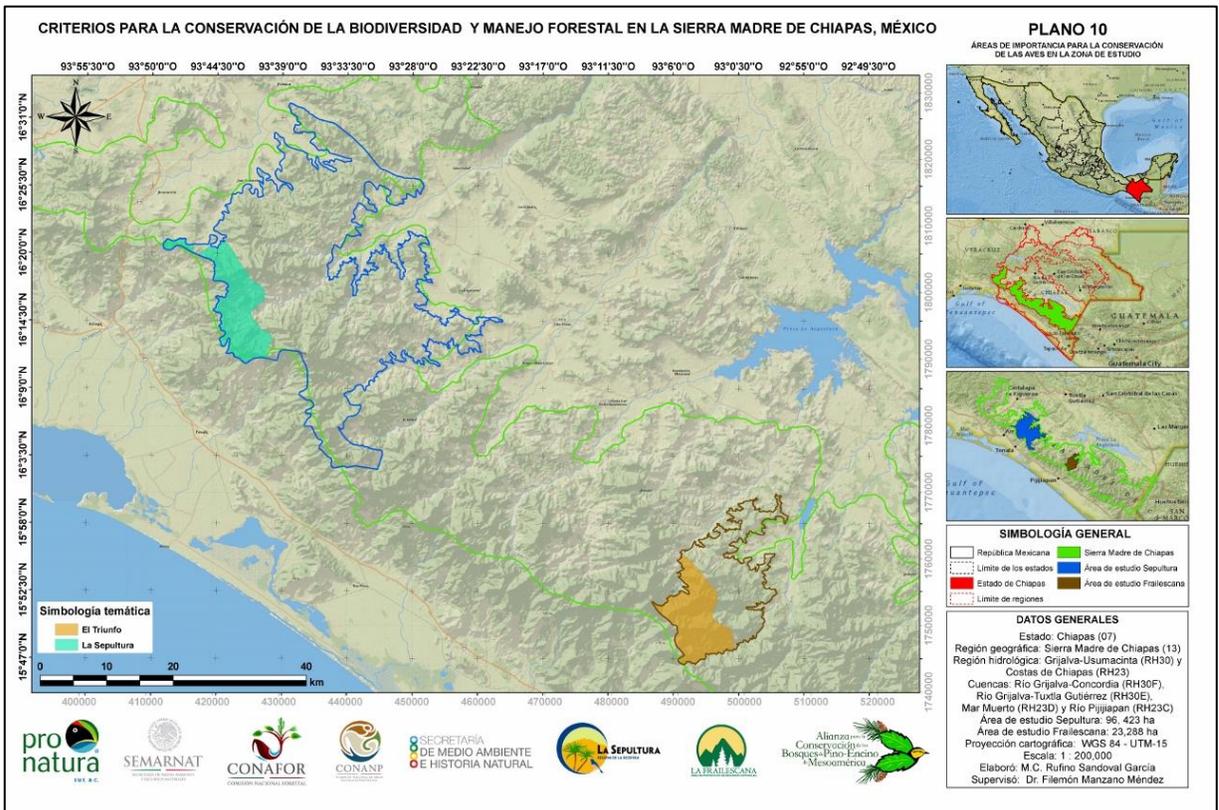
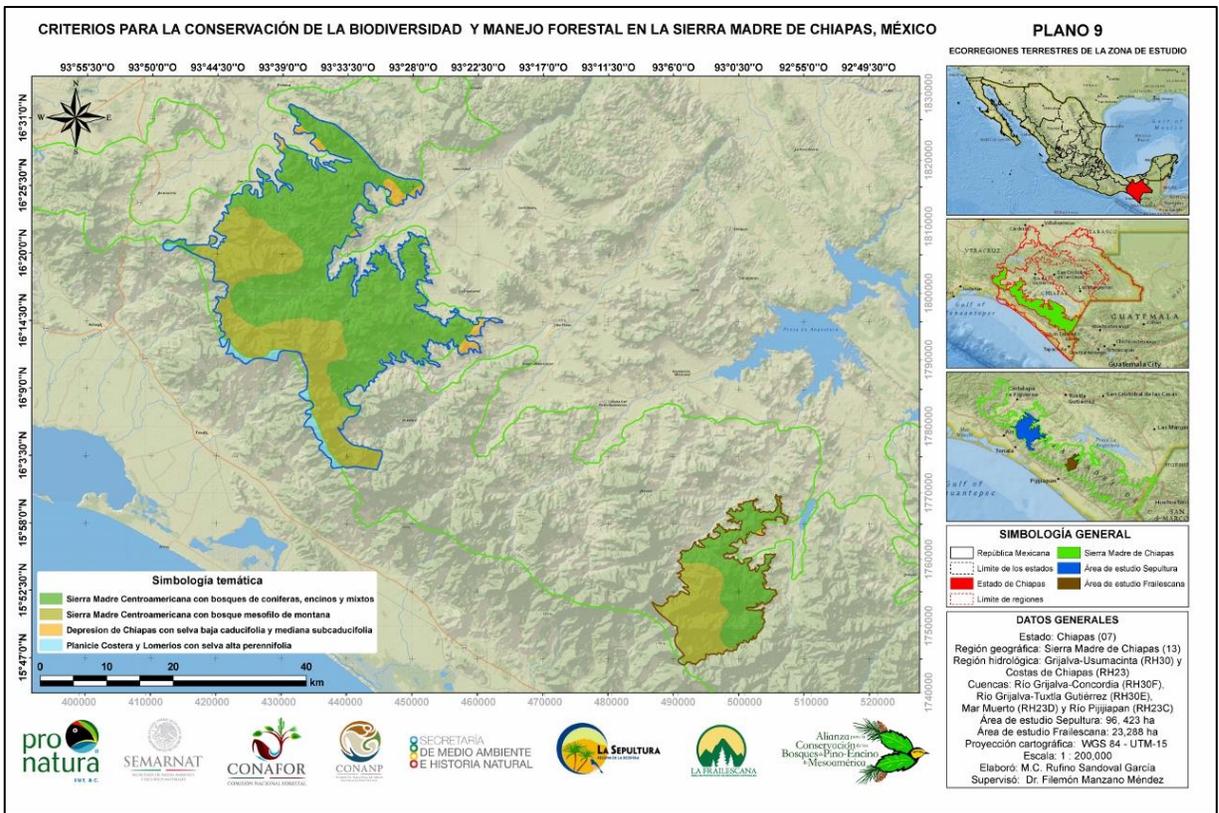


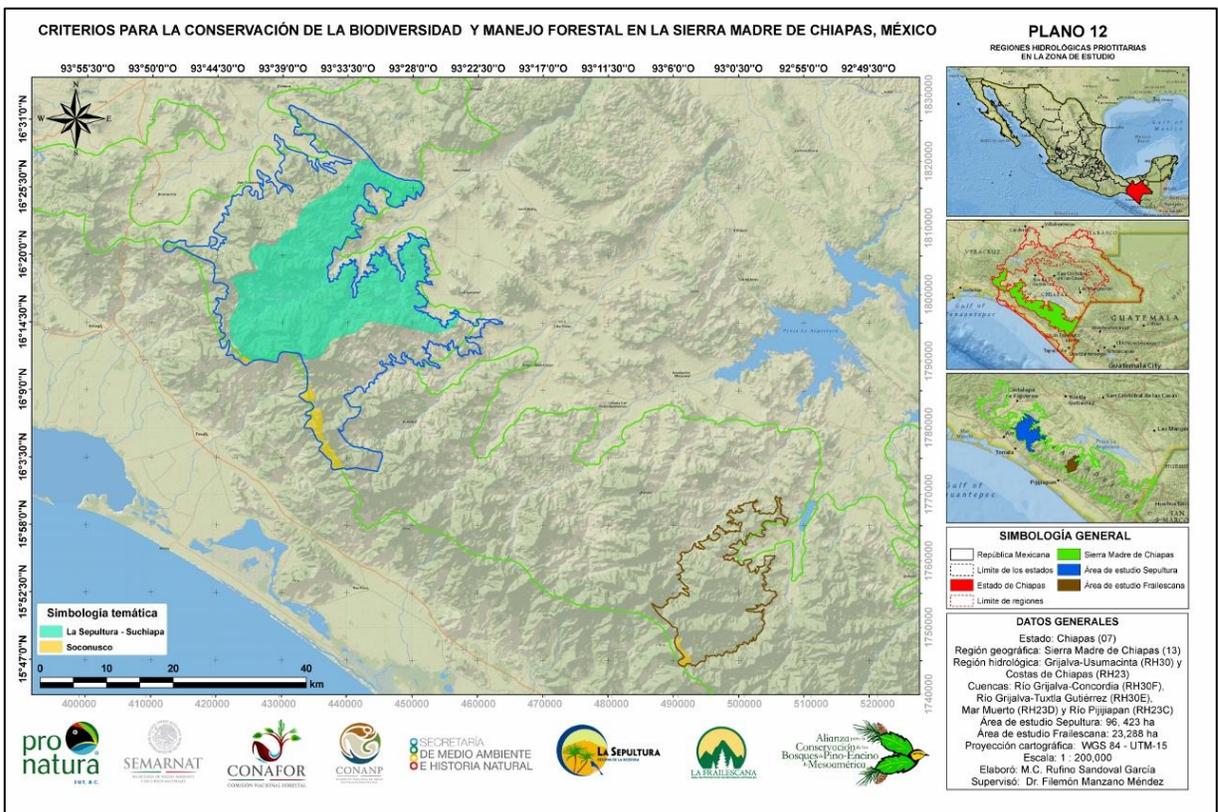
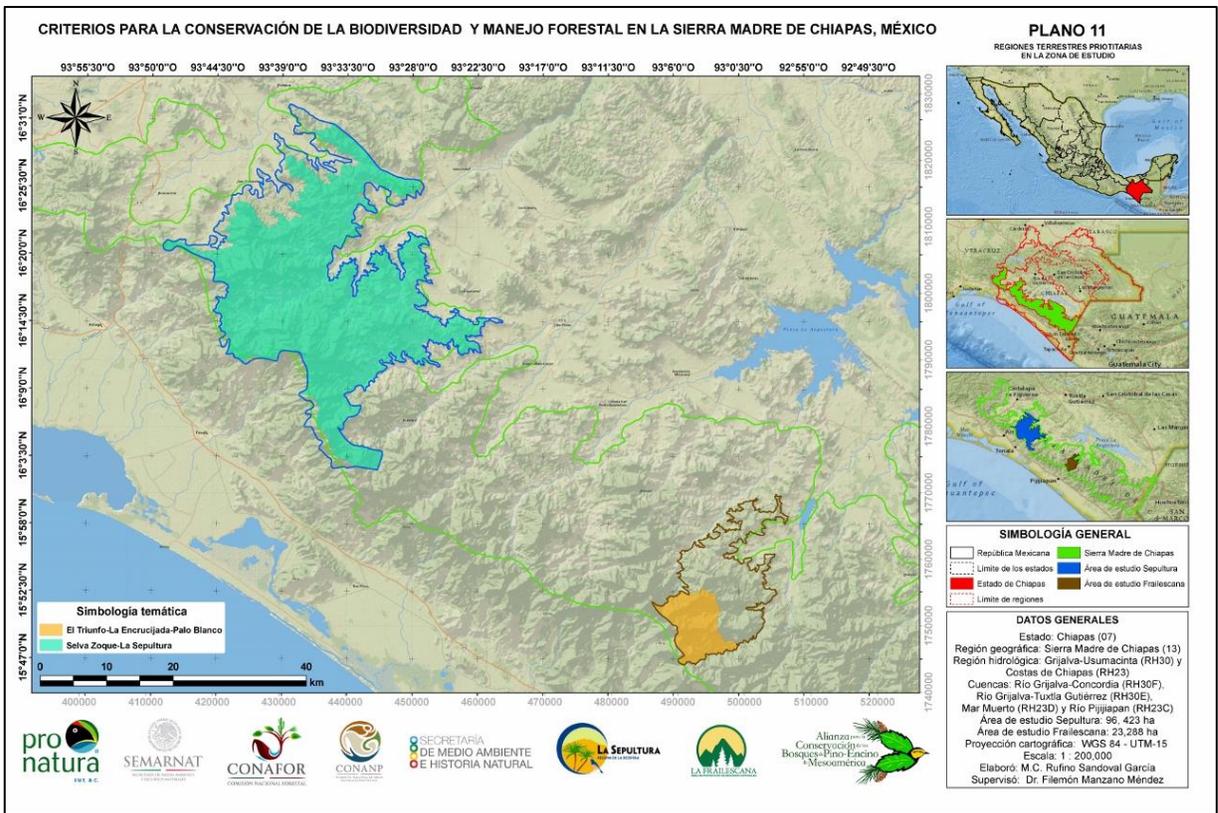


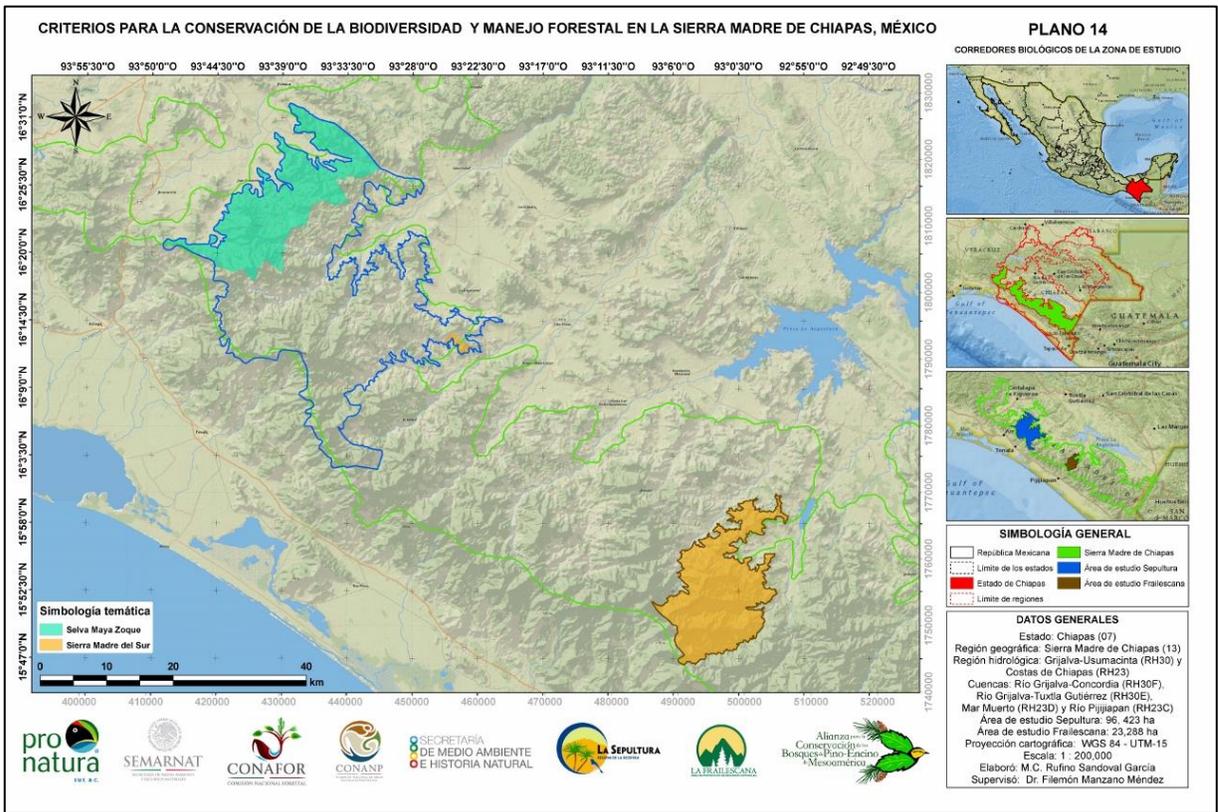
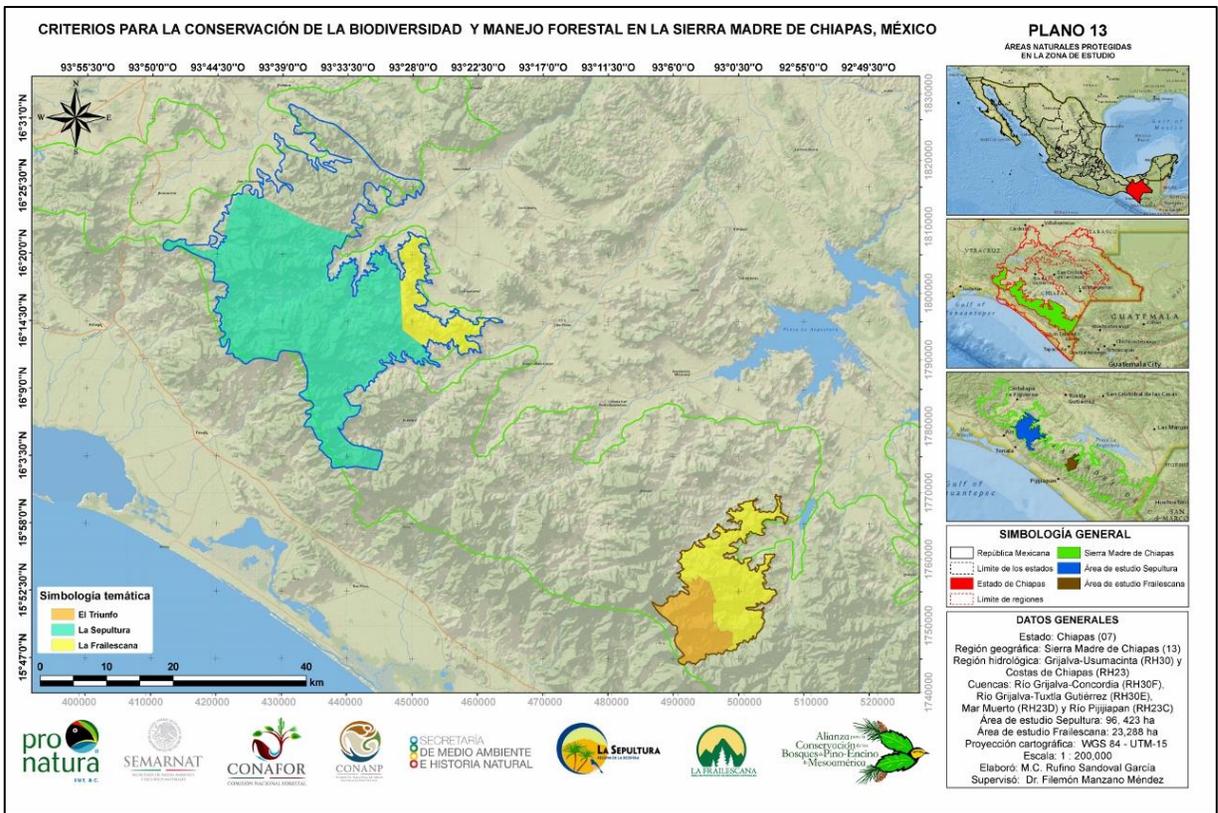


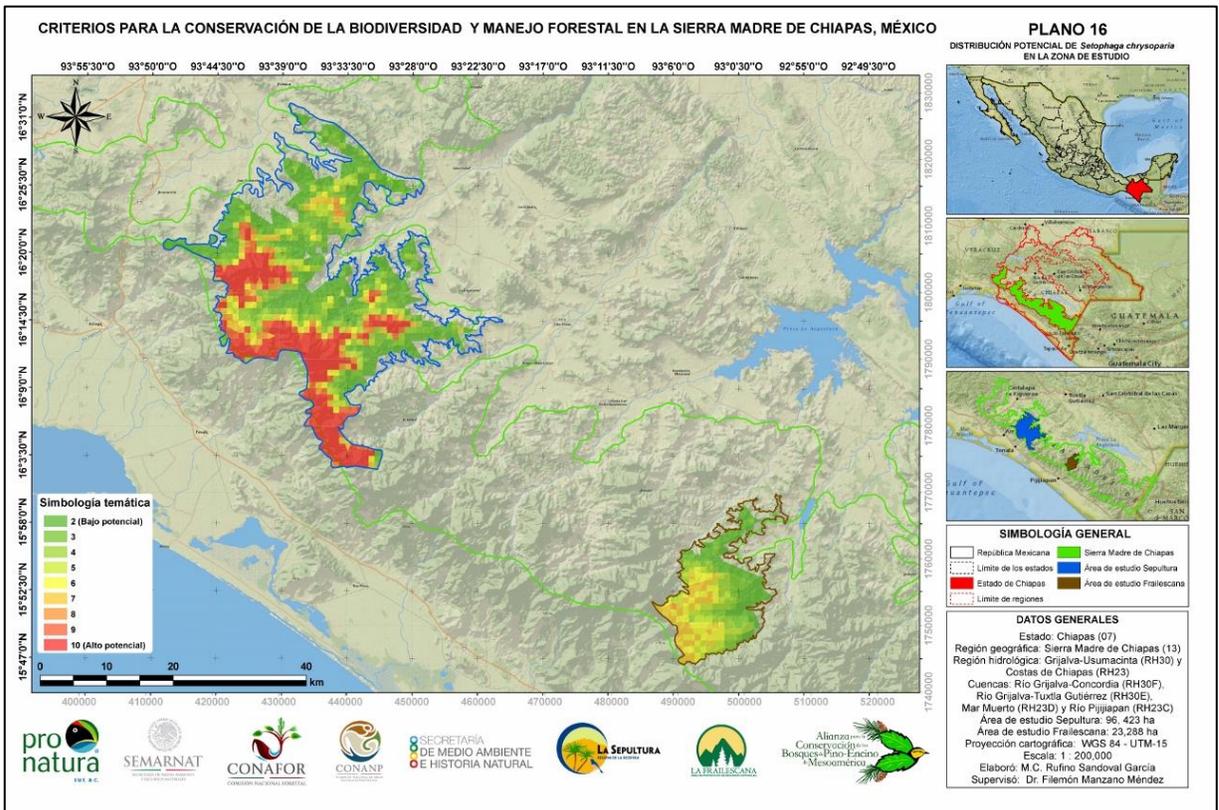
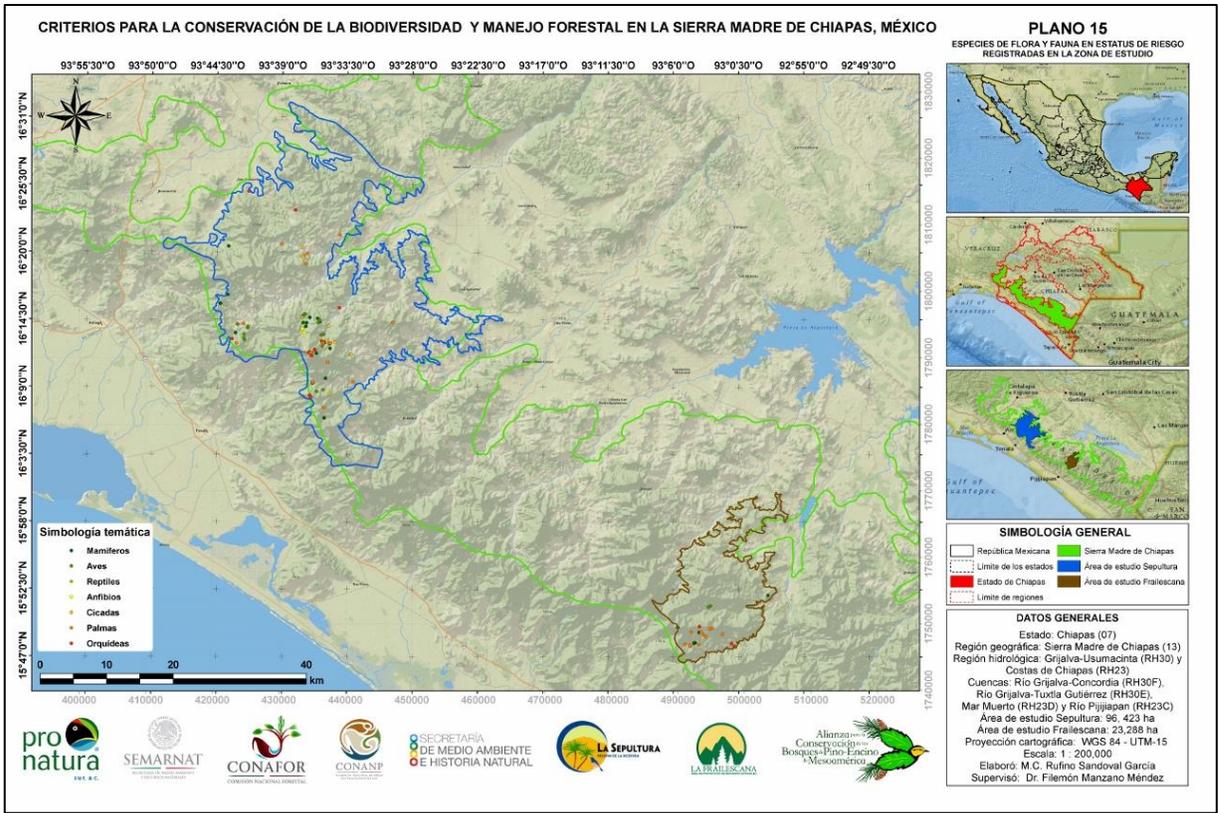
Se realizó la descarga y procesamiento de imágenes multiespectrales de resolución media de Landsat 8, utilizando la plataforma (<http://earthexplorer.usgs.gov/>), para determinar la cobertura forestal de las áreas de estudio, mediante el uso de firmas espectrales y la combinación de las bandas 6, 5 y 4. (Data management tools > raster > raster processing > composite bands), para lo cual se utilizó el software ArcGis 10.2.

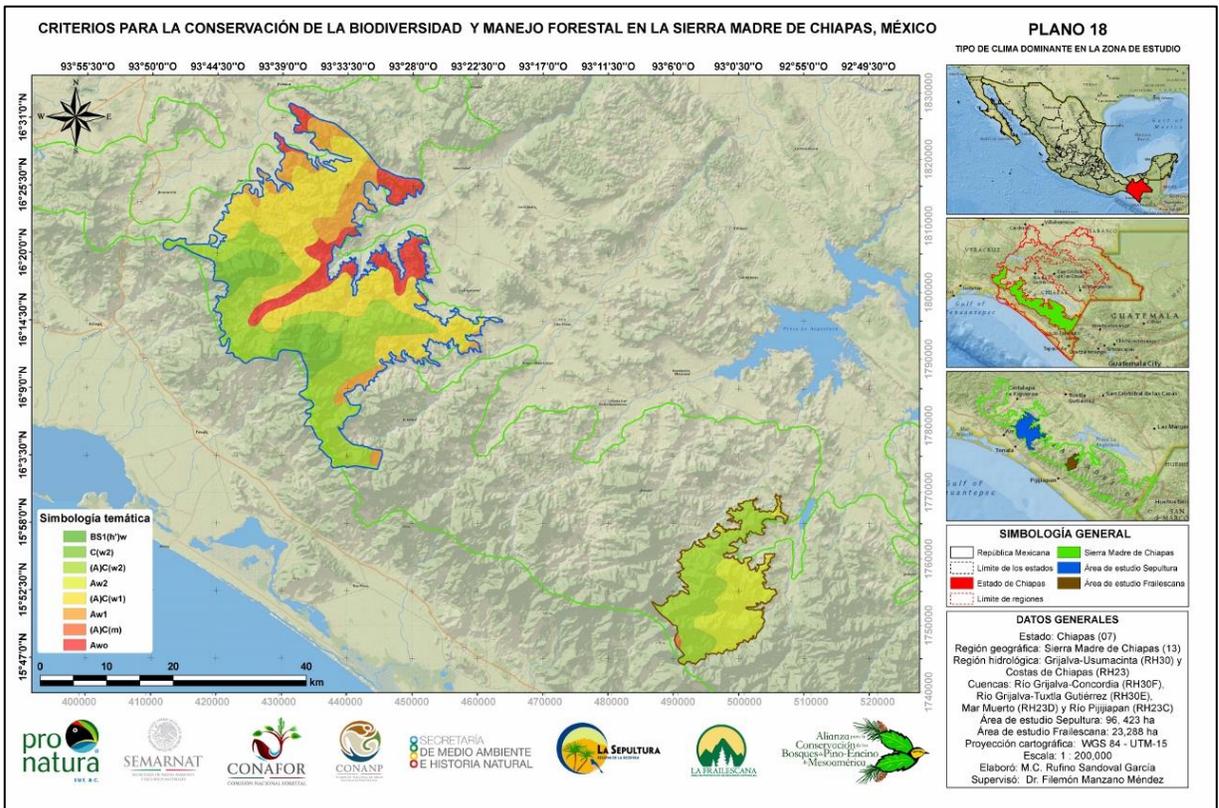
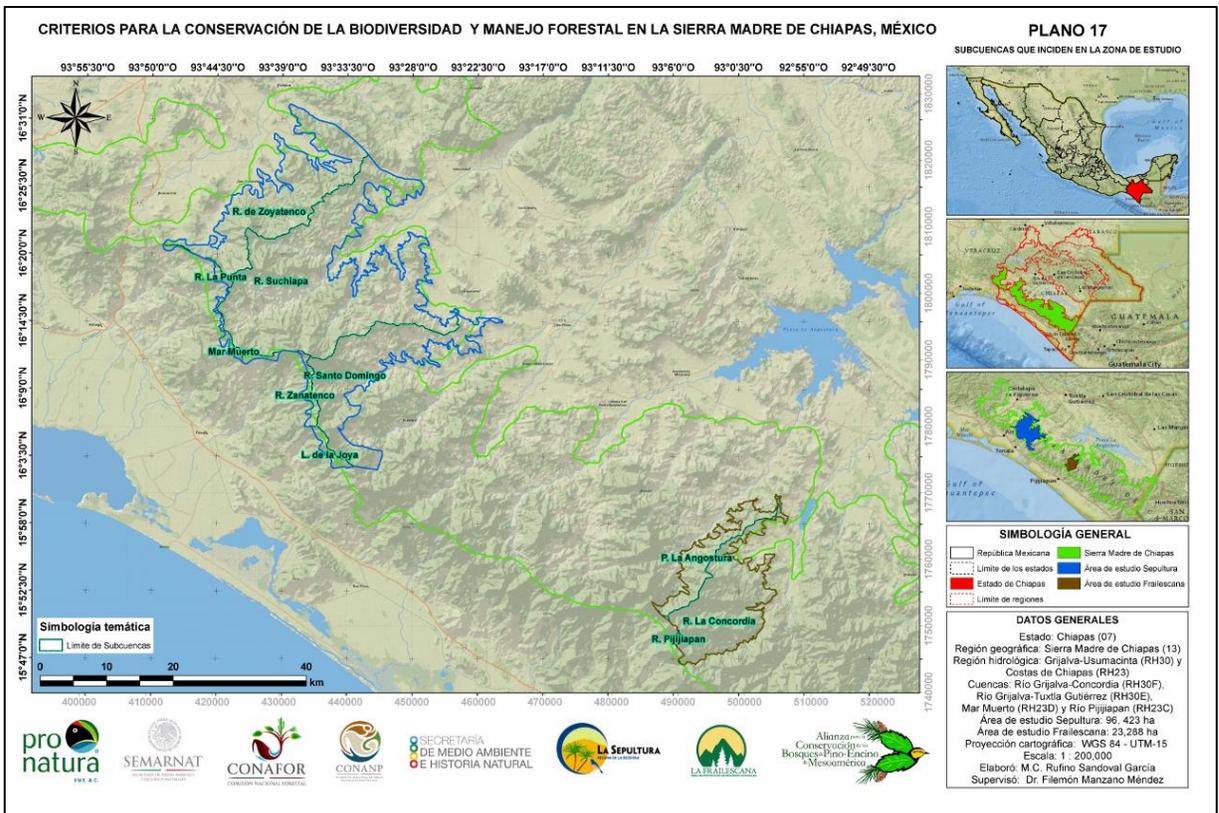


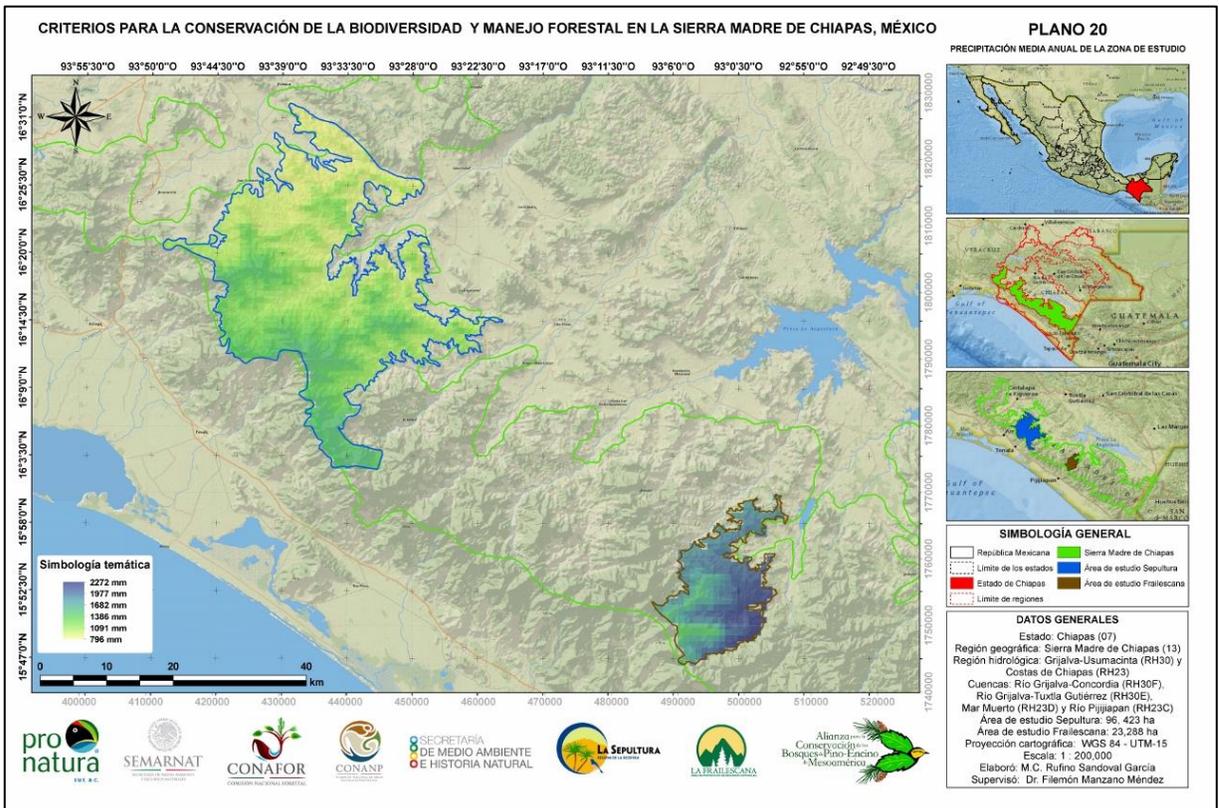
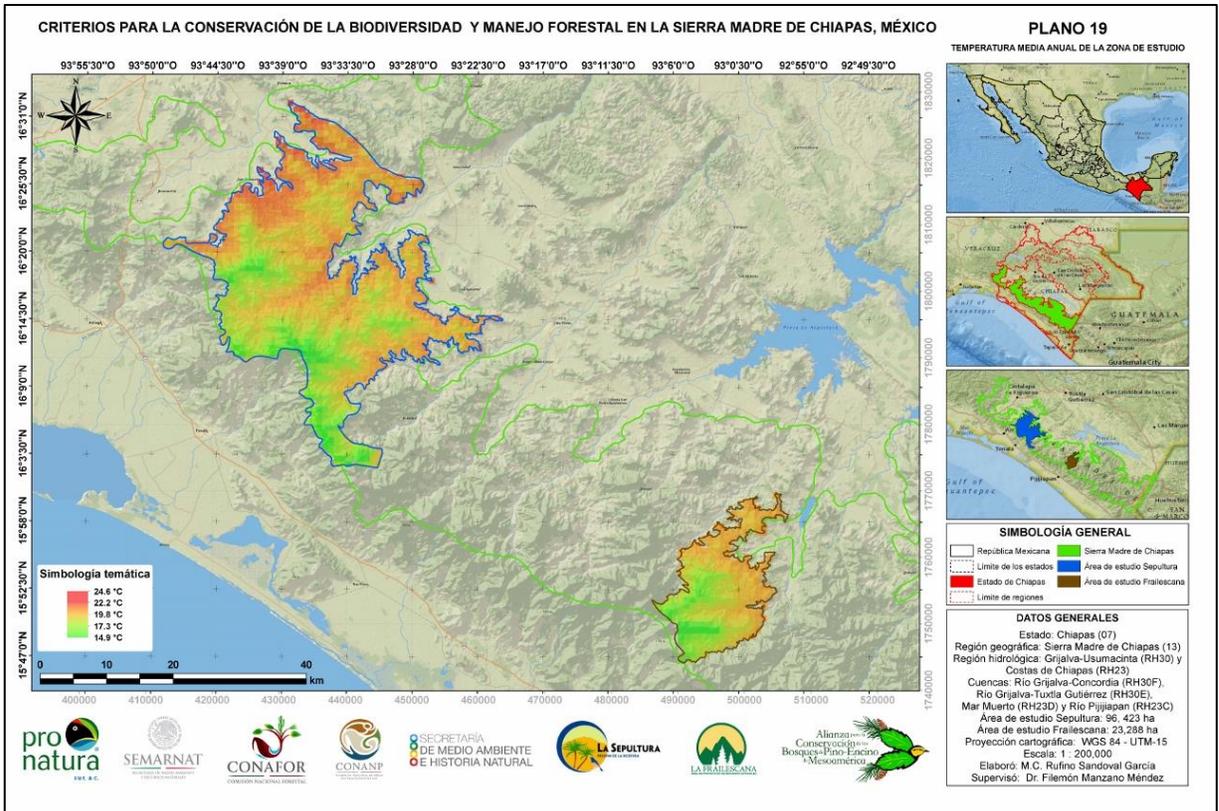


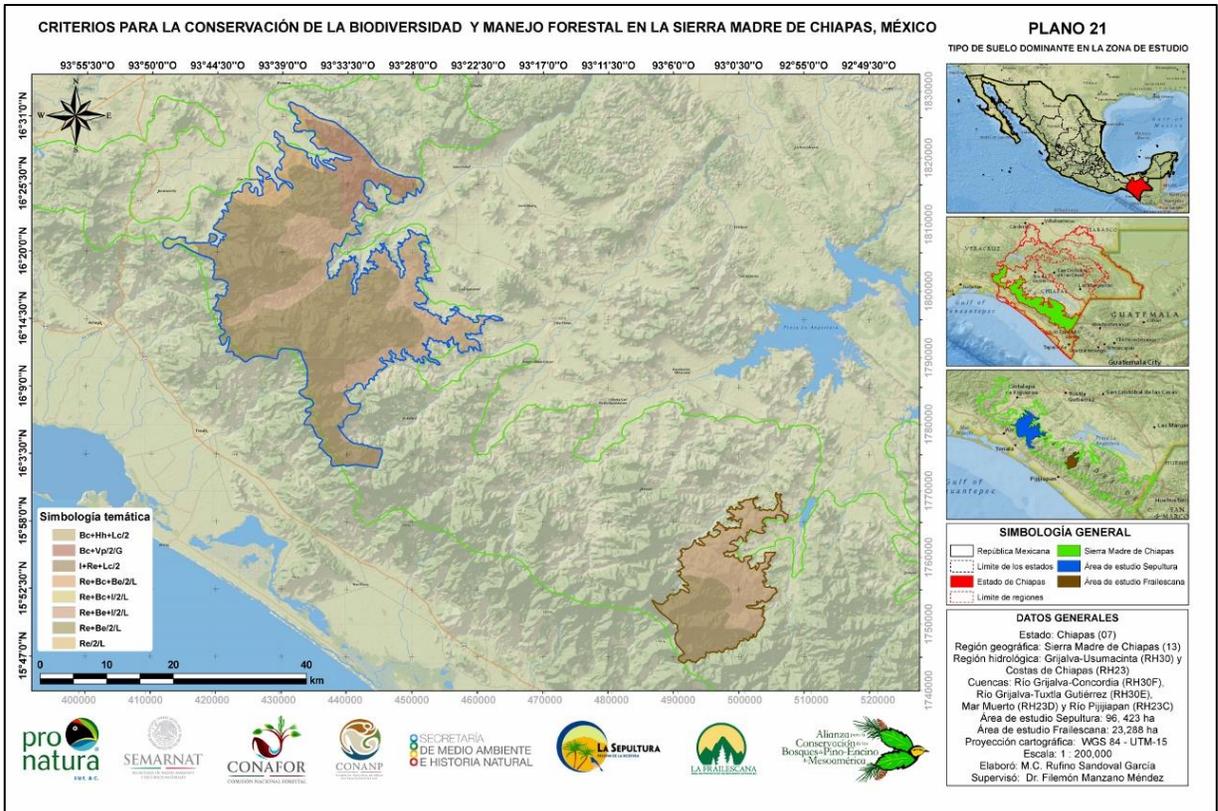








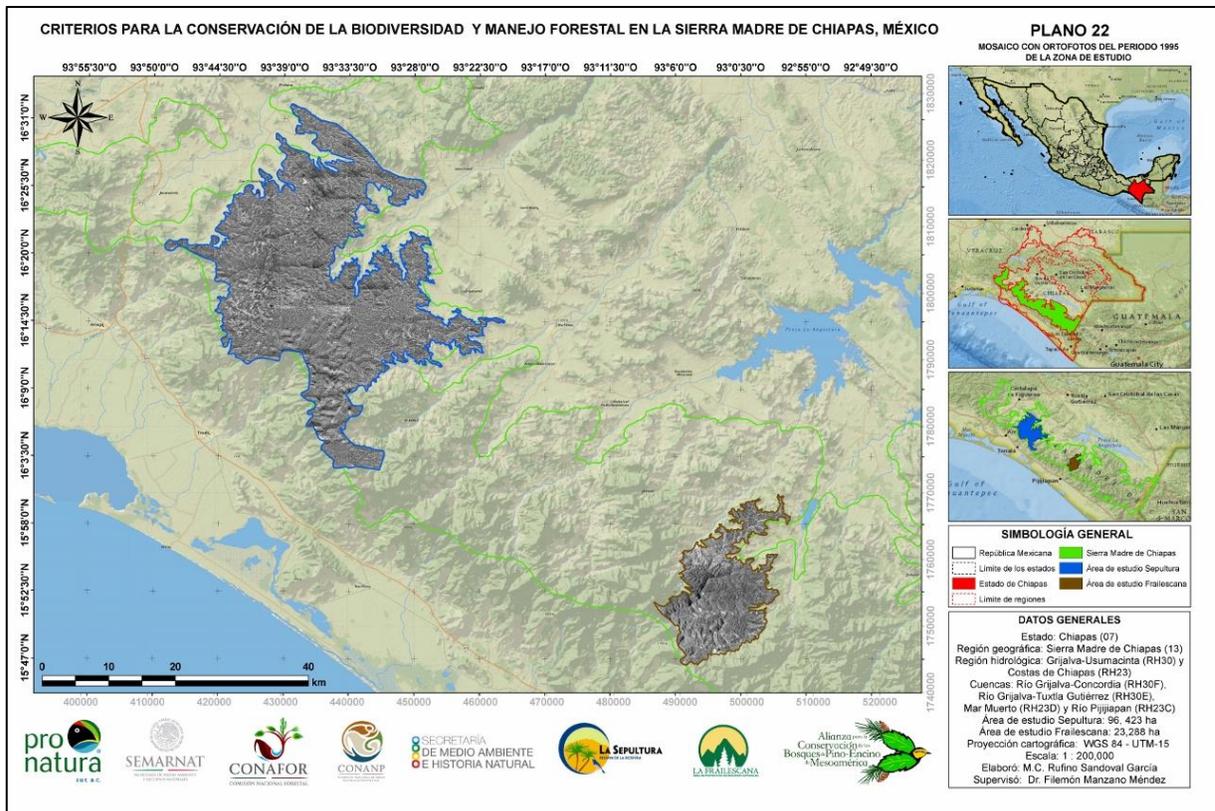




2.2. Análisis de cambio de uso del suelo

Se realizó la recopilación y procesamiento de fotografías aéreas escala 1:75,00 del periodo 1995 (INEGI). Para el área de estudio Sepultura, se utilizaron las ortofotos: e15c68d, e15c77c, e15c77e, e15c77f, e15c78a, e15c78b, e15c78d, e15c78e, e15c78f, e15c87c, e15c88a, e15c88b, e15c88c, e15c88d y e15c88e. En cuanto al área Fraileskana su utilizaron: e15d81d, d15b11a, d15b11d, d15a19c, d15a19e y d15a19f.

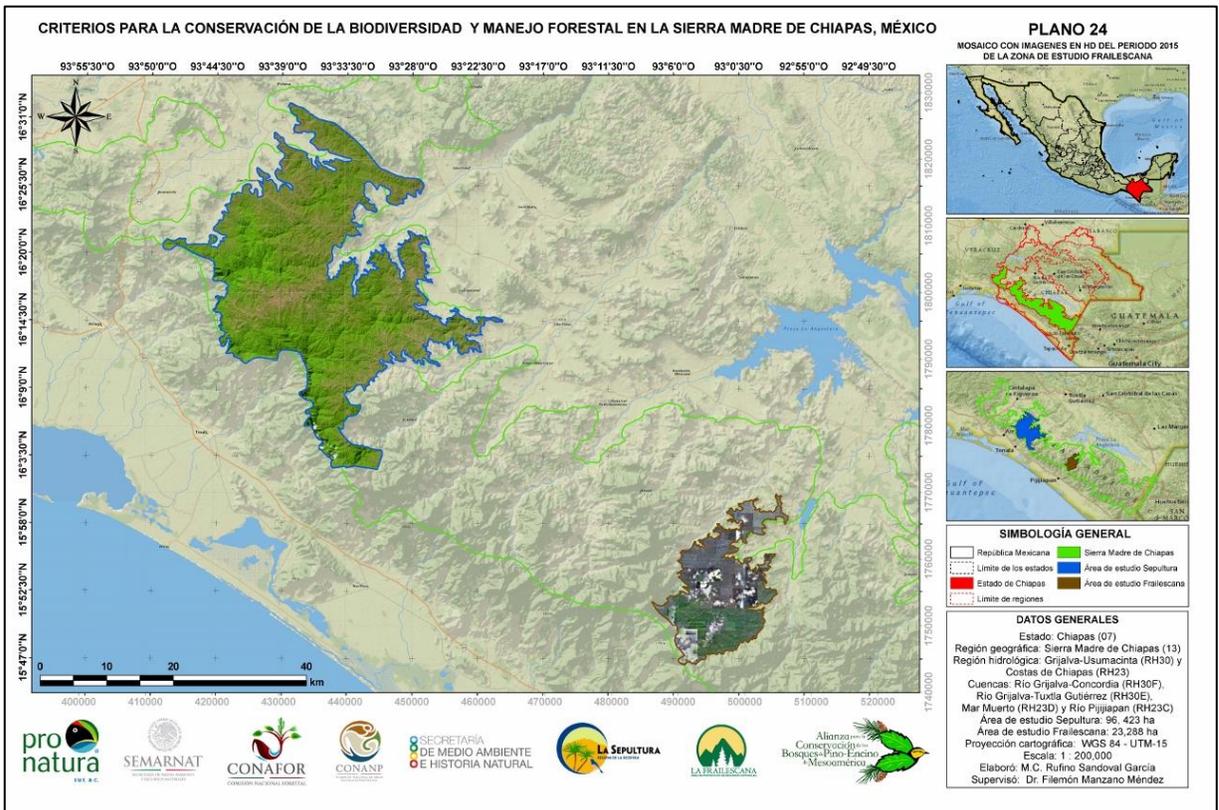
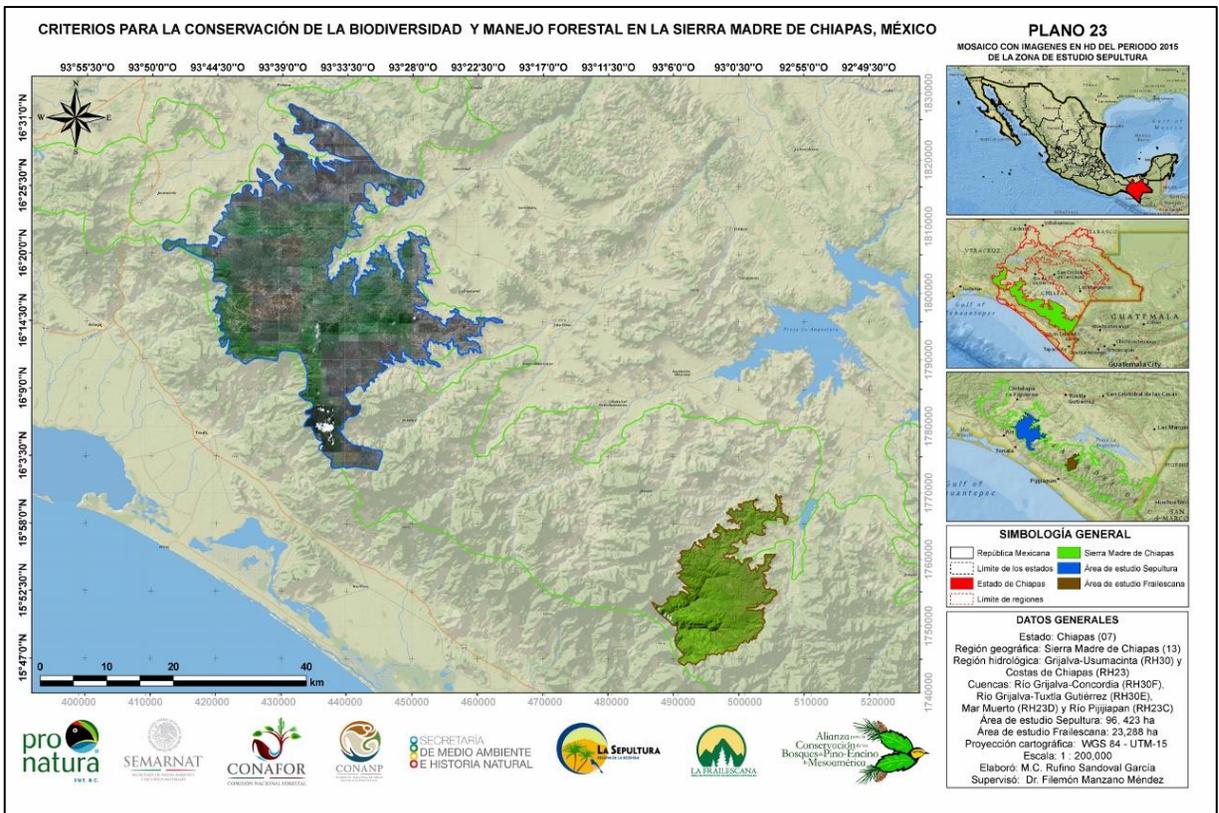
Se identificaron las categorías de cobertura a nivel de tipos de vegetación, presentes en la zona de estudio (bosque de pino, bosque de encino, bosque mesófilo de montaña, selva alta perennifolia, agricultura, ganadería, etc.).



Se descargaron y procesaron imágenes de alta resolución a una escala 1:4,000 del año 2015 (Quickbird), para generar los mosaicos, digitalizarlo y conocer los principales usos de suelo y superficies de los tipos de vegetación del periodo 2015, con la finalidad de obtener las pérdidas o ganancias de cobertura con respecto al año 1995 y determinar la tasa de cambio de uso de suelo por año.

El mosaico del área de estudio Sepultura se requirió de un total de 313 imágenes de alta resolución y para el área de estudio Fraileskana únicamente 224 imágenes. La descarga se realizó utilizando el software SAS Planet y la generación de mosaico se realizó en ArcGis 10.2 (Data management tools > raster > mosaic dataset > create mosaic dataset).

Se efectuaron verificaciones de campo en sitios con alta probabilidad de confusión, donde no se contó con registros recientes de la vegetación y en lugares de alta complejidad espectral.





En el año 1995 se observó una fuerte presión en los ecosistemas como consecuencia del cambio de uso del suelo con fines agrícolas y ganaderos; así como la afectación ocasionada por incendios forestales, plagas y aprovechamiento selectivo en bosques de pino y encino.

Con relación a las imágenes de alta resolución del periodo 2015, fue posible visualizar una recuperación de cobertura en los principales ecosistemas forestales de las zonas de estudio, debido a la disminución de nuevas áreas agropecuarias y al abandono de las áreas de baja producción; sin embargo, aun con la disminución de prácticas agrícolas de alto impacto como lo es la roza-tumba-quema y la ganadería en pendientes pronunciadas, es posible observar la apertura de nuevos claros, incendios forestales, plagas y enfermedades, que ponen en riesgo la integridad de los ecosistemas, motivo por el cual, es de suma importancia la suma esfuerzos entre los sectores involucrados en el manejo y conservación de la biodiversidad que albergan los ecosistemas forestales.

3. MEJORES PRÁCTICAS DE MANEJO FORESTAL PARA CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD EN LA ZONA DE ESTUDIO

Las mejores prácticas de manejo son las estrategias que permiten incorporar criterios y directrices para la conservación de la biodiversidad, las cuales pueden fundamentarse en diferentes manuales y guías publicadas, dentro de los de mayor consulta en México se encuentran las siguientes:

- a) Guía de buenas prácticas: gestión forestal sostenible, biodiversidad y medios de vida (Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica, 2009).
- b) Directrices OIMT/UICN para la conservación y utilización sostenible de la biodiversidad en los bosques tropicales productores de madera (OIMT-UICN 2009).
- c) Guía de buenas prácticas para cumplir con los requisitos de certificación FSC sobre biodiversidad y Bosques con Alto Valor de Conservación en bosques manejados a pequeña escala y de baja intensidad (FSC, 2009).
- d) Manual de mejores prácticas de manejo forestal para la conservación de la biodiversidad (CONAFOR-PNUD, 2013).

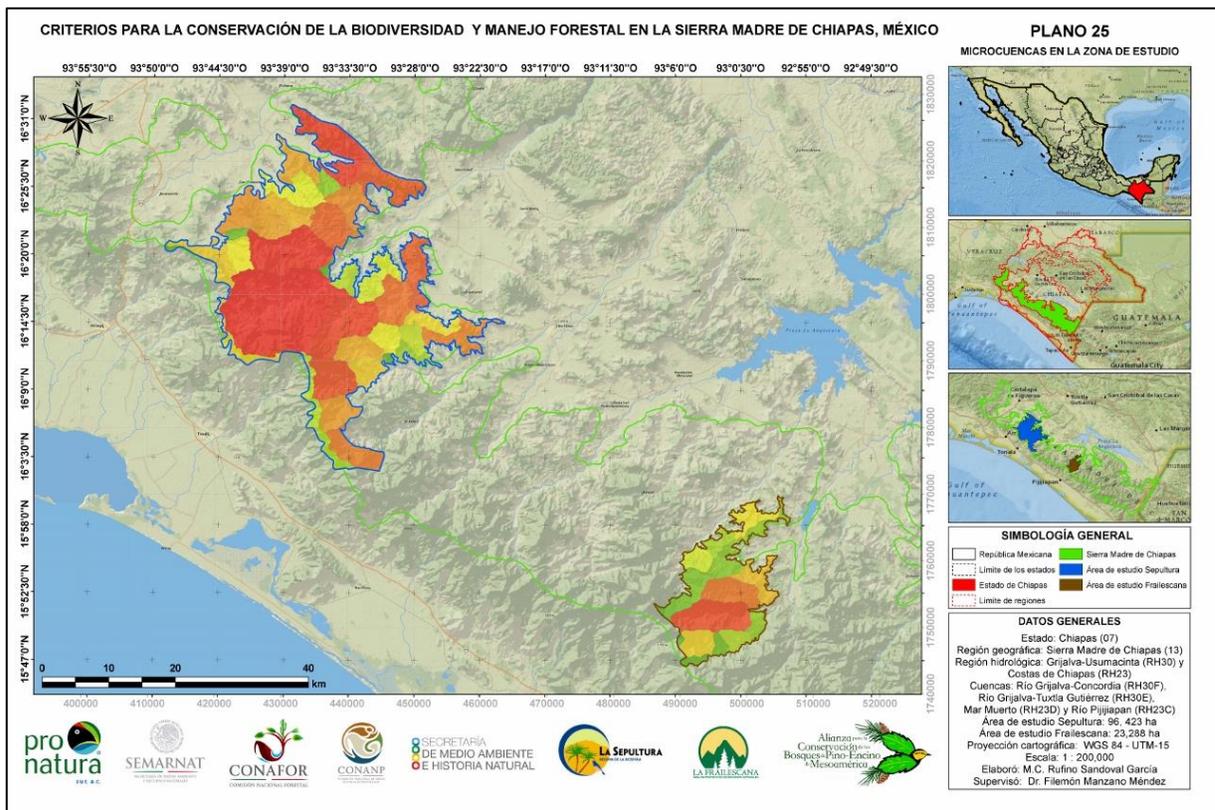
Para las zonas de estudio seleccionadas se identificaron prácticas de manejo forestal a nivel de paisaje (hábitats en las cabeceras de las cuencas, franjas protectoras de vegetación ribereña, conectividad del hábitat y manejo de zonas de recarga hídrica) que contribuirán a la conservación de los paisajes y ecosistemas dentro de los territorios de estudio.

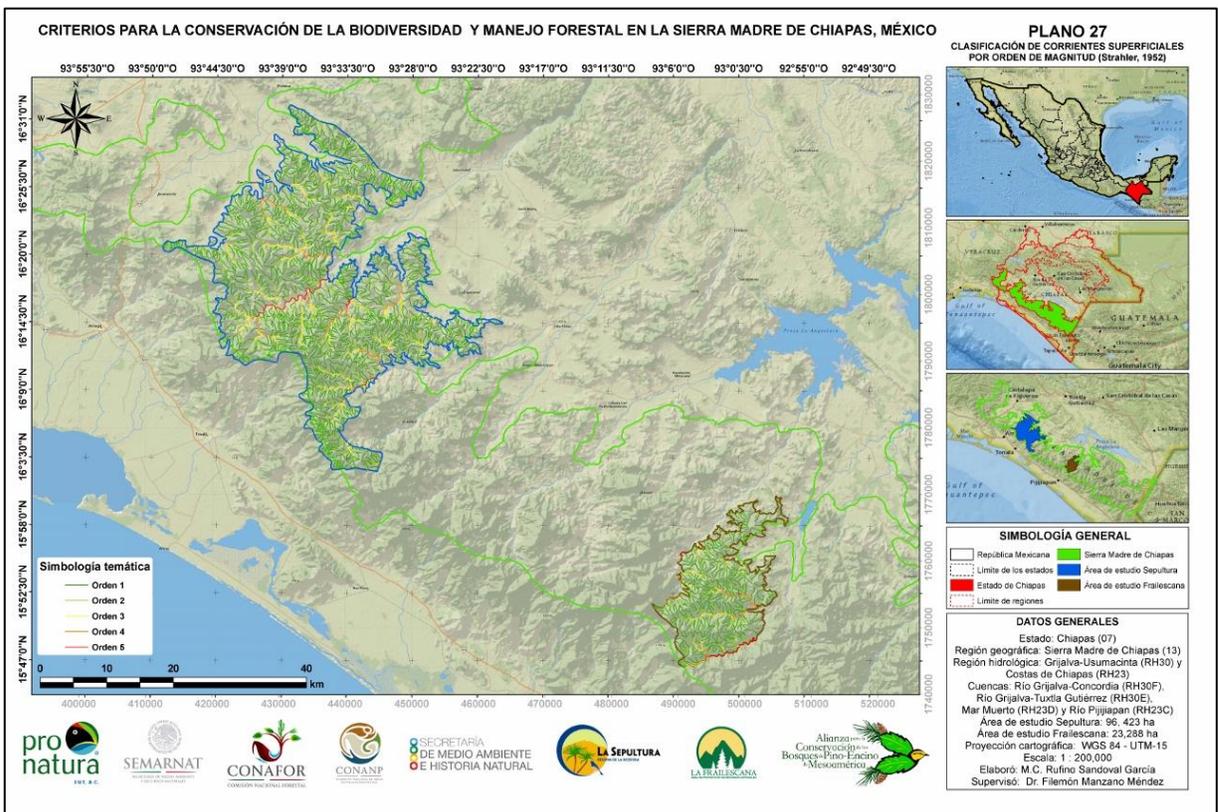
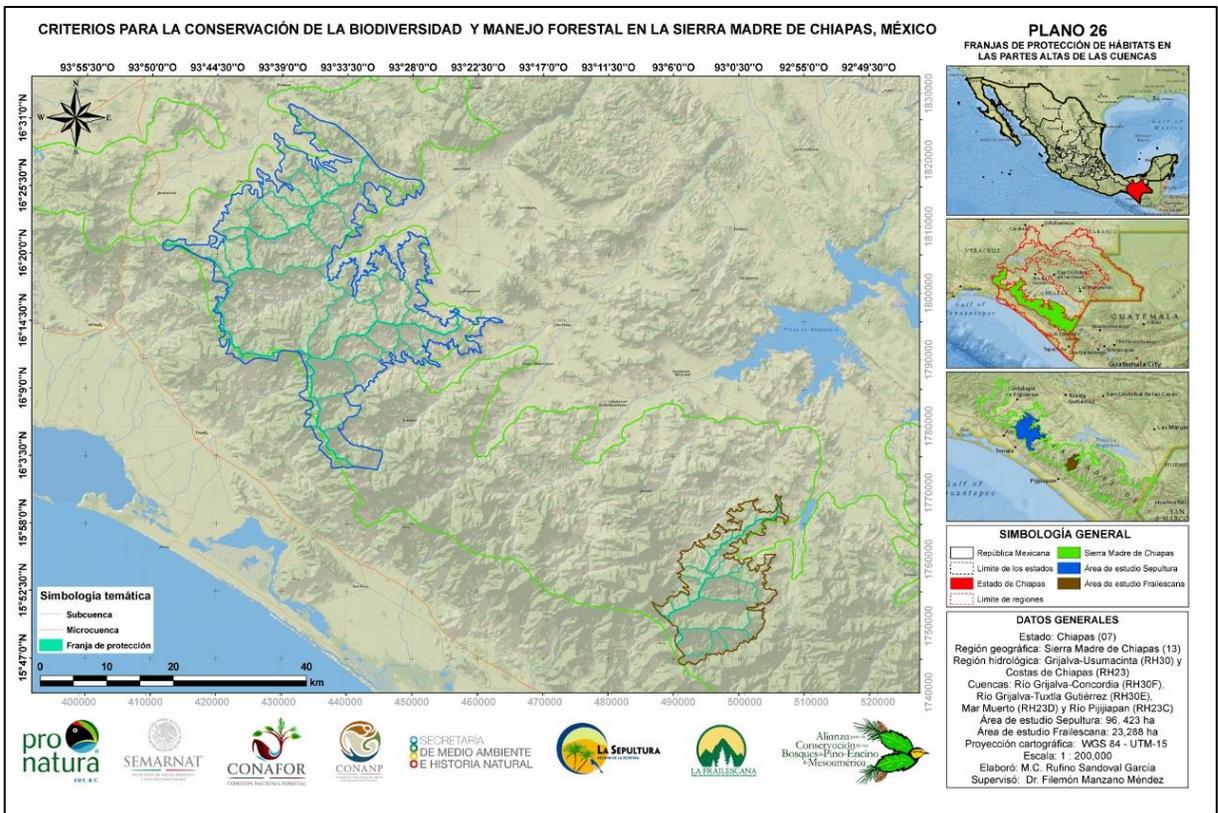
Mediante el modelo digital de elevación (DEM-INEGI) se delimitaron microcuencas a las cuales se les asignó una franja de amortiguamiento para protección de hábitats en las cabeceras de cuencas, considerando su nivel jerárquico (Spatial Analyst Tools > Hydrology > Basin).

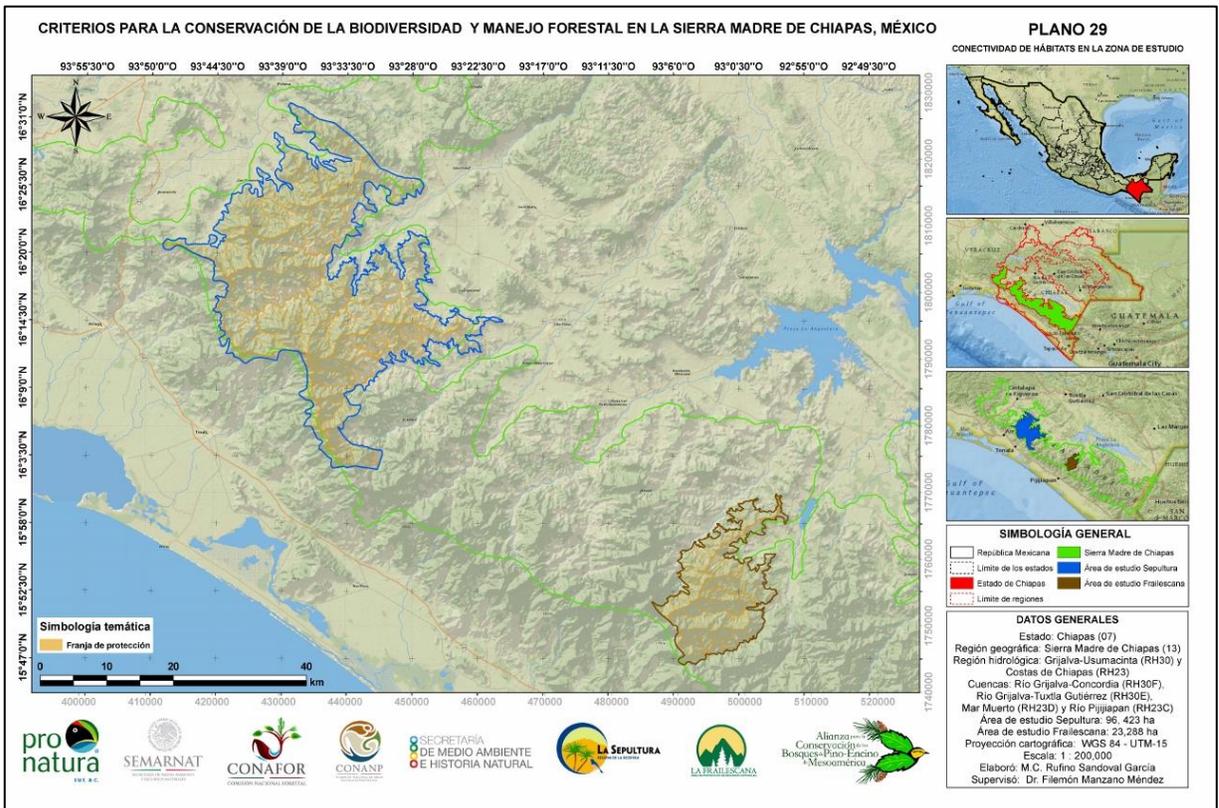
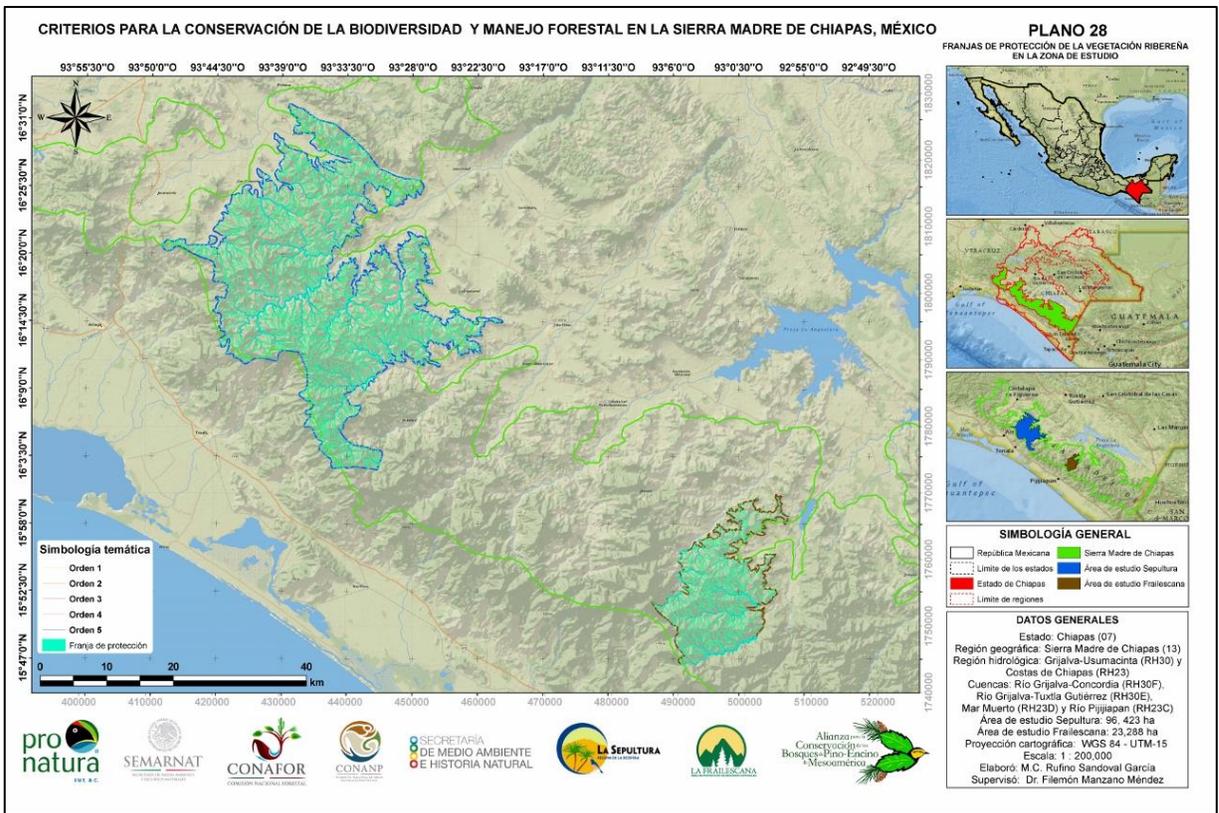
Las corrientes permanentes e intermitentes (SIATL-INEGI), fueron clasificadas en relación al orden de magnitud a la que corresponden, con la finalidad de asignarles una franja de conservación de la vegetación ribereña, con un mínimo de 20 m y un máximo de 100 m de cada lado (Analysis Tools > Proximity > Buffer).

Se determinaron las pendientes del terreno y se clasificaron en intervalos del 10% para identificar y segregar áreas superiores al 100% (Spatial Analyst Tools > Surface > Slope).

En la presente guía se recomiendan una serie de estrategias de mejores prácticas de manejo forestal para conservar la biodiversidad en tres niveles jerárquicos; a) prácticas a nivel de paisaje, b) prácticas a nivel de rodal y c) prácticas a nivel de sitio, las cuales se presentan en el capítulo 5.







4. ALTOS VALORES PARA LA CONSERVACIÓN EN LA ZONA DE ESTUDIO

Uno de los principios para asegurar el manejo forestal responsable es la identificación de atributos, sitios y áreas con categorías de Alto Valor de Conservación (AVC) en los bosques bajo manejo. Estos atributos son los componentes de los ecosistemas forestales cuya conservación es relevante según criterios ecológicos, culturales o económicos. En otras palabras, los AVC son componentes importantes de los bosques y necesitan ser conservados (PNUD, 2014).

4.1. AVC 1. Diversidad de especies

Mediante recorridos de campo, información bibliográfica consultada e identificación de las diferentes especies se generó un listado de especies de flora y fauna bajo alguna categoría de riesgo, endémicas, raras o prioritarias para la conservación tomando como base instrumentos nacionales e internacionales dentro de los que destacan: Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, listado de especies prioritarias para la conservación de la biodiversidad en México regulado por la Ley general de Vida Silvestre, Convención Internacional sobre el Comercio de Especies Amenazadas de Flora y Fauna (CITES) y Lista roja de especies amenazadas según la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN).

Cuadro 3. Especies en niveles de riesgo del área de estudio La Sepultura

Clasificación	Nombre científico	Nombre común	NOM-059-SEMARNAT-2010	UICN	CITES
Anfibios	<i>Craugastor rhodopis</i>	ranita hojarasquera		VU	
Anfibios	<i>Gastrophryne usta</i>	sapo boca angosta huasteca	Pr		
Anfibios	<i>Lithobates berlandieri</i>	rana Leopardo	Pr		
Anfibios	<i>Plectrohyla matudai</i>	rana Arborícola		VU	
Aves	<i>Catharus dryas</i>	mirlo pecho amarillo	A		
Aves	<i>Chlorospingus ophthalmicus</i>	chinchinero común	A		
Aves	<i>Chlorospingus ophthalmicus</i>	chinchinero de Los Tuxtlas	A		
Aves	<i>Chondrohierax uncinatus</i>	milano piquiganchudo	Pr		I, II, III
Aves	<i>Colinus virginianus</i>	codorniz cotuí nortaña		NT	
Aves	<i>Dendrocincla anabatina</i>	trepatroncos sepia	Pr		
Aves	<i>Lampornis viridipallens</i>	chupaflor gorjiescamoso	Pr		II
Aves	<i>Melanerpes formicivorus</i>	carpintero Arlequin	Pr		
Aves	<i>Myadestes occidentalis</i>	clarín jilguero	Pr		

Clasificación	Nombre científico	Nombre común	NOM-059-SEMARNAT-2010	UICN	CITES
Aves	<i>Penelopina nigra</i>	pajuil	P		
Aves	<i>Pionus senilis</i>	loro corona blanca	A		
Aves	<i>Setophaga chrysoparia</i>	chipe mejilla dorada	P	EN	
Cicadas	<i>Ceratozamia vovidesii</i>	cicadas	P		
Cicadas	<i>Ceratozamia mirandae</i>	cicadas	P		
Cicadas	<i>Ceratozamia matudae</i>	cicadas	P	EN	I, II
Cicadas	<i>Zamia herrerae</i>	cicadas	Pr	VU	II
Cicadas	<i>Dioon merolae</i>	espadaña	P	VU	II
Mamíferos	<i>Bassariscus sumichrasti</i>	cacomixtle tropical	Pr		III
Mamíferos	<i>Chrotopterus auritus</i>	vampiro falso lanudo	A		
Mamíferos	<i>Enchisthenes hartii</i>	murciélago con cola	Pr		
Mamíferos	<i>Glaucomys volans</i>	ardilla voladora del sur	A		
Mamíferos	<i>Herpailurus yagouaroundi</i>	jaguarundi	A		I, II
Mamíferos	<i>Leopardus pardalis</i>	tigrillo	P		I
Mamíferos	<i>Leopardus wiedii</i>	ocelote	P	NT	I
Mamíferos	<i>Leptonycteris curasoae</i>	murciélago curazao	A		
Mamíferos	<i>Odocoileus virginianus</i>	venado cola blanca			III
Mamíferos	<i>Panthera onca</i>	jaguar	P	NT	I
Mamíferos	<i>Potos flavus</i>	mico de noche	Pr		
Mamíferos	<i>Tapirus bairdii</i>	tapir Centroamericano	P	EN	I
Mamíferos	<i>Tayassu pecari</i>	pecarí de labios blancos		NT	II
Mamíferos	<i>Tayassu tajacu</i>	pecarí de collar			I
Mamíferos	<i>Trachops cirrhosus</i>	murciélago labio verrugoso	A		
Orquídeas	<i>Cattleya skinneri</i>	candelaria cattleya	A		I, II
Orquídeas	<i>Coelia densiflora</i>	orquídea terrestre	Pr		
Orquídeas	<i>Encyclia tuerckheimii</i>	encyclia de tuerckheimii	Pr		II
Orquídeas	<i>Epidendrum incomptoides</i>	orquídea	Pr		II
Orquídeas	<i>Oncidium incurvum</i>	oncidium violeta	A		II
Orquídeas	<i>Oncidium leucochilum</i>	oncidium de labio blanco	A		II
Orquídeas	<i>Rhynchosstele cordata</i>	odontoglossum acorazonado	A		II
Palmas	<i>Chamaedorea glaucifolia</i>	camedor despeinado	P		
Palmas	<i>Chamaedorea nubium</i>	camedor junco	A		
Palmas	<i>Chamaedorea pinnatifrons</i>	tepejilote cimarrón	A		
Palmas	<i>Chamaedorea quezalteca</i>	camedor chicuilote	A		
Palmas	<i>Chamaedorea sartorii</i>	tepejilote chapanillo	A		
Palmas	<i>Chamaedorea woodsoniana</i>	tepejilote pacaya grande	A		
Palmas	<i>Geonoma membranacea</i>	palma	A		
Palmas	<i>Geonoma oxycarpa</i>	palma pujai	A		
Reptiles	<i>Anolis matudai</i>	abaniquillo de matuda	A		
Reptiles	<i>Ctenosaura acanthura</i>	iguana Rayada	Pr		
Reptiles	<i>Salvadora lemniscata</i>	culebra parchada del pacífico	Pr		

Dónde: NOM-059-SEMARNAT-2010 (A: Amenazada, P: En peligro de extinción, Pr: Sujetas a protección especial); UICN (EN: En peligro, VU: Vulnerable, NT: Cercanamente amenazada); CITES (Apéndice I, Apéndice II, Apéndice III).

Para el área de estudio La Sepultura, se encontraron datos de un total de 54 especies; de las cuales 15 son mamíferos, 12 aves, 4 anfibios, 3 reptiles, 8 palmas, 7 orquídeas y 5 cicadas.

Cuadro 4. Especies en niveles de riesgo del área de estudio La Frailescana

Clasificación	Nombre científico	Nombre común	NOM-059-SEMARNAT-2010	UICN	CITES
Aves	<i>Setophaga chrysoparia</i>	chipe mejilla dorada	P	EN	
Mamíferos	<i>Bassariscus sumichrasti</i>	cacomixtle	Pr		III
Mamíferos	<i>Leopardus pardalis</i>	tigrillo	P		I
Mamíferos	<i>Tylomys tumbalensis</i>	rata trepadora de tumbalá	Pr	CR	
Mamíferos	<i>Enchisthenes hartii</i>	murciélago con cola	Pr		
Mamíferos	<i>Potos flavus</i>	mico de noche, kinkajou	Pr		III
Mamíferos	<i>Sorex veraepacis subsp. chiapensis</i>	musaraña de verapaz	A		
Orquídeas	<i>Rhynchostele rossii</i>	odontoglossum de ross	A		II
Orquídeas	<i>Oncidium incurvum</i>	oncidium violeta	A		II
Orquídeas	<i>Cattleya skinneri</i>	cattleya Candelaria, guaria morada	A		I, II
Orquídeas	<i>Cypripedium irapeanum</i>	flor de pelicano	A		II
Palmas	<i>Chamaedorea graminifolia</i>	palma fina	A		
Palmas	<i>Chamaedorea nubium</i>	camedor junco	A		
Palmas	<i>Chamaedorea pinnatifrons</i>	tepejilote cimarrón	A		
Palmas	<i>Chamaedorea quezalteca</i>	camedor chicuilote	A		
Cicadas	<i>Ceratozamia vovidesii</i>	cicadas	P		
Cicadas	<i>Ceratozamia mirandae</i>	cicadas	P		
Cicadas	<i>Ceratozamia matudae</i>	cicadas	P	EN	I, II

Dónde: NOM-059-SEMARNAT-2010 (A: Amenazada, P: En peligro de extinción, Pr: Sujetas a protección especial); UICN (EN: En peligro, CR: En peligro crítico); CITES (Apéndice I, Apéndice II, Apéndice III).

Para el área de estudio La Frailescana, se encontró un total de 18 especies; de las cuales 6 corresponden a mamíferos, un ave, 4 palmas, 4 orquídeas y 3 cicadas.

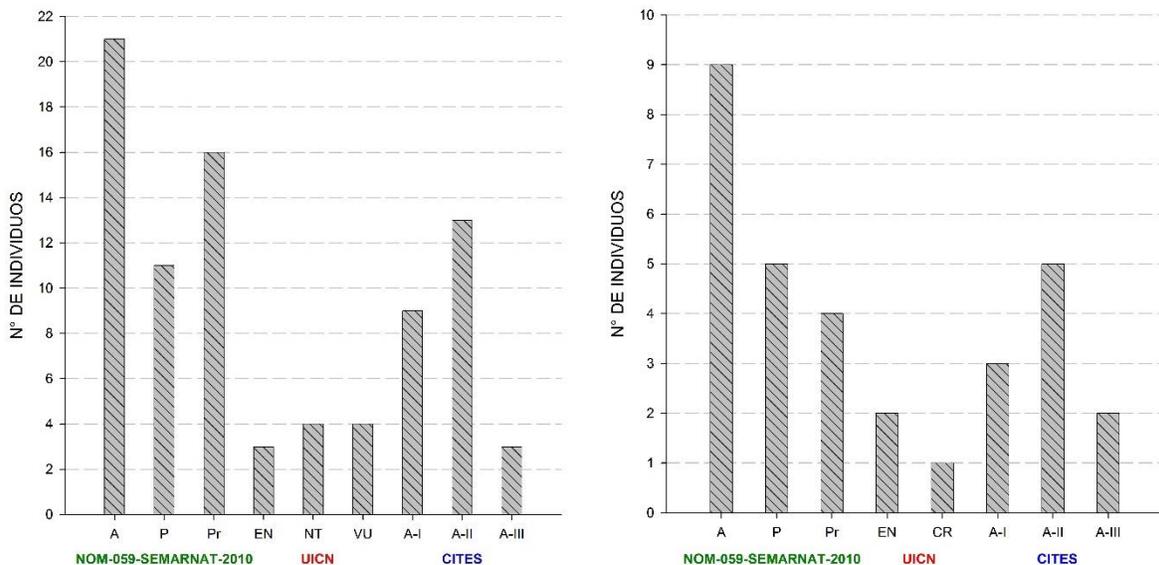


Figura 1. Especies en niveles de riesgo de las áreas de estudio La Sepultura y La Frailescana.

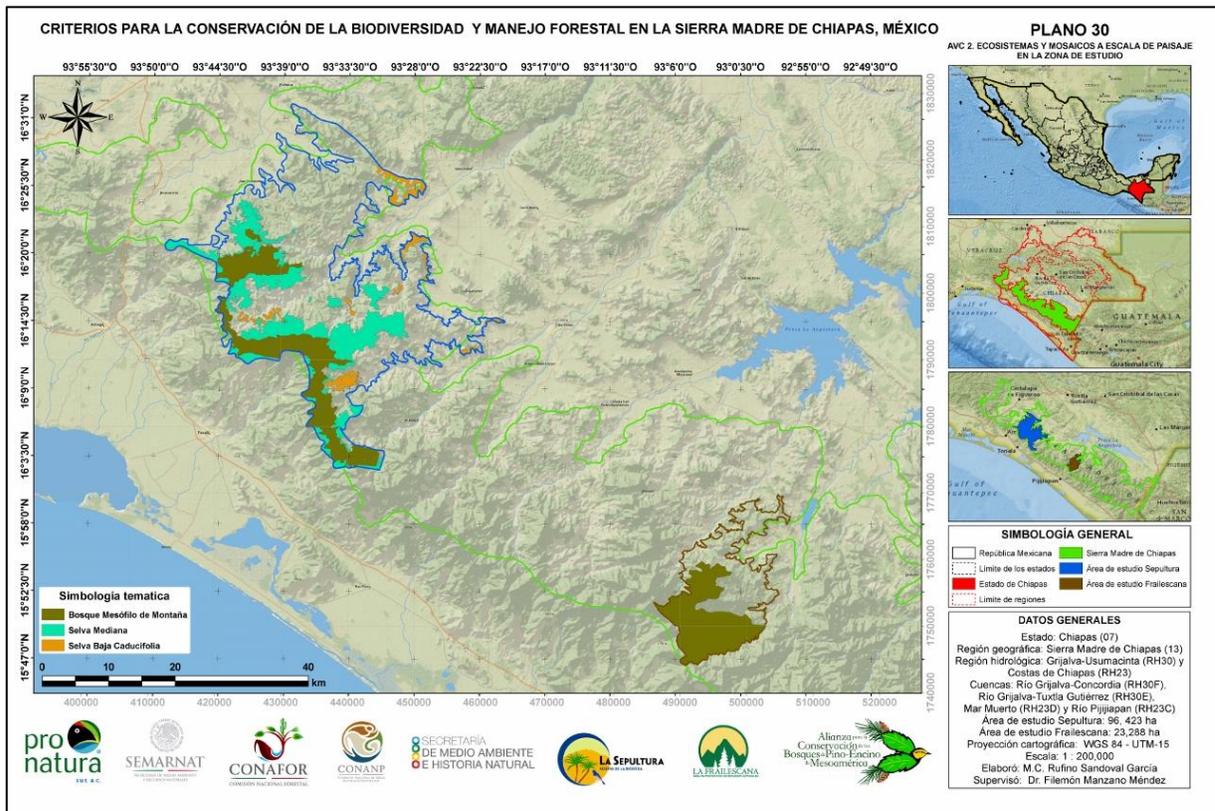
Cuadro 5. Estrategias de manejo y monitoreo para especies en niveles de riesgo

Agrupación biológica	Descripción biológica y ecológica	Estrategia de manejo	Monitoreo
<i>Craugastor rhodopis</i> <i>Lithobates berlandieri</i> <i>Plectrohyla matudai</i>	Ranas: Son ágiles, de cuerpo esbelto y estilizado. Poseen unas patas largas y adaptadas para efectuar saltos precisos y rápidos. Son de hábitos más acuáticos.	Mantener zonas de alta humedad, árboles muertos caídos, cobertura del suelo con hojarasca de encinos.	Avistamiento y captura: La mayoría de las especies de anfibios muestran actividad máxima después de la puesta del sol y su búsqueda durante las horas de luz resulta a menudo poco productiva. Al depender los anfibios de ambientes húmedos, muchas especies de ranas, sapos y salamandras viven asociados a cuerpos de agua, permanentes y temporales, donde pueden ser observados y capturados.
<i>Gastrophryne usta</i>	Sapos: Robustos y pesados. Tienen una piel rugosa y áspera. Se desplazan caminando o en saltos de pequeña envergadura. Son de hábitos más terrestres.	Mantener cobertura del sotobosque, árboles muertos caídos.	
<i>Anolis matudai</i> <i>Ctenosaura acanthura</i>	Lagartos: Son vertebrados terrestres, con el cuerpo generalmente cubierto de escamas. La mayor parte de los reptiles son carnívoros y poseen un tracto digestivo sencillo y corto, ya que la carne es bastante simple de descomponer y digerir.	Mantener claros en el bosque, áreas rocosas y árboles muertos en pie o caídos.	El avistamiento de los reptiles varía marcadamente con la temperatura ambiental, ya que de ésta depende su temperatura corporal, por lo que es recomendable efectuar conteos de estos organismos durante periodos estandarizados en condición climática y en tiempo.
<i>Salvadora lemniscata</i>	Serpiente: Se caracteriza por presentar un cuerpo alargado y cilíndrico; no tiene extremidades, y tienen un esqueleto óseo muy flexible. Esta especie vive en bosques secos y pastizales.	Mantener claros en el bosque, áreas rocosas y árboles muertos en pie o caídos.	
<i>Catharus dryas</i> <i>Chlorospingus ophthalmicus</i> <i>Pionus senilis</i>	Aves frugívoras: Se alimentan principalmente de insectos y otros artrópodos, que cazan entre el follaje de árboles y arbustos o entre la vegetación epífita. Son también frugívoras, incluyendo en su dieta pequeños frutos. Suele alimentarse en grupos e incluso formar grupos alimenticios con otras especies. Buscan alimento en el sotobosque o en el suelo del bosque.	Mantener una mezcla de especies en los sotobosques	Puntos de conteo: El objetivo es contar a los individuos una sola vez. Este método puede usarse para estudiar cambios anuales en las poblaciones de aves en puntos fijos de radio variable, las diferencias en la composición de especies entre hábitats y la abundancia de diferentes especies en un lugar específico. Los puntos de conteo requieren que un observador permanezca fijo en un lugar durante un tiempo determinado y que registre toda ave detectada ya sea visualmente o auditivamente.
<i>Dendrocincla anabatina</i> <i>Myadestes occidentalis</i> <i>Setophaga chrysoparia</i>	Aves paseriformes: Su hábitat incluye bosque húmedo y de crecimiento secundario avanzado y en áreas parcialmente despejadas.	Mantener diferentes estados sucesionales del bosque.	
<i>Lampornis viridipallens</i>	Aves apodiformes: Se caracterizan por el pequeño tamaño de sus patas.	Mantener mezcla de especies de flora.	Trayectos de línea: Este método consiste en caminar lentamente uno o varios trayectos o líneas de determinada longitud a través de uno o varios hábitats. Es importante que el observador atraviese el trayecto a una velocidad determinada, generalmente a 1 km/h.
<i>Colinus virginianus</i> <i>Penelopina nigra</i>	Aves galliformes: Les gustan las sabanas, pastizales y campos cultivados con alguna espesura densa cercana. No entran en los bosques. Anidan desde abril a julio. Hacen el nido con pajas en una depresión del suelo que esté protegida por arbustos. La puesta es de 10 a 18 huevos blancos que miden 3,2 cm de alto por 2,5 cm de ancho.	Mantener una mezcla de especies en los sotobosques, ya que estas especies requieren de estas condiciones para su sobrevivencia.	Mapeo de territorios: Este método de censo, se basa en la conducta territorial de las aves, y consiste en marcar sobre un mapa la posición de las aves observadas en visitas consecutivas a la parcela o área de estudio a lo largo de la estación reproductiva. El objetivo es determinar el número de territorios y estimar la densidad de las distintas especies en el área.
<i>Melanerpes formicivorus</i>	Pájaro carpintero: Anida en árboles o ramas muertas, en grandes cavidades excavadas en pareja.	Mantener árboles muertos de grandes dimensiones	
<i>Chondrohierax uncinatus</i>	Aves rapaces: aves que cuentan con una gran visión, que sirve para encontrar alimentos, garras fuertes para agarrar presas, y un fuerte pico curvado para desgarrar la carne. Requieren de claros para su	Mantener árboles vivos o muertos con ramificación para percheo	

Agrupación biológica	Descripción biológica y ecológica	Estrategia de manejo	Monitoreo
	alimentación.		
<i>Chrotopterus auritus</i>	Murciélagos carnívoros: Se presentan usualmente en selvas altas perennifolias, ocasionalmente en bosques deciduos y acahuales.	Mantener árboles con cavidades en el fuste.	Captura con redes de niebla: La captura con redes puede usarse para determinar la proporción de sexos, la proporción de juveniles, la productividad y evaluar la sobrevivencia de la población. Las redes son más efectivas y eficientes en áreas sin viento, en donde los niveles de iluminación sean bajos y de preferencia donde la altura máxima de la vegetación sea igual o apenas superior a la altura de la red.
<i>Enchisthenes hartii</i> <i>Leptonycteris curasoae</i>	Murciélagos frugívoros: Polinizan las plantas de las que se alimenta lo cual da variabilidad genética a plantas.	Mantener árboles con cavidades en el fuste y una mezcla de especies de flora.	
<i>Trachops cirrhosus</i>	Murciélagos omnívoros: se alimentan principalmente de ranas, insectos, lagartijas y otros vertebrados pequeños.	Mantener árboles con cavidades en el fuste y una mezcla de especies de flora.	
<i>Bassariscus sumichrasti</i> <i>Odocoileus virginianus</i> <i>Tapirus bairdii</i> <i>Tayassu pecari</i>	Mamíferos frugívoros: Su dieta se compone principalmente de frutos, aunque ocasionalmente consume invertebrados y pequeños vertebrados. se le encuentra en el bosque mesófilo de montaña y en los bosques mixtos húmedos de pino-encino.	Mantener áreas con bosque mesófilo de montaña y de pino-encino en buen estado de conservación.	Muestreo por huellas: Las huellas son las impresiones de las extremidades de los animales, que son las estructuras anatómicas estrechamente ligadas a la adaptación de cada especie a su estilo de vida y a los ambientes asociados. Esto implica que en los individuos de una especie, manos y patas presentarán, salvo en casos excepcionales, características constantes, aun cuando haya ligeras variaciones individuales.
<i>Herpailurus yagouaroundi</i> <i>Leopardus pardalis</i> <i>Leopardus wiedii</i> <i>Panthera onca</i> <i>Potos flavus</i> <i>Tayassu tajacu</i>	Mamíferos carnívoros: Se alimenta de mamíferos medianos y pequeños como zarigüeyas, monos, murciélagos, conejos e incluso ciervos adultos y otros. Habita en zonas de tierras altas, matorrales, semideciduos, bosque húmedo, pastizales, generalmente cerca de una corriente de agua.	Mantener áreas con bosque mesófilo de montaña y de pino-encino en buen estado de conservación.	Muestreo por rastros: Excretas, senderos, madrigueras, sitios de descanso, marcas en las plantas o señales de alimentación.
<i>Glaucomys volans</i> <i>Tylomys tumbalensis</i> <i>Sorex veraepacis</i> var. <i>chiapensis</i>	Roedores: Habitan en bosque de pino templado y bosques mesófilos de montaña, asociados a vegetación baja y densa.	Mantener áreas con bosque mesófilo de montaña y de pino-encino en buen estado de conservación.	Fototrampeo: Es una de las mejores herramientas para evaluar presencia o ausencia de animales críticos y para hacer inventarios de vertebrados.
<i>Cattleya skinneri</i> <i>Coelia densiflora</i> <i>Encyclia tuerckheimii</i> <i>Epidendrum incomptoides</i> <i>Oncidium incurvum</i> <i>Oncidium leucochilum</i> <i>Rhynchostele cordata</i> <i>Rhynchostele rossii</i> <i>Cypripedium irapeanum</i>	Orquídeas: se distinguen por la complejidad de sus flores y por sus interacciones ecológicas con los agentes polinizadores y con los hongos con los que forman micorrizas.	Segregar rodales con alta distribución de orquídeas y reubicar las que se encuentren caídas por el sobrepeso de ramas secas.	Sitios permanentes de monitoreo: Son instrumentos que permiten seguir el crecimiento de la vegetación con el propósito de obtener información esencial para ser utilizada en el momento de tomar decisiones de manejo. Para rodales de bosques naturales el uso de sitios cuadrados es más apropiado.
<i>Chamaedorea glaucifolia</i> <i>Chamaedorea nubium</i> <i>Chamaedorea pinnatifrons</i> <i>Chamaedorea quezalteca</i> <i>Chamaedorea sartorii</i> <i>Chamaedorea woodsoniana</i> <i>Geonoma membranacea</i> <i>Geonoma oxycarpa</i>	Palmas: Sus flores surgen del tronco como brotes laterales y se abren en forma de racimos de pequeñas bolitas, sin pétalos ni un colorido especial.	Mantener diferentes estratos en el bosque con diferentes niveles de cobertura, para lo cual se debe realizar el manejo de la densidad arbórea.	Censos: en plantas arborescentes como las cícadas es posible realizar censos considerando sus diferentes estados de desarrollo para conocer la distribución poblacional.
<i>Ceratozamia vovidesii</i> <i>Ceratozamia mirandae</i> <i>Ceratozamia matudae</i> <i>Zamia herrerae</i> <i>Dioon merolae</i>	Cícadas: Son plantas de lento crecimiento que pueden vivir más de 2000 años. Pueden ser arborescentes y alcanzar hasta 10 m de altura o de tamaño pequeño. Tienen hojas grandes compuestas con pinnas.	Mantener diferentes estratos en el bosque. Realizar el manejo de la vegetación que se encuentre alrededor de las cícadas.	

4.2. AVC 2. Ecosistemas y mosaicos a escala de paisaje

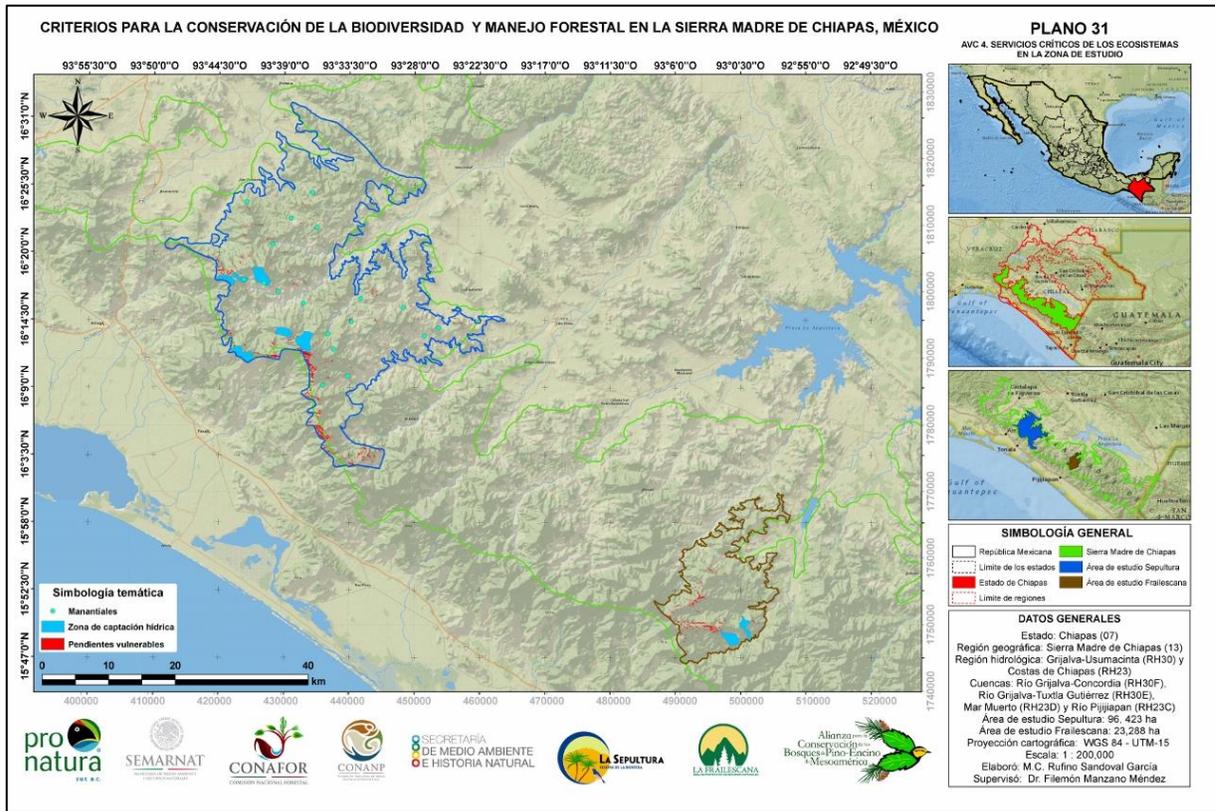
Ecosistemas y mosaicos de ecosistemas de gran tamaño a escala de paisaje, y que contienen poblaciones viables de la gran mayoría de las especies presentes de manera natural bajo patrones naturales de distribución y abundancia. (Las estrategias de manejo y monitoreo de ecosistemas y mosaicos a escala de paisaje se presentan en el capítulo 5).



4.3. AVC 4. Servicios críticos de los ecosistemas

Correspondiente a los servicios de los ecosistemas que son críticos para la sobrevivencia de las sociedades humanas, como protección de áreas de captación de aguas y laderas vulnerables. Se consideran en esta categoría las áreas que brindan ese servicio y el hecho de perderse pone en riesgo el bienestar, la salud o la

supervivencia de las comunidades locales. (Las estrategias de manejo y monitoreo de servicios críticos de los ecosistemas se presentan en el capítulo 5).



Los altos valores correspondientes a los AVC 3, AVC 5 y AVC 6 deben ser identificados a nivel predial en el momento de la elaboración de los programas de aprovechamiento maderable o no maderable, debido a que son difícil identificación a escala de paisaje. Como ejemplo de estos altos valores de conservación se pueden identificar remanentes de bosques de viejo crecimiento, fragmentos de bosque mesófilo de montaña distribuidos en cañadas, sitios de colecta de plantas medicinales, ornamentales o comestibles, así como de zonas de importancia cultural o religiosa.

5. ESTRATEGIAS DE MANEJO FORESTAL PARA LA CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD EN LA SIERRA MADRE DE CHIAPAS

5.1. Prácticas a nivel de paisaje



El paisaje es un recurso natural que posee valores estéticos, culturales y educativos, por lo cual se considera como la percepción de un sistema de relaciones ecológicas. Se conforma por componentes como: el relieve, estructura, composición, suelo, agua, clima, flora, fauna, así como actividades socioeconómicas e infraestructura desarrolla en ella (Muñoz-Pedrerros, 2004). En términos generales el paisaje se define como una parte de la superficie terrestre con una unidad de espacio que, por su imagen exterior y por la actuación conjunta de sus fenómenos, al igual que las relaciones de posiciones interiores y exteriores, tiene un carácter específico, y que se distingue de otros por fronteras geográficas y naturales (Troll, 1950).

El conocimiento e interpretación de la dinámica del paisaje mediante la descripción de sus componentes y el análisis de relaciones entre ellos nos permitirá una mayor valoración como recurso, así como tomar decisiones en cuanto a un manejo responsable para la conservación de los bienes, servicios y la biodiversidad (Etter, 1990); por lo tanto, a una escala de paisaje, el manejo de los ecosistemas forestales deberá considerar el tipo, tamaño y configuración de los rodales, debido a que los diferentes organismos que en ella habitan tienen diferentes capacidades de adaptación, lo cual implica que el manejo a este nivel debe alcanzar un equilibrio entre los diferentes componentes del ecosistema forestal, con la finalidad de proporcionar las condiciones óptimas para una amplia gama de especies y poblaciones presentes en el territorio, generando una dinámica sucesional y una serie de mosaicos forestales (Vargas, 2013).

5.1.1. Protección de los hábitats en las cabeceras de las cuencas



Una cuenca es una unidad del territorio cuya topografía hace que el agua drene hacia un punto común en su parte más baja. Las cuencas están delimitadas por parteaguas que concentran todos los escurrimientos originados por la precipitación o la condensación de la

neblina que fluyen hacia la parte baja. Desde la perspectiva socioecosistémica, una cuenca es un sistema complejo integrado por componentes abióticos, bióticos y humanos interactuando en un mismo tiempo y espacio (Aparicio, 1993).

Las áreas aledañas al parteaguas se les denominan zonas de captación o **cabeceras** en donde se presentan condiciones meteorológicas particulares, que propician la formación de hábitats óptimos para ciertas especies de flora y fauna específicas (PNUMA, 2002).



Las principales causas de deterioro de las partes altas de las de las cuencas son la deforestación con fines de agricultura y ganadería, la presencia de pendientes muy pronunciadas, la construcción de caminos mal diseñados y la presencia recurrente de incendios forestales. Situación que hace necesario definir prácticas forestales específicas para la realización de las actividades de manejo, de manera que se asegure una adecuada protección de las partes altas (Vargas, 2013). Una de las principales medidas para garantizar la conservación de estos hábitats de suma importancia ecológica es la delimitación de franjas de protección (Bragagnolo *et al.*, 1995).

De acuerdo a la Comisión Nacional de Agua, (2007) y la Ley de Aguas Nacionales (2016), las regiones hidrológicas se poseen los siguientes componentes:

- ❖ **Cuenca:** es una zona de la superficie terrestre en donde las gotas de lluvia que caen sobre ella tienden a ser drenadas por un sistema de corrientes hacia un mismo punto de salida.
- ❖ **Subcuenca:** es un conjunto de microcuencas que drenan a un solo cauce con caudal fluctuante pero permanente.
- ❖ **Microcuenca:** es una unidad física determinada por un parteaguas, en el cual toda el agua escurre hacia el fondo de un mismo valle, río o arroyo, presenta una red de drenaje con magnitud desde primero y segundo orden.
- ❖ **Quebrada:** es un área que desarrolla su drenaje directamente hacia la corriente principal de la microcuenca

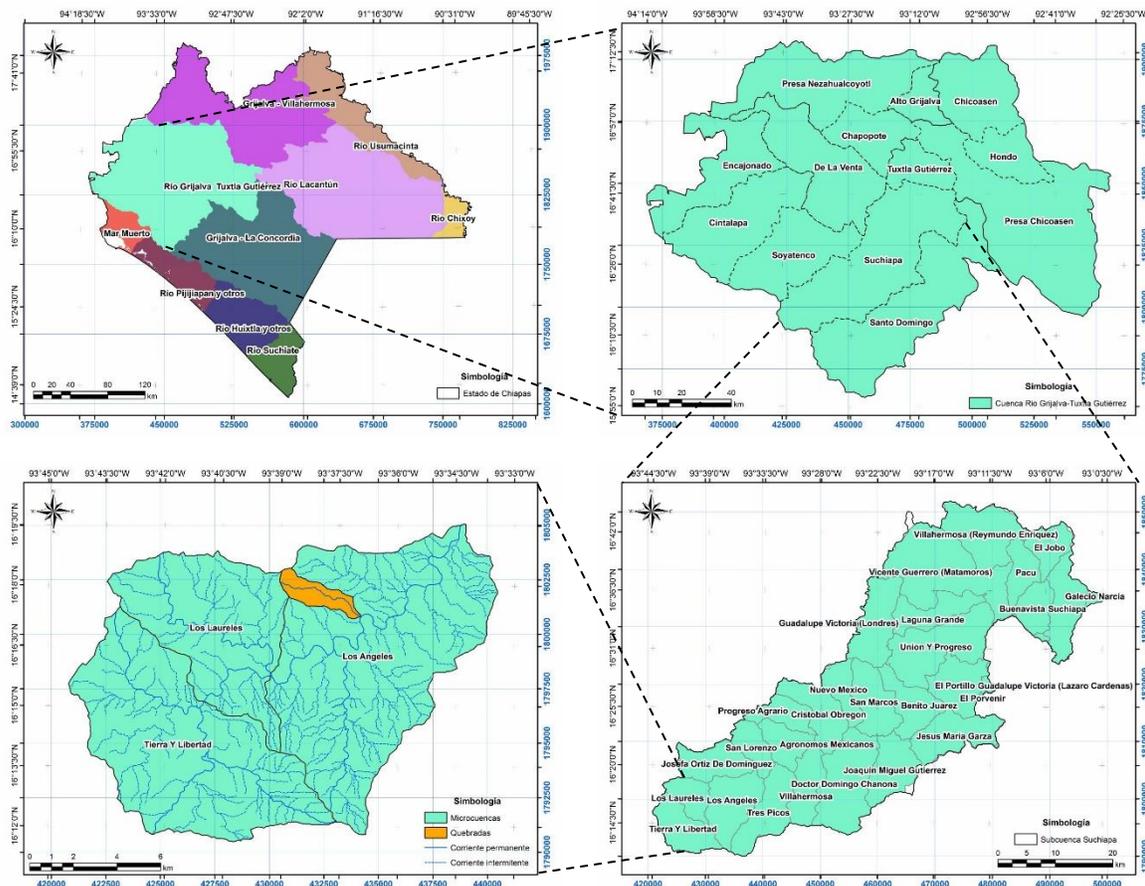


Figura 2. Representación de las cuencas, subcuencas, microcuencas y quebradas

5.1.1.1. Tamaño de la franja protectora del hábitat de las cabeceras

El tamaño mínimo de cada lado de las franjas protectoras del hábitat de las cabeceras de cuencas, estará en función del nivel jerárquico y de la magnitud de orden de las corrientes superficiales que confluyan en su interior. Esta clasificación permite homologar los criterios de asignación del tamaño mínimo de las franjas de protección de las partes altas y es adaptable a la superficie de los predios comunales, ejidales y particulares con programas de manejo forestal maderable.

Cuadro 6. Parámetros para determinar el tamaño de la franja de protección

Nivel jerárquico	Protección (m)	Magnitud	Protección (m)
Quebrada	25	Orden 1	20
Microcuenca	50	Orden 2	40
Subcuenca	75	Orden 3	60
Cuenca	100	Orden 4	80
		Orden 5	100

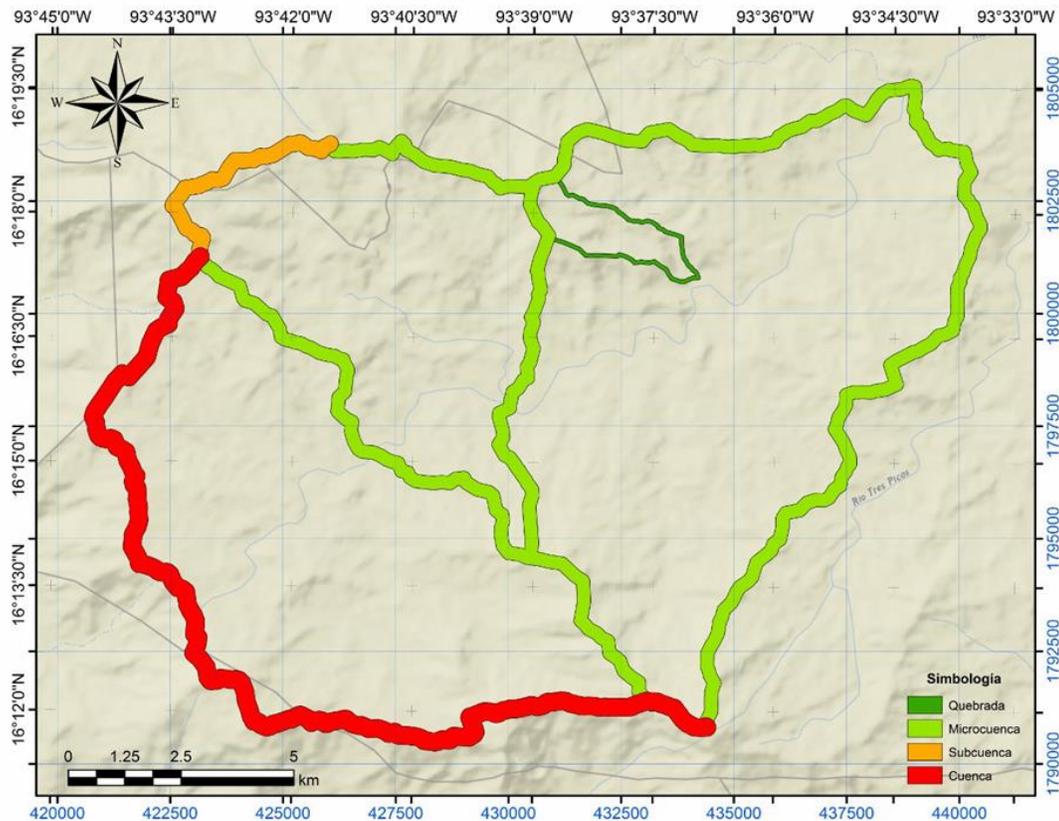


Figura 3. Franjas de protección de los hábitats de las cabeceras (ej. demostrativo)

Cuadro 7. Proceso para el manejo y protección del hábitat de las cabeceras

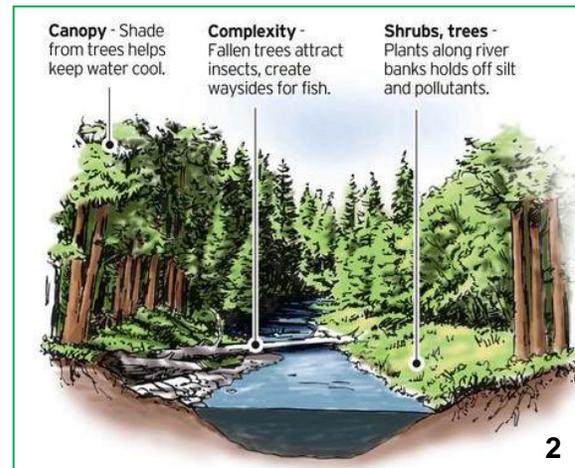
Actividad	Proceso de desarrollo
Caracterización	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Identificación de los niveles jerárquicos de las cabeceras que se distribuyan en los predios con programas de manejo forestal. ❖ Caracterización del grado de conservación. ❖ Determinación de las superficies fragmentadas en los hábitats de las cabeceras. ❖ Identificación de especies de flora con distribución de mayor preferencia en los hábitats de las cabeceras de cuencas. ❖ Identificación de especies de fauna que requieran de los hábitats de las cabeceras para su reproducción, alimentación y desplazamiento dentro de los ecosistemas forestales. ❖ Identificación de manantiales de captación y abasto en los hábitats de las cabeceras.
Manejo	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Delimitación de una franja de protección en función de nivel jerárquico y del orden de magnitud de las corrientes superficiales que se distribuyen de los límites de las cuencas. ❖ Calendarización de las zonas de mayor degradación para establecer estrategias de restauración como la reforestación y nucleación por lluvia de semillas o transposición de suelo. ❖ Realización de actividades de saneamiento de áreas afectadas por plagas y enfermedades en los hábitats de las cabeceras. ❖ Recolección de semillas de especies de que se distribuyen con mayor preferencia en los hábitats de las cabeceras. ❖ Incorporación al esquema de pago por servicios ambientales los hábitats de las cabeceras que se encuentren en buen estado de conservación y sin fragmentación.
Monitoreo	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Recorridos periódicos para identificar amenazas que pongan en riesgo la integridad del hábitat de las cabeceras. ❖ Realización de brechas cortafuego y control de combustible en los bordes de los hábitats de las cabeceras.

5.1.2. Protección de la vegetación ribereña



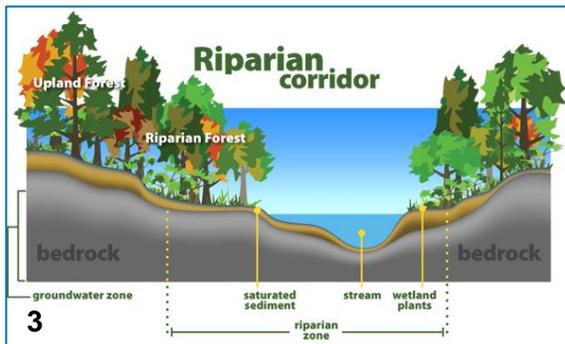
La vegetación ribereña es aquella que se localiza al margen de los ríos, lagos y otros humedales (Price & Lovett 2002). Estos ecosistemas desempeñan un papel particularmente importante, debido a que retienen parte del nitrógeno y el fósforo transportados por la escorrentía, regulan la temperatura y la luminosidad del agua, aumentan la estabilidad de las orillas y proporcionan cantidades importantes de madera y hojas muertas, los cuales reducen la velocidad de la corriente, frenan las crecidas y crean hábitats para muchas especies de plantas y animales (Granados *et al.*, 2006).

El mantener una franja de vegetación forestal al margen de los ríos, permiten recuperar la calidad de las aguas superficiales y ejercen un efecto positivo en el amortiguamiento de los impactos naturales y de aquellos derivados de las actividades antrópicas sobre los cuerpos de agua adyacentes (Möller, 2011).



También funcionan como corredores de animales con dispersión de grandes distancias. Estas áreas, tienen particular importancia puesto que, durante el invierno y el periodo más seco, muchas especies encuentran en ellas su sustento y protección (Granados *et al.*, 2006).

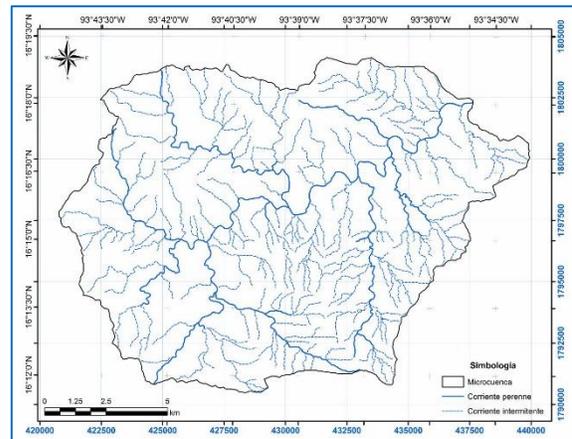
5.1.2.1. Tamaño mínimo de la franja protectora de la vegetación ribereña

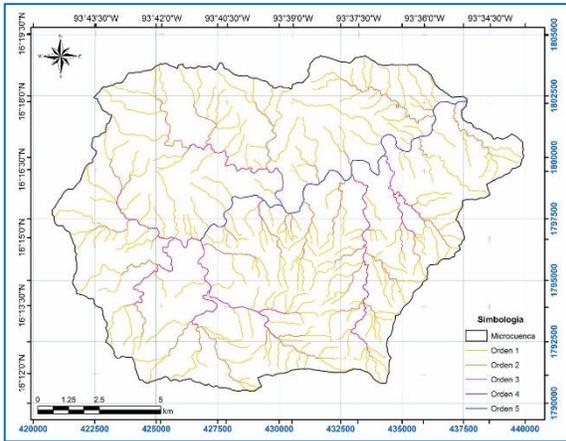


El tamaño de la franja protectora de la vegetación ribereña recomendado para ejercer un efecto de amortiguamiento, dependerá del tipo y la sensibilidad del hábitat acuático, de la función prevista de la franja (reducción de nutrientes, remoción de sedimentos, control de inundaciones, hábitat de peces y vida silvestre), de la fisiografía del lugar (tipo de suelo, pendiente) y del uso del suelo (Granados *et al.*, 2006).

Las funciones de las franjas ribereñas son inestimables, por lo tanto, es recomendable mantener un intervalo entre 100 a 300 m de ancho (Eichner, 2002). El tamaño de la franja debe asignarse en función de la pendiente, el grado de vulnerabilidad a la erosión del suelo, de los objetivos que se persiguen y de la normatividad vigente en materia de protección (Mcnaught *et al.*, 2003).

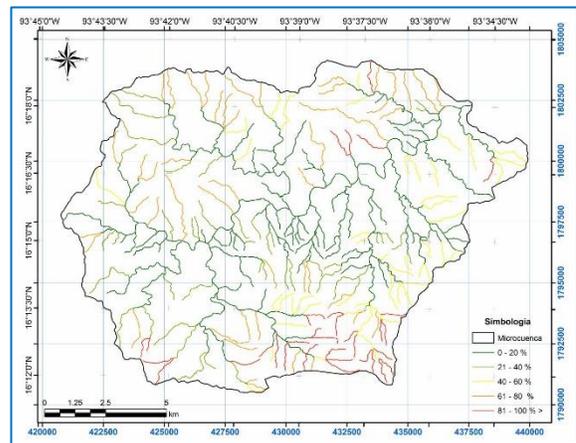
De acuerdo a la NOM-060-ECOL-1994 y la NOM-152-SEMARNAT-2006, la vegetación ribereña deberá ser conservada respetando su distribución natural en la orilla de los cuerpos de agua. Las franjas protectoras de las corrientes permanentes deberán tener como mínimo un ancho de 20 metros de cada lado, contados a partir de las orillas de los cauces naturales, para las corrientes de agua temporales, la franja de protección será de un mínimo de 10 metros de cada lado. Cuando este tipo de ecosistema presente signos de deterioro, su recuperación será mediante reforestación con especies nativas y manejo de suelo para lograr su estabilidad.





Por su parte, Strahler (1964) estableció una clasificación para asignar el orden de magnitud de las corrientes, la cual establece que los más pequeños deben ser denominados de primer orden, cuando se unen dos de primer orden forman uno de segundo orden, cuando está a la vez se une con otra de orden dos, se forma una de tercer orden y así sucesivamente.

La NOM-060-ECOL-1994 y la NOM-152-SEMARNAT-2006 establecen que las superficies forestales que presenten un relieve accidentado con pendientes fuertes y suelos fácilmente erodables se evitarán las cortas a matarrasa o tratamientos silvícolas de alta intensidad. Se considera este criterio en la asignación del tamaño de



la franja de protección debido a la estrecha relación que existe entre la pendiente del terreno, la velocidad de los escurrimientos superficiales y los procesos de erosión.

La asignación del tamaño mínimo de franja protectora de vegetación ribereña, será resultado de la combinación de los tres criterios anteriores: condición de las corrientes (permanente y temporal), orden de magnitud y pendiente del terreno adyacente al margen de los cauces y cuerpos de agua.

Cuadro 8. Parámetros para determinar el tamaño de la franja de protección

Condición	Protección (m)	Magnitud	Protección (m)	Pendiente	Protección (m)
Intermitente	10	Orden 1	10	0 – 20 %	10
Permanente	20	Orden 2	20	21 – 40 %	20
		Orden 3	30	41 – 60 %	30
		Orden 4	40	61 – 80 %	40
		Orden 5	50	81 – 100 %	50

Mediante la combinación de los criterios se define un ancho mínimo de 30 m de cada lado del cauce, para una corriente intermitente de primer orden y con una pendiente en un intervalo de 0 a 20%, así como un ancho máximo de 120 m de protección en cada lado para una corriente permanente de quinto orden y en un intervalo de 81 a 100% de pendiente. La clasificación propuesta, permitirá asignar una franja protectora de vegetación ribereña que se adapte a las necesidades de los predios comunales, ejidales y particulares con programa de manejo forestal¹.

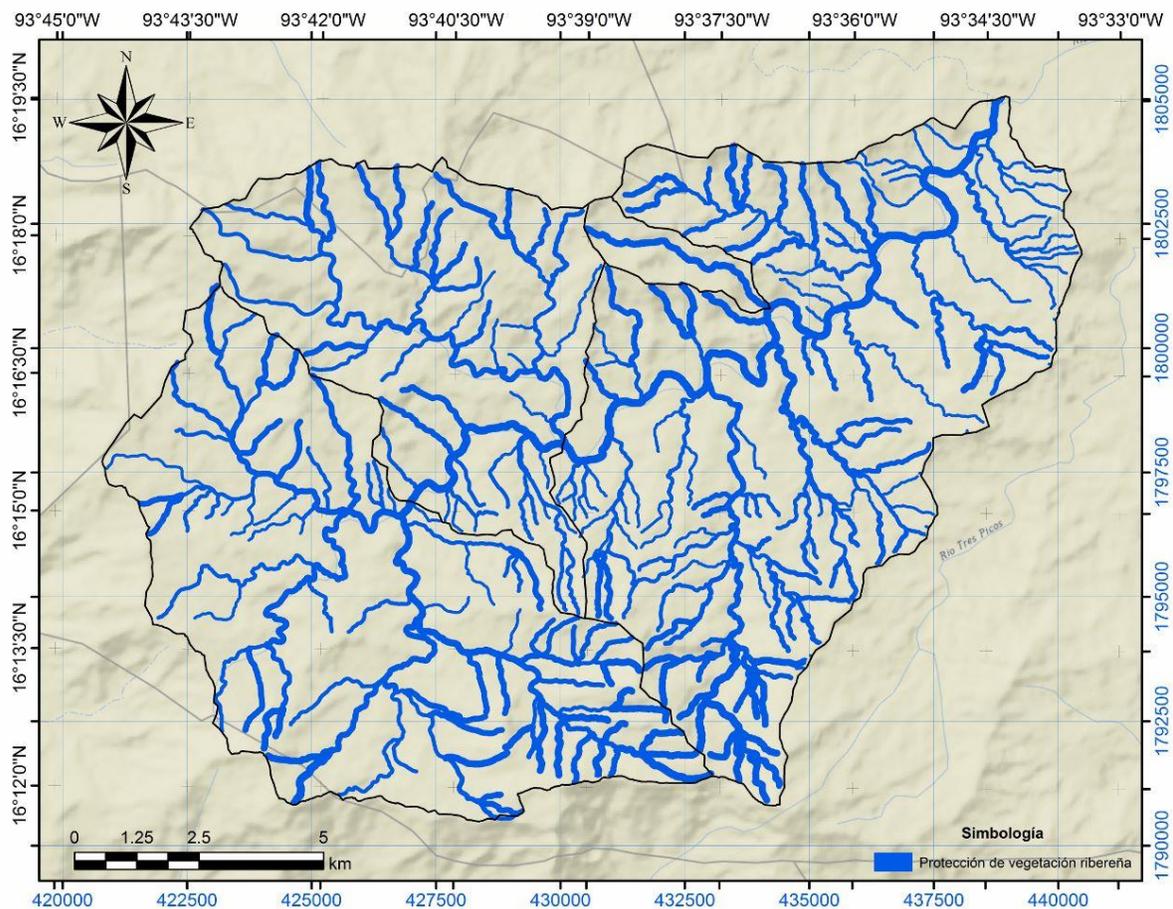


Figura 4. Red de franjas de protección de la vegetación ribereña (ej. demostrativo)

¹ Nota: Cuando se presente algún agente que ponga en riesgo la integridad de la vegetación ribereña se deberán de aplicar tratamientos selectivos y de baja intensidad, procurando en gran medida, el menor impacto a los cuerpos de agua y utilizando especies nativas para la restauración de dichos ecosistemas.

Cuadro 9. Proceso para el manejo y protección de la vegetación ribereña

Actividad	Proceso de desarrollo
Caracterización	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Clasificación de las corrientes superficiales en función de su condición temporal o permanente. ❖ Clasificación de orden de magnitud de las corrientes superficiales utilizando la metodología propuesto por Strahler (1964). ❖ Clasificación de las corrientes superficiales en función de la pendiente del terreno adyacente. ❖ Caracterización del grado de conservación. ❖ Determinación las superficies fragmentadas en los hábitats de vegetación ribereña. ❖ Identificación de especies de flora que tengan una distribución de mayor preferencia en los hábitats vegetación ribereña. ❖ Identificación especies de fauna que requieran del hábitat de vegetación ribereña para su reproducción, alimentación y desplazamiento dentro de los ecosistemas forestales.
Manejo de la vegetación ribereña	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Delimitación de una franja de protección en función condición, orden de magnitud y pendiente de terreno adyacente ❖ Calendarización de las zonas de mayor degradación para establecer estrategias de restauración como la reforestación y nucleación por lluvia de semillas o transposición de suelo. ❖ Realización actividades de saneamiento de áreas afectadas por plagas y enfermedades en los hábitats de vegetación ribereña. ❖ Recolección de semillas de especies de que se distribuyen con mayor preferencia en los hábitats de vegetación ribereña. ❖ Incorporación al esquema de pago por servicios ambientales los hábitats de vegetación ribereña que se encuentren en buen estado de conservación y sin fragmentación.
Monitoreo	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Recorridos periódicos para identificar amenazas que pongan en riesgo la integridad del hábitat de la vegetación ribereña

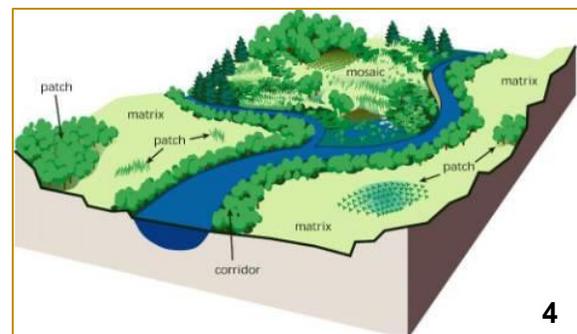
5.1.3. Conectividad del hábitat



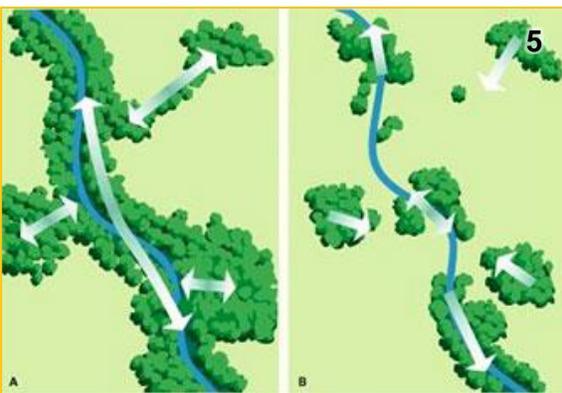
La conectividad de los hábitats forestales es clave para la conservación de la biodiversidad y el mantenimiento de las funciones ecológicas de los bosques. La designación de corredores y redes de conservación, permiten la identificación de áreas particularmente relevantes para el

mantenimiento de la funcionalidad ecológica territorial, así como la planificación y gestión de los recursos naturales para mantener los procesos ecológicos y la dispersión de las especies (Sastre *et al.*, 2002).

La conectividad del paisaje está en función de la distancia máxima de dispersión ecológica y la resistencia ejercida por el uso del suelo, pudiendo determinar así, la accesibilidad de un fragmento de hábitat o de cualquier punto del territorio (Villard *et al.*, 1999). Se conoce como conectividad

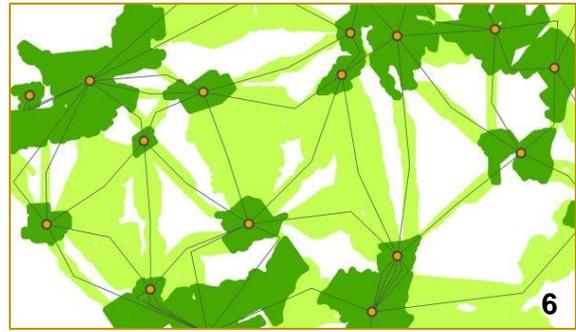


funcional a la habilidad de un individuo de cruzar un paisaje y está determinada por las interacciones entre su comportamiento y la estructura del paisaje (Bennett, 1998).



En la interacción de la conectividad funcional está presente la viscosidad del parche que se refiere al grado en que un componente permite el cruce de individuos y la permeabilidad de las fronteras, que es la probabilidad de cruzar la frontera entre dos componentes diferentes dentro de un paisaje (Anderson y Danielson, 1997).

La conectividad del paisaje permite generar “redes”, los cuales funciona como un insumo importante para el ordenamiento territorial, la definición de corredores biológicos, franjas de amortiguamiento, creación de corredores funcionales mixtos (agricultura, ganadería, forestería, zonas urbanas y cobertura natural) y la realización de “conservación del mosaico del paisaje” (Bennett, 2004).



Con la finalidad de generar una conectividad funcional, se recomienda mantener la cobertura forestal y realizar la reforestación de las partes altas de las cuencas y de las franjas de vegetación ribereña, para permitir el intercambio de especies de flora, fauna y el flujo genético de los ecosistemas.

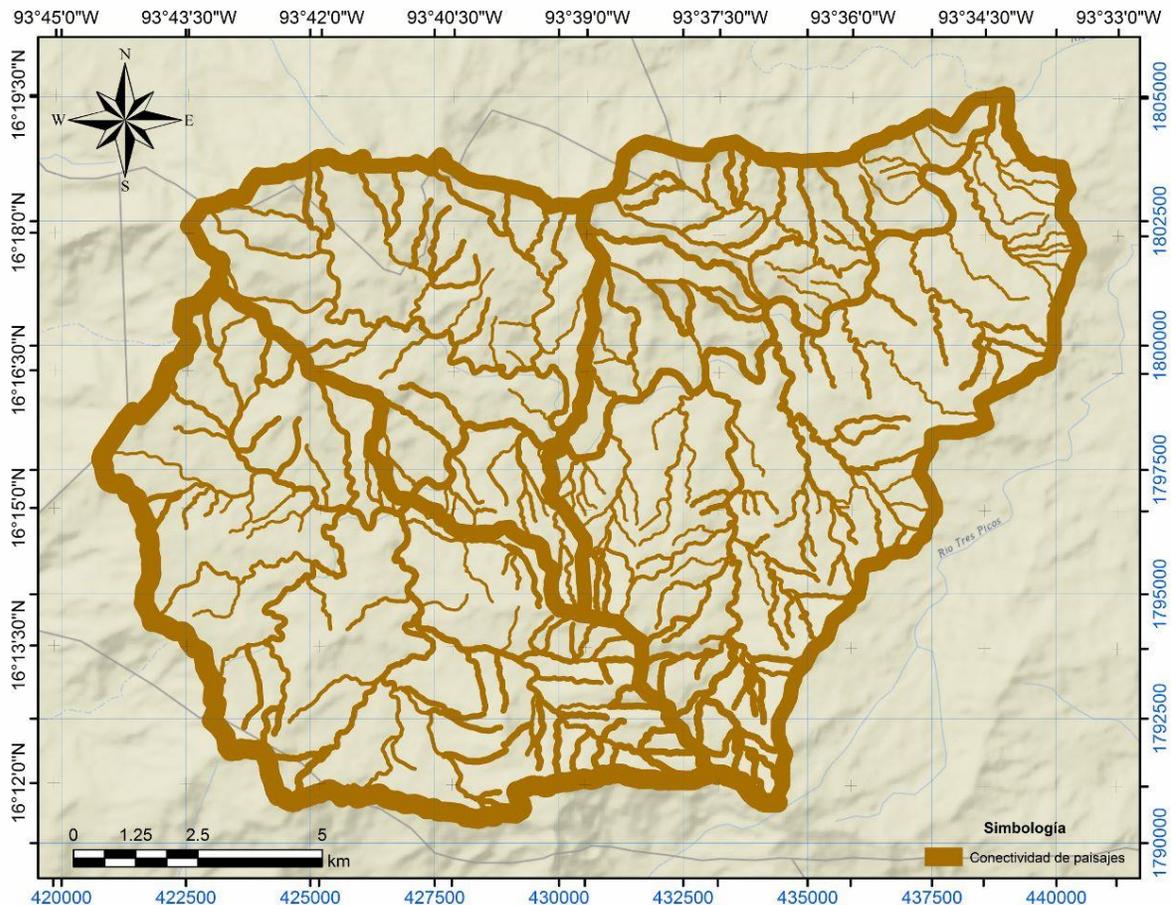


Figura 5. Conectividad entre vegetación ribereña y cabeceras (ej. demostrativo)

Cuadro 10. Proceso para el manejo de la conectividad del hábitat

Actividad	Proceso de desarrollo
Caracterización	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Identificación de los hábitats con mayor grado de conectividad ❖ Identificación de parches que permitan generar redes de conectividad ❖ Determinación de la distancia máxima de dispersión ecológica de las especies de flora y fauna ❖ Identificación de las principales especies de flora y fauna de mayor vulnerabilidad a ecosistemas fragmentados ❖ Caracterización del grado de conservación.
Manejo de la conectividad de hábitat	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Delimitación de franjas de conservación en los hábitats de las cabeceras de las cuencas y vegetación ribereña ❖ En áreas con fragmentación implementar estrategias de conectividad como reforestación con especies nativas de rápido crecimiento, fijadoras de nitrógeno y de importancia económica y ecológica; así formación de microhábitas mediante la nucleación de suelo por transposición
Monitoreo	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Evaluación de los ecosistemas fragmentados y determinación de la conectividad funcional y de la necesidad de generación de parches o núcleos, que permitan un efecto trampolín para el desplazamiento de la fauna.

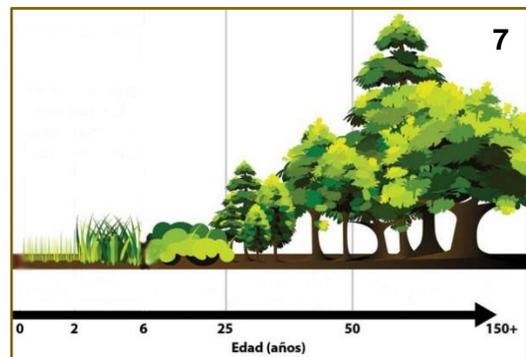
5.1.4. Mantenimiento de bosques de viejo crecimiento



Los bosques de viejo crecimiento son aquellos que se han desarrollado y mantenido a través de un periodo largo de tiempo, generalmente más de 100 años, en los cuales no han existido perturbaciones antropogénicas significativas, por lo cual son considerados hábitats importantes, para las especies con requerimientos especiales de humedad (Martjan *et al.*, 1997).

Los bosques de viejo crecimiento son ecosistemas que se distinguen por tener árboles viejos que están relacionados con los atributos estructurales. El viejo crecimiento, implica la última etapa de desarrollo de un rodal, que difiere de las primeras etapas de desarrollo en cuanto a las características de altura del arbolado, acumulación de materia orgánica generada por los árboles muertos en proceso de descomposición, el número de niveles de cobertura superior, composición de especies y funciones del ecosistema (Vargas, 2013).

Su protección y manejo son extremadamente importantes para mantener la biodiversidad y sobre todo las funciones ecológicas. El aprovechamiento de los árboles muertos en pie ha tenido un impacto negativo extremo en las aves que dependen de ellos como el pájaro carpintero, la cotorra serrana, el trogón mexicano y los búhos. La desaparición de árboles viejos y muertos también tiene consecuencias en pequeños mamíferos, insectos y la herpetofauna. Por tal motivo es de suma importancia la permanencia de rodales con árboles de viejo crecimiento (Martjan *et al.*, 1997).



Para la clasificación de los bosques de viejo crecimiento se deben considerar una serie de atributos entre los que destacan los siguientes: árboles de grandes dimensiones, múltiples doseles, presencia de tocones de grandes dimensiones, espacios abiertos en el dosel, microtopografía de pequeñas elevaciones causadas por el derribo de árboles, estructura compleja, amplio espacio entre árboles, un incremento en la cobertura del sotobosque, gran acumulación de materia muerta en diferentes estados de descomposición, raíces y fuste atacados por hongos. Debido, a que cada vez, resulta más difícil encontrar rodales completos que cumplan con los atributos necesarios para ser considerados como bosques de viejo crecimiento, se propone delimitar áreas en buen estado de conservación y en estado sucesional de madurez, en las cuales mediante una serie de estrategias de protección se pueda garantizar su mantenimiento y desarrollo.

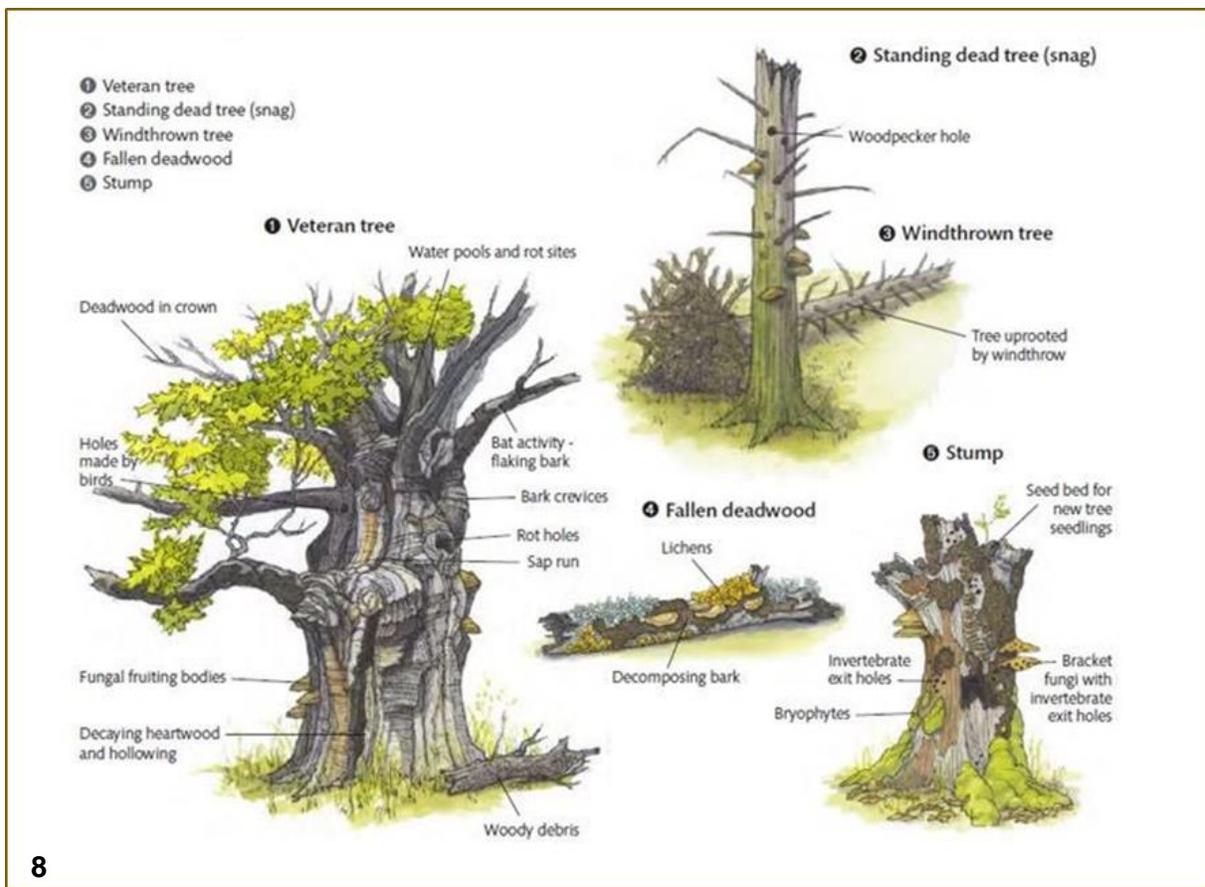


Figura 6. Principales atributos de los bosques de viejo crecimiento (ej. demostrativo)

Cuadro 11. Proceso para el manejo de bosques de viejo crecimiento

Actividad	Proceso de desarrollo
Caracterización	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Identificación de los componentes propios de un bosque de viejos crecimiento de viejo crecimiento (árboles de grandes dimensiones, múltiples doseles, presencia de tocones de grandes dimensiones, espacios abiertos en el dosel, etc.). ❖ Georreferenciación de los rodales con bosques de viejo crecimiento. ❖ Caracterización del estado de conservación. ❖ Determinación del estado sucesional en el que se encuentre.
Manejo de bosques de viejo crecimiento	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Delimitación de una franja de conservación alrededor de los bosques de viejo crecimiento. ❖ Construcción de brechas cortafuego ❖ Realizar actividades acomodados de los residuos de árboles caídos para la formación de microhábitats y la aceleración de la descomposición de los residuos. ❖ Realizar actividades de saneamiento ❖ En zonas que no disponga de rodales con las características propias de un bosque de viejo crecimiento, segregar del aprovechamiento algunos rodales que encuentre en estado previo a la etapa final de desarrollo y destinarlo a conservación para alcancen la etapa de viejo crecimiento.
Monitoreo	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Establecimiento de sitios permanentes de monitoreo ❖ Realizar recorridos periodos para identificar amenazas que ponga en riesgo la integridad de estos ecosistemas

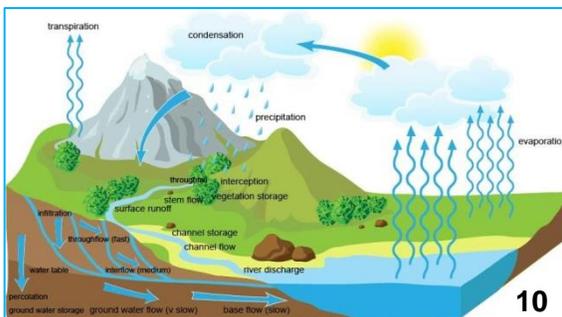
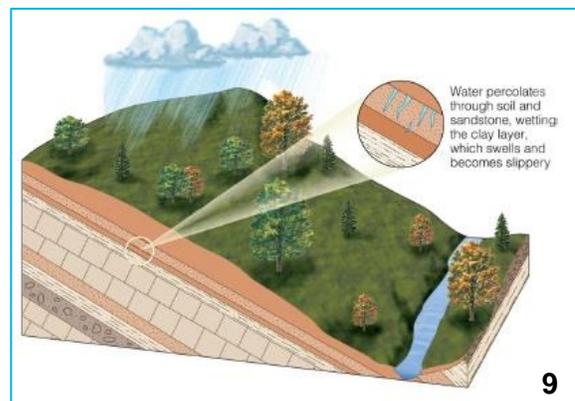
5.1.5. Manejo de zonas de recarga hídrica



Las zonas de recarga hídrica, hacen referencia a la parte de la cuenca donde se intercepta y concentra la mayor parte del agua de la precipitación, de las aguas superficiales y por transferencias de otros acuíferos. Estas zonas son consideradas de gran importancia debido a que abastecen

de agua a las comunidades de la parte media y baja, suministran de agua a la vegetación y a la fauna silvestre, y mantienen la fertilidad del suelo (Bragagnolo *et al.*, 1995).

En zonas donde existan concentraciones de manantiales, se deben considerar, que, en muchas ocasiones, los nacimientos de agua provienen de ríos subterráneos de cuencas hidrológicas, las cuales se caracterizan por el cambio de dirección del flujo subterráneo para alimentar a otras cuencas hidrográficas (CNA, 2007).



Debido a la importancia de estas zonas es necesario tomar en cuenta la delimitación de una franja de amortiguamiento de 1.5 a 2.5 ha alrededor de los manantiales. En manantiales de captación de agua para uso humano se deben establecer cercados de protección para evitar la contaminación por (heces fecales y coliformes) derivado del paso de fauna silvestre y ganado, así mismo construir estructuras de captación con zanjas de desviación para evitar la contaminación por sedimentación.

Cuadro 12. Proceso para el manejo de zonas de recarga hídrica

Actividad	Proceso de desarrollo
Caracterización	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Identificación de zonas de recarga hídrica. ❖ Georreferenciación la zona de recarga hídrica y manantiales existen en los predios. ❖ Caracterización del grado de conservación.
Manejo de zonas de recarga hídrica	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Delimitación de una franja de conservación de un intervalo de 1.5 a 2.5 ha alrededor de la zona de recarga hídrica o manantiales. ❖ En caso de que se trate de una zona de abasto de agua para uso de comunidades o ejidos, se recomienda el cercado como malla ciclónica y realizar la construcción de un tanque de almacenamiento y zanjas de desvío de escorrentía, para disminuir la contaminación por sedimentos, heces fecales y el derrame de aceites. ❖ Realizar el continuo mantenimiento de las tuberías para reducir el desperdicio de agua.
Monitoreo	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Determinar el caudal de las zonas de recarga en periodos de estiaje y lluvia. ❖ Análisis físico y químico para determinar la calidad del agua. ❖ Realizar recorridos periodos para identificar amenazas que ponga en riesgo la zona de recarga

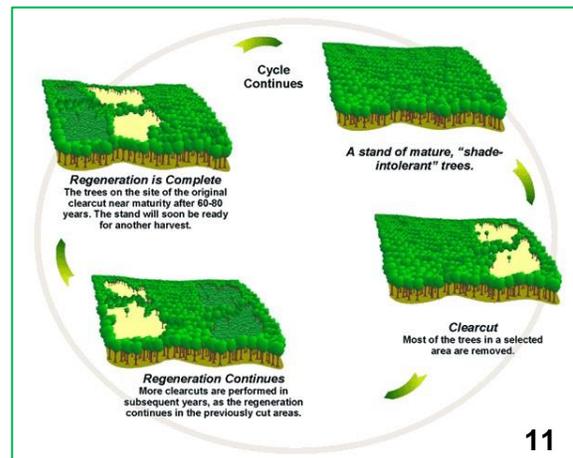
5.1.6. Dinámica de claros en los ecosistemas forestales



Como consecuencia de la extracción selectiva o de la caída natural de los árboles, se forman claros e ingresa mayor cantidad de radiación solar, hecho que induce al establecimiento de la regeneración natural (Baur, 1968). El impacto de los claros es notable, debido a

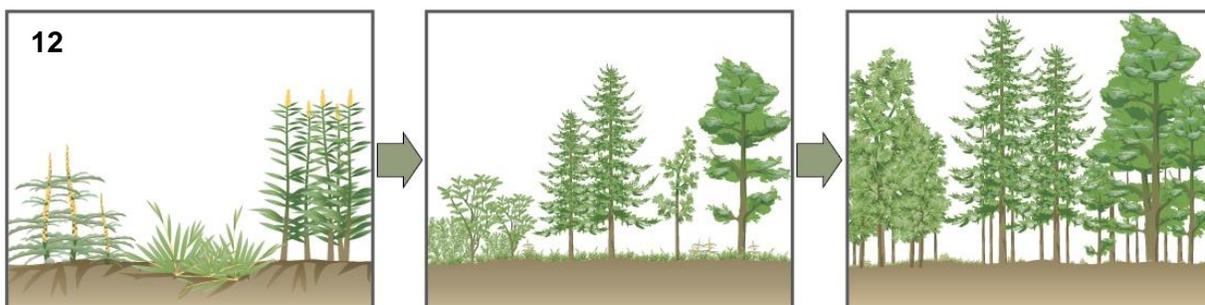
que produce un efecto que expresa una perturbación temporal, el cual es reversible gracias al funcionamiento de los procesos naturales de sucesión ecológica, permitiendo la regeneración natural de los claros (Whitmore, 1989).

Por tal motivo, los claros adquieren importancia cuando se estudia la dinámica y la asociación entre grupos ecológicos y estructura de claros pasa a ser una herramienta interesante para generar información en relación a la dinámica del bosque (Hogan & Machado, 2002). Es importante mantener una adecuada proporción de áreas arboladas y claros para tener varias estructuras en la vegetación que permita contar con mayor variedad de especies y comunidades (Vargas, 2013).



De acuerdo a los modelos de dinámica de claros en los bosques, indican que, para alcanzar un estado casi equilibrado en la biomasa, se requiere un mínimo de 50 a 100 parches, lo cual depende de la variabilidad de la estructura y composición. En una superficie de 10 a 100 ha el tamaño de los claros será de 100 a 1000 m², con el objetivo de mantener la estabilidad de los ecosistemas (Jardel y Sánchez-Velásquez, 1989).

La combinación entre el manejo de la regeneración y la regulación de la densidad, permite obtener estructuras deseables en el bosque, ya sea para la producción de madera de ciertas dimensiones, o para crear condiciones de hábitat para ciertas especies de flora o fauna silvestre (Jardel y Sánchez-Velásquez, 1989).



Cuadro 13. Proceso para el manejo de la dinámica de claros en el bosque

Actividad	Proceso de desarrollo
Caracterización	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Delimitación de claros existentes en los ecosistemas forestales. ❖ Caracterización de los claros por ecosistema, tamaño y pendiente de terreno. ❖ Agrupación por grados de conservación y degradación.
Manejo de claros en el bosque	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Identificación de los claros en los bosques, que presenten problemas de erosión y que requieran de obras de conservación y restauración de suelos. ❖ Los claros que se distribuyan en zonas con pendientes superiores al 60%, deben ser liberados gradualmente, propiciando su regeneración natural. ❖ Prescripción de tratamientos silvícolas con selección en grupos en los programas de manejo forestal, para la apertura de claros y de esa manera inducir el establecimiento de plantas que proporcione alimento y refugio temporal para ciertas especies de fauna de importancia para la conservación, así como para la renovación y mejoramiento de los ecosistemas forestales. ❖ Regulación de prácticas agrícolas y ganaderas dentro de los bosques, considerando la implementación de actividades agrícolas en zonas con pendientes por debajo del 35% y las ganaderas por debajo del 60%.
Monitoreo	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Se requiera realizar el monitoreo de la regeneración natural en los claros, así como los diferentes estados sucesionales presentes en los ecosistemas bajo manejo.

El conocimiento de la dinámica sucesional de los ecosistemas forestales, permitirá diseñar e implementar técnicas silvícolas adecuadas y eficientes que permitan alcanzar los objetivos de producción y conservación de la biodiversidad (Jardel y Sánchez-Velásquez, 1989).

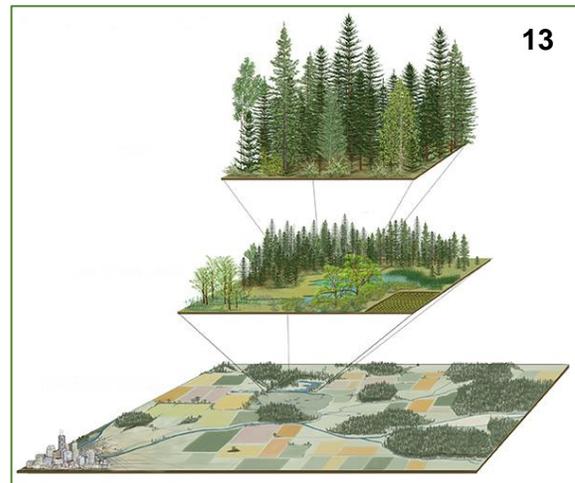
5.2. Prácticas a nivel de rodal



El rodal es la unidad básica para el manejo silvícola, el cual es interpretado como una unidad del paisaje forestal relativamente homogénea, que puede ser delimitada y diferenciada de otras adyacentes. Por lo tanto, el manejo forestal determina la biodiversidad de un rodal, el cual se logra a

través de la aplicación de tratamientos silvícolas previamente prescritos para dicha unidad, que eventualmente modifica las características propias del rodal (Vargas, 2013; Jardel, 2015).

De acuerdo a la NOM-152-SEMARNAT-2006 un rodal es el área definida por características permanentes, como el suelo, pendiente, parteaguas y arroyos, que tiene un mismo indicador del potencial productivo. El rodal es la unidad básica de manejo y sobre todo de seguimiento a las variables forestales a través del tiempo y como tal, debe ser permanente a través de



ciclos de corta sucesivos, aun cuando haya cambios en la vegetación, en el sistema silvícola aplicado, en el ciclo de corta o en otras variables.

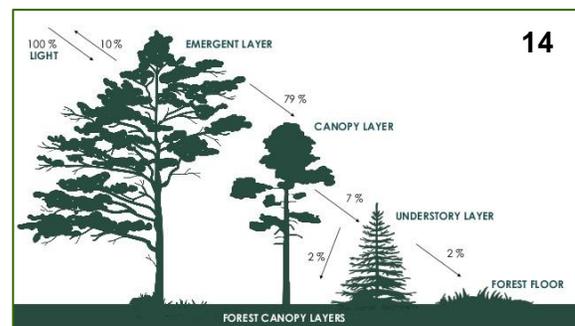
Las mejores prácticas de manejo son una combinación de tres componentes: a) condición actual del rodal, b) condición proyectada del rodal, y c) tratamientos silvícolas, los cuales están relacionados con el hábitat de especies de flora y fauna. El análisis e interpretación de estos componentes determinarán los objetivos a alcanzar y definirán las mejores prácticas a aplicar en cada rodal (Vargas, 2013).

5.2.1. Manejo de la estructura vertical y horizontal



La estructura de un bosque se define como la organización espacial de los individuos que forman un rodal (Danserau, 1957; Kimmins, 1997). La estructura está influenciada directamente por los tratamientos silvícolas y los procesos de sucesión (Jardel, 2015).

Los elementos primarios de esta estructura son la forma de vida (árboles, arbustos, herbáceas, musgos, líquenes y epifitas), la estratificación (distribución de especies que alcanzan diferentes alturas) y la cobertura expresada en diámetros y altura de las copas (Danserau, 1957; Wadsworth, 2000).



La estructura se divide en dos grupos: a) vertical, la cual considera la ocupación espacial de los fustes sobre el suelo en términos de altura (estratos o pisos); y b) horizontal, que se basa en el arreglo espacial (distribución de diámetros) que ocupan los árboles (Mostacedo, 2000).

Cuando mayor sea la diferenciación estructural de un bosque, mayor es la diversidad de especies, por dos razones principales; primera, un sitio más complejo contiene más tipos de microclimas y microhábitats para más especies; segunda, una estructura más compleja soporta mayor diversidad de especies y proporciona fuentes de alimento más diversas para una mayor variedad de consumidores (Vargas, 2013).

Cuadro 14. Proceso para el manejo de la estructura vertical y horizontal de un rodal

Actividad	Proceso de desarrollo
Caracterización	❖ Realizar la representación gráfica de las variables diámetro y altura por especies para cada uno de los rodales, con la finalidad de conocer su estructura horizontal y vertical y ser representadas por índices de diversidad estructural
Agrupación	❖ Agrupar los rodales con estructuras semejantes para determinar la prescripción del sistema de manejo y tratamiento silvícolas de acuerdo a las necesidades estructurales.
Manejo estructural	❖ Para los rodales con estructura irregular (sistema de manejo irregular), seleccionar los árboles a extraer considerando mantener (especies, diámetros, alturas, tamaños, forma de la copa, etc.); por su parte, para los rodales regulares (con sistema de manejo regular) será necesario que durante las cortas se retengan algunos individuos con características adecuadas para funcionar como hábitat de las especies de flora y fauna.
Monitoreo	❖ Establecimiento de sitios permanentes de monitoreo y recorridos periodos para identificar amenazas que ponga en riesgo la integridad de estos ecosistemas

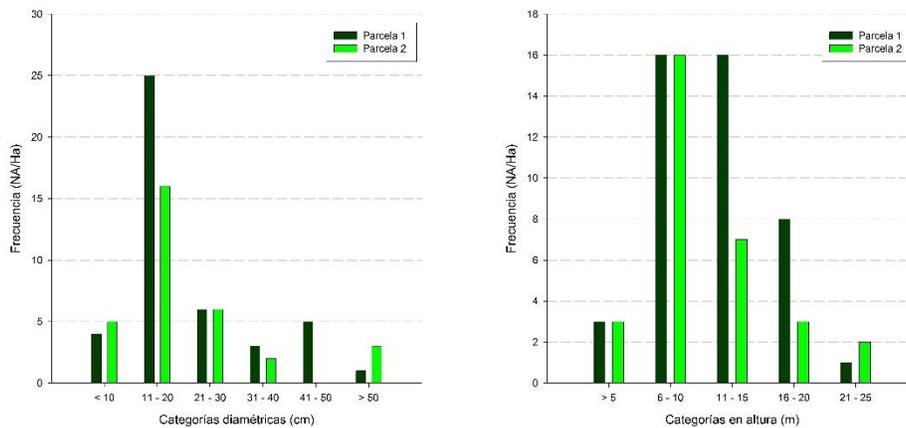


Figura 7. Distribución diamétrica y en altura (ej. demostrativo predio Arroyo Negro)

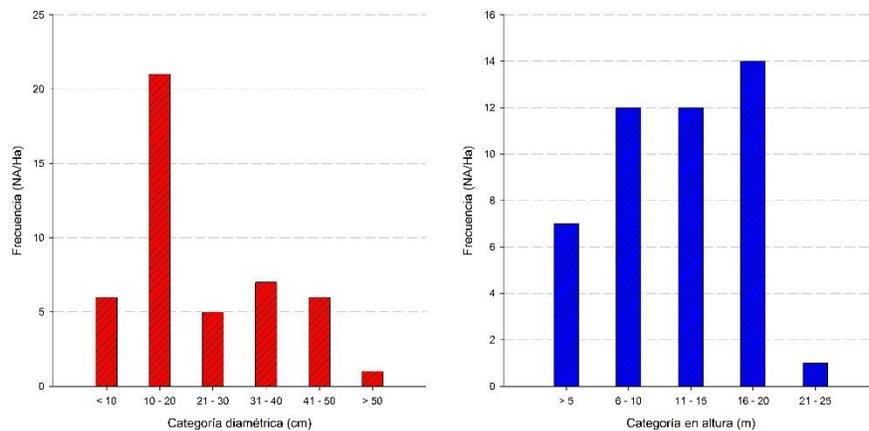


Figura 8. Distribución diamétrica y en altura (ej. demostrativo predio California)

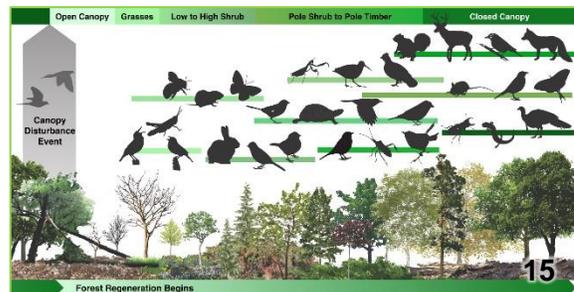
5.2.2. Manejo de la composición florística



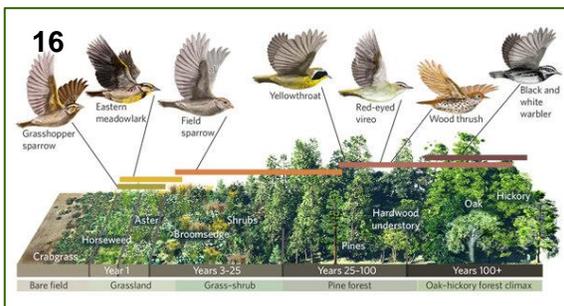
La composición de un bosque está determinada tanto por factores ambientales como por la dinámica del bosque y la diversidad de sus especies. Entre los factores más importantes que influyen en la composición florística, dinámica y la ecología de las especies que conforman un

bosque, están el tamaño y la frecuencia de los claros, los requerimientos de luz y de humedad de las especies y las fuentes de semillas, las cuales determinan la distribución y abundancia de otras especies de fauna (invertebrados, anfibios, aves, pequeños mamíferos, etc.) debido a que crean diferentes condiciones de hábitat para dichas especies (Louman *et al.*, 2001).

La composición florística de los bosques según el estado sucesional, se expresa por medio del Índice de Shannon, para las diferentes poblaciones de fustales, latizales y brinzales. La tendencia del incremento de este índice se refleja conforme aumenta la

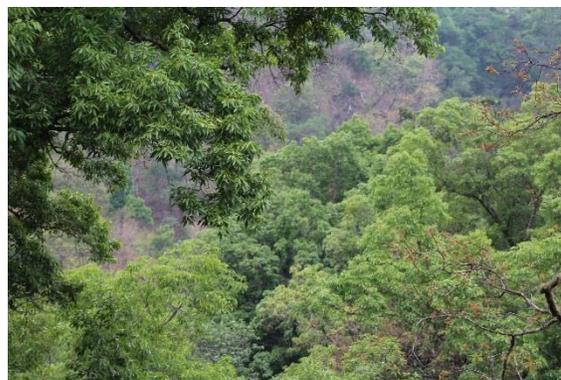


edad del bosque, situación que es de esperar, ya que un número mayor de especies se hacen presentes conforme el bosque se hace más maduro y alcanza fases homeostáticas en el proceso de sucesión (Lamprecht, 1990).



Los sistemas de manejo forestal buscan mantener la composición florística y los valores asociados al ecosistema, debido a que es considerada como un buen indicador de la biodiversidad (Juárez-Sánchez *et al.*, 2014).

Luna (2014), señala que es importante mantener una diversidad de especies de flora, debido a que son de gran importancia la obtención de alimento para la fauna, captura de carbono y protección de cuencas hidrológicas. El género *Quercus* es uno de los grupos de plantas leñosas



más importantes a nivel mundial, tanto en términos de número de especies y de biomasa total, como por su valor económico y ecológico; las especies de este género juegan un papel fundamental en la captura de carbono y contribuyen a mantener la diversidad biológica al establecer una gran diversidad de interacciones ecológicas con hongos, insectos, vertebrados y otras plantas (López *et al.*, 2013).

Cuadro 15. Proceso para el manejo de la composición florística

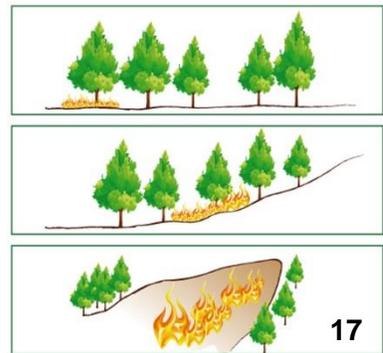
Actividad	Proceso de desarrollo
Caracterización	❖ Identificación de las principales especies de flora presentes en cada rodal
Determinación de la diversidad de especies	❖ Realización de un muestreo mediante la técnica del “Grupo estructural de los cinco árboles” y la aplicación del índice de mezcla de especies de Gadow (Mi) para determinar la diversidad de especies.
Identificación de especies en estatus de riesgo	❖ Excluir de aprovechamiento forestal aquellas especies que se encuentren en algún estatus de riesgo según la NOM-059-SEMARNAT-2010, el listado rojo de la UICN y en algún apéndice del CITES, esta actividad deberá realizarse durante el marqueo mediante la inspección visual de los individuos.
Enriquecimiento de los rodales	❖ Cuando en los rodales exista una escasa regeneración natural de los principales elementos florísticos, se recomienda la producción en vivero con semillas nativas de la zona de incidencia.
Mantenimiento de la composición	❖ Debido a la fuerte competencia de las especies pioneras con las de interés comercial y ecológico se recomienda realizar limpiezas y chapeos durante los tres primeros años para liberar las especies de interés y así asegurar su sobrevivencia.
Monitoreo de la regeneración natural	❖ Se recomienda establecer sitios para evaluar y monitorear los componentes de la regeneración natural de los ecosistemas que permitan conocer los cambios en la estructura vertical y horizontal, así como el índice porcentual de mezcla de especies y la dinámica de la vegetación arbórea.

5.2.3. Manejo de biomasa residual de la cosecha forestal



La biomasa residual del aprovechamiento forestal está conformada principalmente por ramas y puntas, así como partes de fustes con algún defecto o simplemente los que no han alcanzado las medidas comerciales, por lo cual no son usadas como materia prima para la industria, situación que origina una gran acumulación de estos residuos en los bosques, propiciando un alto riesgo de incendios forestales (Guzmán, 1984).

Tradicionalmente la práctica más común para disminuir los residuos ha sido la aplicación de quemadas controladas, sin embargo, esta práctica ha propiciado un alto riesgo de erosión cuando no se consideran aspectos técnicos o cuando no se aplican de manera adecuada, debido a que el suelo queda expuesto a los impactos de la precipitación y del viento, aunado a esto se libera a la atmosfera el CO² almacenado en la madera contribuyendo a la contaminación.



En términos generales son diversos los impactos que ocasiona el que los residuos de los aprovechamientos forestales o de los disturbios naturales se presenten y se mantengan en forma desordenada en los bosques, por tal motivo se deben de implementar estrategias que permitan reducir la acumulación de combustible en los ecosistemas forestales (Bertrán *et al.*, 2008).

El control de los residuos estará en función de los tratamientos silvícolas aplicados o de la magnitud de los disturbios, para lo cual se recomienda la pica y distribución de residuos en curvas de nivel o amontonados para acelerar la descomposición de la materia orgánica y reducir el riesgo de erosión hídrica y eólica.

La distribución de las curvas de nivel estará en función de la disponibilidad de residuos, de la pendiente del terreno, de la precipitación anual y de la cobertura residual después de la aplicación de los tratamientos silvícolas o de los impactos ocasionados por disturbios naturales como huracanes y tormentas.



Cuadro 16. Proceso para el manejo de biomasa residual de la cosecha forestal

Actividad	Proceso de desarrollo
Caracterización	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Determinar la carga de biomasa residual en los ecosistemas ❖ Identificar las zonas de mayor vulnerabilidad de incendios ❖ Caracterización del tipo de biomasa residual
Manejo de biomasa residual	<ul style="list-style-type: none"> ❖ En zonas con pendientes vulnerables a la erosión, se recomienda el acomodo de los residuos en curvas de nivel, con la finalidad de reducir la velocidad de los escurrimientos superficiales y acelerar la descomposición y reincorporación de la biomasa residual. ❖ En áreas con poca biomasa residual, se recomienda realizar el acomodo apilando los residuos en pequeños grupos para acelerar su descomposición. ❖ Cuando la biomasa residual sea de grandes dimensiones, se recomienda la construcción de madrigueras para refugio y monitoreo de la fauna en zonas de producción forestal.
Monitoreo	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Realizar recorridos periódicos para identificar zonas con acumulación excesiva de biomasa residual, debido al aprovechamiento forestal o por perturbaciones naturales y que sean vulnerables a incendios de gran magnitud, que pongan en riesgo la integridad de los ecosistemas.

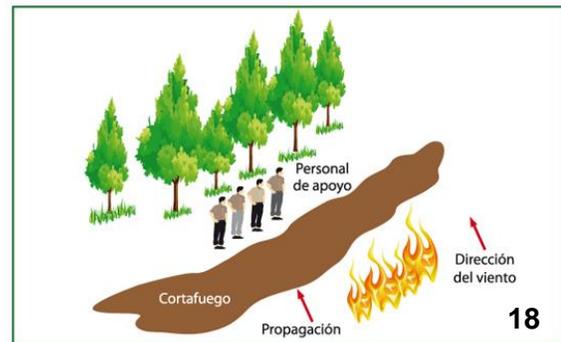
5.2.4. Apertura y mantenimiento de brechas cortafuego



Los incendios son un riesgo latente para los ecosistemas forestales, debido a que cuando estos se salen de control destruyen grandes extensiones de cobertura forestal, causando la pérdida de biodiversidad, la fragmentación y la degradación de los ecosistemas. Los incendios forestales son

considerados como un proceso ecológico necesario para determinados ecosistemas (Agee, 1993; Sugihara *et al.*, 2006), sin embargo, al igual que otros factores, originan cambios de estado o perturbación que forman parte de la dinámica de los ecosistemas (White y Pickett, 1985; Manson y Jardel, 2009).

La influencia de los regímenes de incendios, junto con otros factores ambientales, han sido parte del ambiente en el cual han evolucionado diferentes especies, por lo que estos influyen de manera significativa en la composición y estructura de la vegetación (Pausas y Keeley, 2009).



Para efectos de conservación de áreas de importancia ecológica como son las áreas naturales protegidas, se debe evitar en gran medida su afectación por incendios forestales y una de las medidas más importantes para prevenir y mitigar dichos efectos, son las brechas cortafuegos, las cuales funcionan como una barrera física que interrumpe la continuidad de los incendios forestales, facilitando a su vez su control con mayor rapidez y eficacia (Rodríguez, 1994; Mckenzie *et al.*, 2011).

Cuadro 17. Proceso para el diseño y construcción de brechas cortafuego

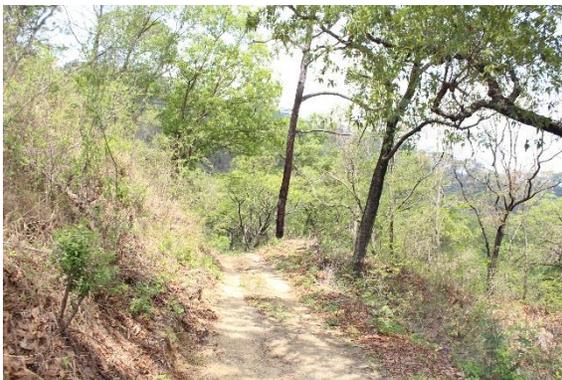
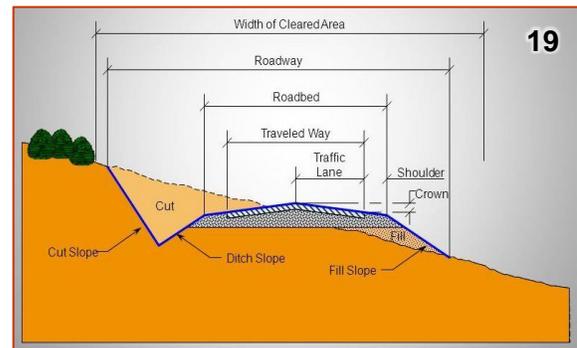
Actividad	Proceso de desarrollo
Caracterización	❖ Identificar las áreas vulnerables a incendios forestales en función de los tipos de vegetación, importancia ecológica de la zona, presencia de asentamientos humanos, cercanía de áreas agrícolas o ganaderas, así como la incidencia de incendios forestales.
Diseño y construcción	❖ El ancho de la brecha cortafuego dependerá del tipo de vegetación, del tipo de combustible y la cantidad disponible en el área. Para bosques de pino-encino se recomienda como mínimo un ancho de 5 m para zonas de baja pendiente y de 10 m como mínimo para zonas de pendientes pronunciadas.
Mantenimiento	❖ Calendarización para priorizar la apertura y el mantenimiento de las brechas cortafuego, en función de la susceptibilidad.
Rescate y reubicación de especies de interés	❖ Durante la construcción se deberán rescatar y reubicar especies en niveles de riesgo y de interés para la conservación (epifitas, cactáceas, palmas, helechos, etc.)
Podas de ramas muertas	❖ Se recomienda podar las ramas muertas de los árboles próximos a las brechas, con la finalidad de reducir la continuidad vertical de los incendios.
Capacitación	❖ Capacitación a los propietarios de los recursos forestales, en el combate de incendios forestales para aumentar su efectividad y reducir accidentes.

5.2.5. Construcción, mantenimiento y rehabilitación de caminos



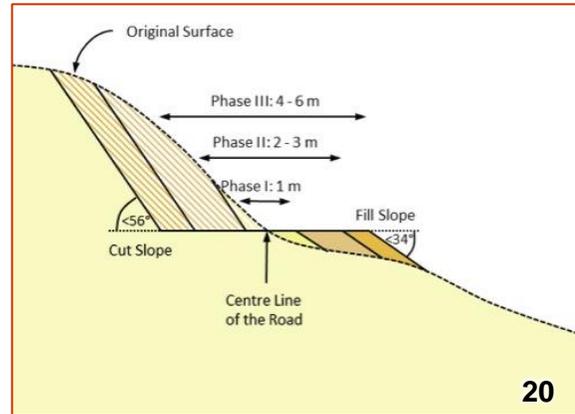
Los caminos forestales son corredores no solo para vehículos y fauna. Los caminos y sus sistemas de drenaje están frecuentemente interconectados o unidos con la red de arroyos naturales y las aguas superficiales de una cuenca; la escorrentía superficial en algunas cunetas y superficies de caminos fluye directamente a arroyos cercanos (Weaver *et al.*, 2014).

La construcción de caminos forestales, es uno de los principales factores causantes de impactos ambientales negativos en los ecosistemas forestales, sobre todo en el sistema hidrológico y el suelo, así como en la fragmentación de hábitats. Por estas razones, es muy importante realizar una buena planeación y ejecución de los caminos forestales, en el cual se evalúen los impactos ambientales que esto conlleva y definir las medidas de mitigación necesarias y adecuadas (Packer y Christensen, 2014).



Se debe tomar en cuenta que los impactos de los caminos forestales que afectan al sistema hidrológico y al suelo (erosión, sedimentación, alteración de cauces, inestabilidad de laderas, destrucción de la vegetación, etc.) tienen consecuencias económicas significativas al aumentar los costos de mantenimiento y las medidas de mitigación de impactos provocando una reducción en la rentabilidad de la producción forestal (Gayoso y Acuña, 1999).

La buena planificación, el diseño adecuado y el uso de prácticas de construcción pueden evitar considerablemente los impactos negativos de los caminos forestales. Si la construcción se realiza de una manera adecuada se contará con un camino de bajo mantenimiento y bajo impacto, sin embargo, si por el contrario el



camino se realiza con una mala planeación, estará destinado a elevados costos de mantenimiento y altos impactos ambientales (Weaver *et al.*, 2014).



No es necesario contar con una red extensa de caminos, debido a que ocasiona mayores impactos ambientales e influye en la rentabilidad económica y en la conservación de la biodiversidad, por lo cual se recomienda concentrar el aprovechamiento forestal (FAO, 1978), bajo

criterios técnicos justificados y documentados en el programa de manejo forestal.

El mantenimiento y rehabilitación de caminos consta de dos aspectos: el primero consiste en la identificación y tratamiento de riesgos, cuyo objetivo es lograr que el camino sea más resistente a fallas y tenga menos impactos; y el segundo es la identificación de necesidades de mantenimiento con el objetivo de determinar qué estructuras o características de un camino existente deben ser reparadas (Gayoso y Acuña, 1999).

En general, el mantenimiento no se realiza para mejorar el diseño o la resistencia, se realiza para garantizar que el camino y sus componentes funcionen del modo diseñado y se evite la apertura de nuevos caminos (Packer y Christensen, 2014).

Cuadro 18. Proceso para la construcción, mantenimiento y rehabilitación de caminos.

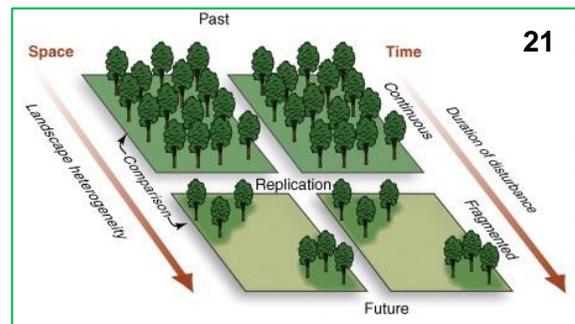
Actividad	Proceso de desarrollo
Caracterización	❖ Se debe realizar un diagnóstico general del estado en el que se encuentran los caminos y el uso regular que tengan, para generar un calendario de priorización de mantenimiento.
Diseño y construcción	❖ Los caminos deben ser construidos en función de sus objetivos y el tiempo de uso.
Mantenimiento	❖ Los caminos que sean transitados todo el año, deberán contar con las obras de drenaje y el mantenimiento necesario para evitar su deterioro, los temporales deberán ser cerrados y rehabilitados cuando se decida conservarlos para ser usados como brechas cortafuego o para el continuo monitoreo de plagas y enfermedades.
Rescate y reubicación de especies de interés	❖ Durante la construcción se deberán rescatar y reubicar especies en niveles de riesgo y de interés para la conservación (epifitas, cactáceas, palmas, helechos, etc.)
Construcción de zanja de desviación	❖ En superficies con pendientes pronunciadas y de alta precipitación es necesario la construcción de zanjas que permitan el desvío de las escorrentías.
Estabilización de taludes	❖ Se deben estabilizar los taludes con el uso de arbustos y gramíneas de posean un sistema radicular extenso y profundo.

5.2.6. Recuperación de la vegetación nativa



Cuando los ecosistemas forestales son objeto de un cambio de uso de suelo, suelen quedar parches que mantienen islas de biodiversidad nativa, que por lo general son áreas inaccesibles, pedregosas y que son óptimas para actividades socioeconómicas (Schultz *et al.*, 2011)

El tamaño de los parches o islas definirá el modo en que serán afectadas por el ambiente que las rodea. Un bosque fragmentado suele ser dañado por el viento y por el aumento de la temperatura principalmente en los bordes, por lo que, para evitar esto se deben de generar corredores o franjas de vegetación nativa para unir las islas, tratando de garantizar la circulación de individuos y la dispersión de semillas (Caselli *et al.*, 2008).



La vegetación nativa es el conjunto de especies vegetales que se pueden encontrar en los remanentes de los bosques fragmentados, por tal motivo la importancia del uso de especies nativas radica en la interacción de estas con el medio que los rodea y demás especies.

Para la recuperación de la vegetación nativa, se recomienda una serie de prácticas de restauración (nucleación, perchas artificiales, translocación de suelo, lluvia de semillas y reforestación por grupos de especies).

Cuadro 19. Proceso para la recuperación de la vegetación nativa

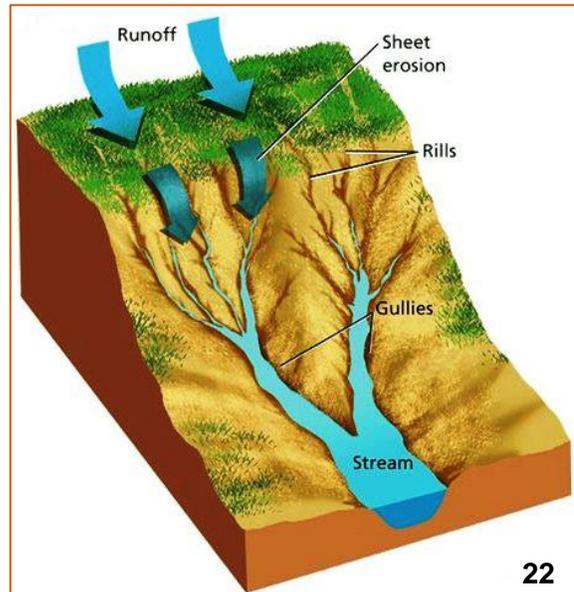
Actividad	Proceso de desarrollo
Caracterización	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Identificación de áreas agropecuarias abandonas y con presencia de <i>Hyparrhenia rufa</i>, especie de gramíneas que se considera introducida. ❖ Caracterización de las especies nativas de menor distribución actual, de rápido crecimiento, de importancia económica y económica.
Recuperación de la vegetación nativa	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Preparación del terreno, mediante la quema prescrita de los pastizales introducidos, la construcción de terrazas y zanjas trincheras. ❖ Reforestación con especies de interés comercial, de rápido crecimiento y fijadoras de nitrógeno. ❖ Diseño de estrategias de riego para épocas de estiaje como la instalación de mallas atrapanieblas, para garantizar la sobrevivencia de las especies
Monitoreo	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Realización de muestreos temporales de la regeneración para evaluar el desarrollo y estado fitosanitario de las reforestaciones

5.2.7. Restauración de áreas agropecuarias degradadas



La degradación del suelo se define como un cambio en su salud resultando en una disminución de la capacidad del ecosistema para producir bienes y brindar servicios para las personas. Uno de los factores que más influye en la degradación de suelo es la agricultura (INEGI, 2015).

La agricultura representa la mayor proporción de usos de la tierra por el hombre y su alcance son las principales causas de la pérdida de biodiversidad, sin embargo, el grado de perturbación del sistema natural varía entre diferentes tipos de agricultura. El pastoreo influye sobre los patrones de la riqueza de las especies a través de la alteración de la persistencia de otras plantas, la producción de semillas y la tasa de colonización (Monroy, 2011).



El impacto del pastoreo difiere ampliamente entre las distintas comunidades vegetales, donde esta variación se atribuye a la interacción entre la productividad primaria y la manera en que ha evolucionado el historial del pastoreo en una región determinada, pues a medida que

incrementa la productividad se modifica la composición de las especies vegetales (Oosterheld y Semmartin, 2011).



Los sistemas agropecuarios intensivos, pueden modificar un ecosistema de una manera tan severa que muy poco del paisaje permanecen, conduciendo así a la pérdida de la diversidad biológica, propiciando procesos de erosión y degradación de suelos (Landeros-Sánchez

et al., 2016).

La restauración de áreas agropecuarias degradadas representa una de las principales acciones para mitigar los impactos del cambio climático, la seguridad alimentaria y la biodiversidad; por tal motivo se debe establecer un programa integral de restauración en donde se consideren prácticas ecológicas y mecánicas, así como la liberación gradual de áreas ganaderas vulnerables y el establecimiento de módulos de producción de forraje en zonas de buena productividad y con pendientes óptimas para dicha actividad.



Cuadro 20. Proceso para la restauración de áreas agropecuarias degradadas

Actividad	Proceso de desarrollo
Caracterización	Identificación de áreas agrícolas y ganaderas que presenten altos niveles de degradación de suelos, que estén abandonadas y que se encuentren establecidas en zonas vulnerables a los procesos de erosión.
Priorización	Calendarización de las áreas de acuerdo a los niveles de degradación.
Diseño y construcción	Implementación de una serie de obras de conservación de suelos para reducir los impactos de la erosión (Presa de mampostería, piedra acomodada, geocostales, morillos y ramas, etc.).
Enriquecimiento	Reintroducción de especies nativas para propiciar el mejoramiento de áreas degradadas.
Rotación de cultivos	Aumentar los contenidos de materia orgánica, mejorar el drenaje y aireación del suelo para mantener la fertilidad del suelo, reducir los niveles de erosión, incrementar los rendimientos de los cultivos
Restauración	Implementación de una serie de técnicas de restauración ecológica como la nucleación, perchas artificiales, translocación de suelo, lluvia de semillas y reforestación por grupo.

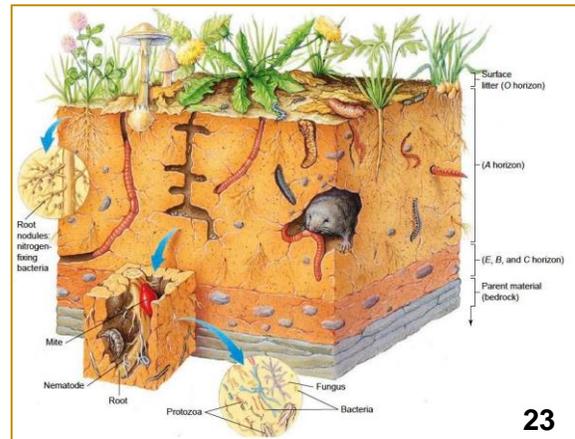
5.2.8. Transposición de suelo en áreas fragmentadas



En áreas que presenten procesos de fragmentación y por ende pérdida de conectividad, se propone utilizar un método denominado transposición de suelo, el cual consiste en transportar suelo de bosques que se encuentren en los bordes de las áreas que se deseen restaurar y que estén

en buen estado de conservación, con la finalidad que formen núcleos que permitan mejorar calidad del suelo y la conectividad del paisaje, mediante los procesos de incorporación de microorganismos y la interacción en el suelo donde se establezcan (Ruiz-Jaen y Aide, 2005).

La nucleación es un proceso que envuelve a cualquier elemento, biótico o abiótico, capaz de propiciar potencialidades para formar, nuevas poblaciones a través de la creación de nuevos nichos de regeneración y/o colonización. Estos núcleos van a actuar, dependiendo de su forma, tamaño y estructura, como corredores o trampolines ecológicos dentro



de una nueva perspectiva de manejo de los paisajes (Sanchún *et al.*, 2016).

Mediante la transposición de suelo se propicia la formación de microhábitats que funcionan como núcleos facilitadores para la llegada de especies animales y vegetales que, en un proceso sucesional, aumentan la probabilidad de la ocurrencia de relaciones interespecíficas, con un enfoque en modelos de manejo de la biofuncionalidad de los ecosistemas que buscan su integración con el paisaje natural que los rodea (Tres & Reis, 2007).

Cuadro 21. Proceso para la transposición de suelo en áreas fragmentadas

Actividad	Proceso de desarrollo
Caracterización	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Identificar áreas con mayor grado de fragmentación. ❖ Caracterización de las zonas fragmentadas.
Manejo	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Seleccionar áreas con buena formación de suelos en los márgenes de las áreas a restaura. ❖ Remover la capa de hojarasca y de materia orgánica, aproximadamente unos 20 cm de la superficie. ❖ Extraer suelo a una profundidad de 30 cm y de 20 cm de ancho. ❖ Depositar el suelo en bolsas de polietileno y etiquetarla. ❖ Transportarlas a las zonas de restauración. ❖ Realizar una cepa de 20 cm de ancho por 30 de profundidad. ❖ Depositar el suelo transportado y cubrir con materia orgánica de la zona. ❖ Con la finalidad de facilitar la formación de núcleos, se recomienda depositar semillas de especies de rápido crecimiento, de fijación de nitrógeno y de importancia económica.
Monitoreo	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Evaluar el desarrollo de los núcleos durante los primeros 3 años. ❖ Evaluar el desarrollo de las especies establecidas en los núcleos.

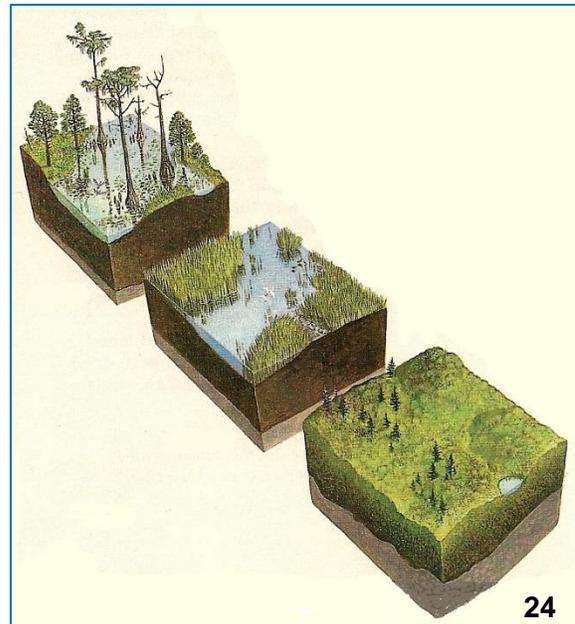
5.2.9. Manejo de turberas



Las turberas son humedales (ambientes inundados o saturados por aguas superficiales) formados por acumulación de turba, un material que resulta de la descomposición parcial de restos orgánicos. Esto se debe a la existencia de condiciones que limitan la mineralización de

la materia orgánica, tales como la baja disponibilidad de oxígeno por encharcamiento, baja actividad microbiana, las bajas temperaturas o la presencia de substratos muy pobres en nutrientes (FAO, 2014).

El mantenimiento de estas condiciones, muy en particular del encharcamiento, determina la formación y permanencia del hábitat, por ello, suele encontrarse en áreas de abundante lluvia y bajas temperaturas o en áreas donde la capa freática se mantiene en o cerca de la superficie del terreno durante la mayor parte del año. Proporcionan servicios vitales para el ecosistema, almacenan carbono y regulan el flujo hídrico (Martínez-Cortizas y García-Rodeja Gayoso, 2009).



Por la rareza y singularidad de su flora y fauna, la conservación y regeneración de las turberas es primordial en el mantenimiento de la biodiversidad (Domínguez y Vega, 2015).

Cuadro 22. Proceso para el manejo de turberas

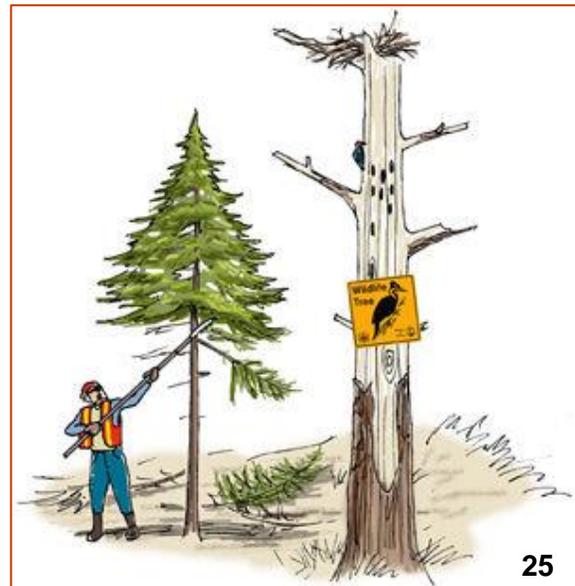
Actividad	Proceso de desarrollo
Caracterización	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Identificar las turberas existentes en los predios ❖ Realizar la caracterización ecológica y biológica.
Manejo de turberas	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Generar un calendario de priorización de las áreas de acuerdo a los niveles de degradación. ❖ Una vez identificado las especies presentes en las turberas manejar la composición florística mediante la reproducción de aquellas de menor distribución, realizar zanjas de desviación de sedimentos. En caso de ser consideradas dentro de las zonas de ecoturismo realizar senderos y puentes de madera para evitar la compactación. Evitar en las cercanías el uso de fertilizantes en la agricultura y la presencia de ganadería para evitar la contaminación.
Monitoreo	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Evaluar la dinámica sucesional de las turberas durante las diferentes estaciones de año, para identificar la presencia de especies de fauna migratoria o residentes principalmente aves que dependan en gran medida de las turberas. ❖ Identificar posibles amenazas que pongan en riesgo la integridad de los ecosistemas.

5.3. Prácticas a nivel de sitio



Las prácticas a nivel de sitio implican una mejora en el manejo forestal para la conservación de la biodiversidad. Las prácticas a este nivel contribuyen en la conservación de la biodiversidad, independientemente del tipo de bosque y el sistema de manejo silvícola, debido a que se aplican en una escala pequeña del rodal o del hábitat, mejorando la productividad y el funcionamiento del ecosistema (Fracassi *et al.*, 2014)

Las áreas de anidación, alimentación y reproducción de algunas especies de fauna silvestre, sitios que albergan plantas o animales raros, áreas con grupos de especies vulnerables (como rodales representativos de etapas sucesionales tardías, bosques primarios) o que son de importancia crítica para algunas especies en determinadas épocas del año, requieren especial atención durante las operaciones del manejo forestal dentro de las áreas de corta (Vargas, 2013).



La conservación de los recursos naturales, la sostenibilidad de los sistemas productivos y la apropiación del manejo forestal deben ser objetivos prioritarios para la sociedad en general y en la que las escalas pequeñas (nivel de sitio), contribuyen de manera importante con los objetivos de conservación de la biodiversidad.

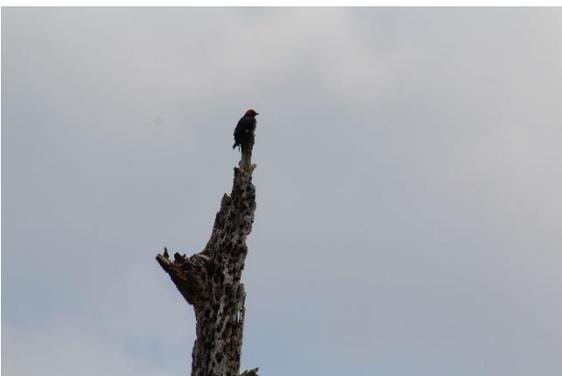
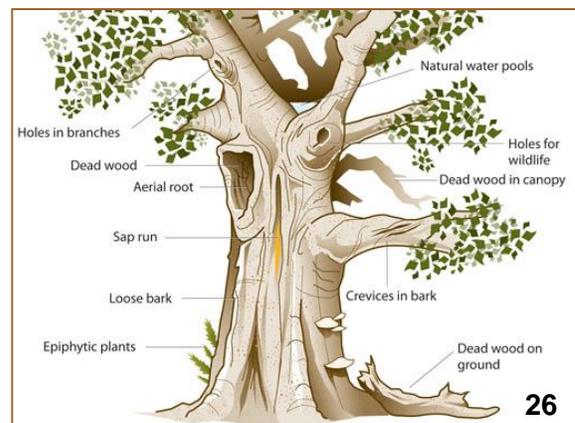
5.3.1. Mantenimiento de árboles muertos en pie



La madera muerta es un término que se utiliza para hacer referencia a las ramas caídas, árboles muertos en pie, troncos y tocones y en general a cualquier resto maderable que se encuentre en los bosques, los cuales representan un hábitat que provee de refugio, alimento y de

reproducción para un gran número de organismos como los insectos, reptiles, anfibios, mamíferos pequeños y especialmente a las aves (Salas, 1999).

A nivel de ecosistema, las diferentes formas en que se presenta la madera muerta contribuyen en gran medida a elevar la heterogeneidad espacial; así mismo las condiciones en las que se encuentre, determinarán a los organismos que se presenten en ella (Delgado y Pedraza, 2002).



Los pájaros carpinteros, realizan una serie de cavidades, las cuales son utilizadas por un amplio número de especies, que van desde anfibios, reptiles, mamíferos pequeños hasta aves que no tienen la capacidad de realizar sus propias cavidades. Se calcula que del total de las

aves que se distribuyen en un bosque de pino-encino del 40 al 66% prefieren árboles muertos para construir sus cavidades (Altamirano *et al.*, 2012).

Los vertebrados que prefieren árboles muertos en pie son principalmente aves, ardillas, musarañas, tlacuaches y ciertas especies de murciélagos, algunas especies son habitantes ocasionales y otros permanentes (Schwendtner *et al.*, 2002).

Cuadro 23. Proceso para el manejo de árboles muertos en pie

Actividad	Proceso de desarrollo
Caracterización	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Identificar árboles muertos en pie, durante el marqueo y mantener en pie por lo menos 10 árboles por hectárea. ❖ Caracterizar el grado de descomposición de los árboles. ❖ Evaluar el tipo de fauna que vive en el arbolado muerto en pie y caracterizar sus relaciones ecológicas con las demás especies que se asocian.
Manejo de árboles muertos en pie	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Procurar que los árboles muertos que se dejen en pie, tengan como mínimo de 35 cm, con la finalidad de tener la capacidad de ser usados como madrigueras o nidos. ❖ Cuando en las superficies no existan árboles muertos, procurar mantener aquellos que cuente con huecos y una gran cantidad de ramas, para ser usados como percheo o para la construcción de nidos.
Monitoreo	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Contar con un censo de los árboles muertos, los cuales deben ser georreferenciados para determinar su distribución espacial.

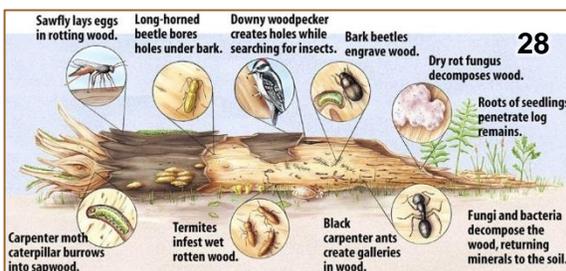
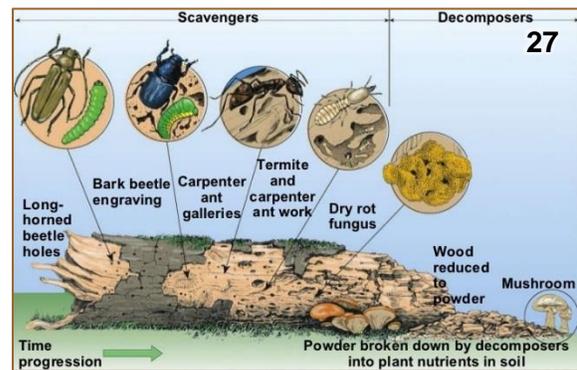
5.3.2. Mantenimiento de árboles muertos caídos



lluvia (Delgado y Pedraza, 2002).

La madera muerta caída aparte de servir como refugio a ciertas especies de fauna, contribuye en gran medida a una mejora en el suelo, es considerada una reserva de carbono, un sitio de fijación de nitrógeno y acumulación de materia orgánica, además actúa como esponja al absorber el agua de

Los anfibios y reptiles, principalmente salamandras habitan los troncos caídos en el suelo forestal, los cuales encuentran un hábitat adecuado que les provee de elevada humedad y alimento, básicamente insectos y artrópodos. La mayoría los insectos del orden Coleóptera, se alimentan de la madera en descomposición (Schwendtner *et al.*, 2002).



Las especies que habitan en la madera muerta, se alimentan de los descortezadores, que llegan a atacar a los árboles debilitados después que presenta un incendio forestal (Dajoz, 2000).

Un elemento muy importante en la descomposición de la madera son los hongos que crecen sobre los troncos. Durante la descomposición los hongos y bacterias, digieren el carbono y absorben el nitrógeno, de esta manera los animales se nutren del nitrógeno contenido en la madera (Hunter, 1990).



Muchos troncos caídos pueden representar un sustrato adecuado para el establecimiento y germinación de varias especies de plantas, por el detritus acumulado en las cavidades y surcos del tronco, el cual puede almacenar la humedad y materia orgánica que permite el crecimiento de plántulas de algunas especies (Maser y Trappe, 1984) y finalmente la presencia de grandes troncos puede ayudar a evitar la erosión y a disminuir el arrastre de partículas de suelo en laderas con pendientes pronunciadas durante la presencia de precipitación de gran intensidad (Delgado y Pedraza, 2002).

Cuadro 24. Proceso para el manejo de árboles muertos caídos

Actividad	Proceso de desarrollo
Caracterización	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Identificar árboles muertos caídos y caracterizar el grado de descomposición en el que se encuentran, el diámetro, longitud, etc. ❖ Caracterizar el grado de descomposición de los árboles. ❖ Evaluar el tipo de fauna que vive en el arbolado muerto caído y caracterizar sus relaciones ecológicas con las demás especies que se asocian.
Manejo de árboles muertos caídos	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Los árboles muertos caídos con un bajo grado de descomposición se deberán acomodar para acelerar el proceso y reducir el arrastre de partículas de suelo. ❖ Durante los recorridos dentro de los bosques se debe procurar no pisar los árboles caídos para evitar daños al hábitat de la fauna.
Monitoreo	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Contar con un censo de los árboles muertos, los cuales deben ser georreferenciados para determinar su distribución espacial. ❖ Monitorear el tipo de fauna que vive en el arbolado muerto caído y caracterizar sus relaciones ecológicas con las demás especies que se asocian.

5.3.3. Rescate y reubicación de epífitas



Las epífitas son plantas que crecen adheridas a los troncos, ramas de árboles y arbustos principalmente, algunas hendiduras o huecos ofrecen sitios de fácil colonización para estas plantas. El hospedero sobre el que crece una epífita es utilizado solo como soporte sin recibir algún

daño (Granados- Sánchez et al., 2004, Ceja *et al.*, 2008).

Las epífitas desempeñan un papel muy importante en la dinámica de las comunidades, al estratificarse verticalmente, desde los troncos hasta las copas del dosel, ofrecen una gran variedad de nichos y recursos que son aprovechados por diversos grupos de animales (hormigas, artrópodos, anfibios, aves) contribuyendo al incremento de la biodiversidad de las comunidades donde se encuentran (Ávila y Tavares, 2004; Dombia, 2006; INE, 2007; García-Franco y Toledo, 2008).



Adicionalmente las epífitas acumulan grandes cantidades de agua entre sus hojas y bulbos, proporcionando una vía alterna en la dinámica de este recurso dentro del bosque, además la biomasa de las epífitas establecida en las ramas interiores de los árboles, alberga un alto

contenido de nutrimentos esenciales como fósforo y nitrógeno los cuales posteriormente son reciclados, brindando rutas alternas al ciclo de nutrimentos y a la dinámica del agua (García-Franco y Toledo, 2008, Valencia, 2013).

Cuadro 25. Proceso para el rescate y reubicación de epifitas

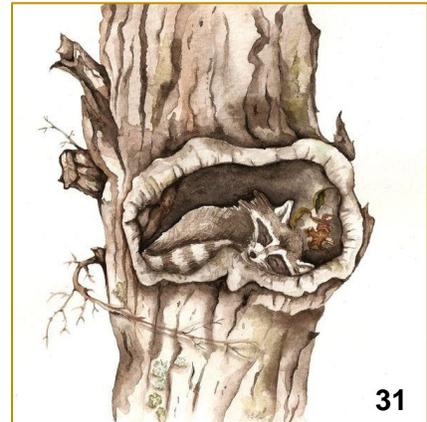
Actividad	Proceso de desarrollo
Colecta	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Durante los recorridos en los ecosistemas forestales, recolectar las epifitas (principalmente orquídeas y bromelias) que se encuentren en el suelo provenientes de ramas caídas por la acumulación excesiva.
Reubicación	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Definir áreas potenciales para la reubicación de epifitas, de preferencia que sean próximas a las zonas de rescate y que se encuentren segregadas del aprovechamiento forestal, de la construcción de caminos o de brechas cortafuego, siendo la más idóneas las franjas de protección de las partes altas de las cuencas, la vegetación ribereña y bosques de viejo crecimiento. ❖ Establecer como premisa que las especies hospederas sean las mismas que de donde se derribaron. ❖ Cuando las epifitas colectadas se encuentren agrupadas, separarlas de tal forma que se realicen grupos pequeños de tres bulbos o hijuelos para aumentar su población.
Monitoreo	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Se realizará el monitoreo de las epifitas reubicadas para un registro y control de su adaptación y desarrollo en su nuevo hábitat.

5.3.4. Formación de micro-hábitats



Un micro-hábitat es la parte más pequeña de un ecosistema que contiene flora y fauna distintiva. Normalmente las condiciones de un micro-hábitat difieren de las de su alrededor, lo que condiciona la presencia de ciertas especies. Los ejemplos típicos de micro-hábitats suelen ser troncos en pie y caídos (Vargas, 2013), así como paredes de cuevas, áreas rocosas y acantilados.

Una de las maneras de favorecer la formación de micro-hábitats consiste en dejar material leñoso (tocones, raíces y árboles secos o parcialmente secos en pie) sobre el suelo y en diferentes estados de descomposición. Esta acción desempeña un papel clave para contribuir al funcionamiento y la productividad de los ecosistemas forestales, al mantenimiento de la biodiversidad y al almacenamiento de carbono (Jardel, 2015).



La formación de este tipo de micro-hábitats es muy importante debido a que proveen recursos alimenticios para organismos que consumen hojarasca y madera, así como sitios de refugio y anidación para numerosas especies de animales que utilizan troncos, árboles muertos en pie y cavidades, así como un gran número de líquenes, briofitas y hongos (McComb y Lindenmayer, 1999).

Cuadro 26. Proceso para la formación de micro-hábitats

Actividad	Proceso de desarrollo
Caracterización	❖ Identificar árboles muertos, con cavidades profundas y en diferentes grados de descomposición
Formación de microhábitats	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Aquellos árboles con huecos naturales se deberán acondicionar para que la fauna que lo utilice esté protegida de la humedad y de los depredadores. Utilizando las ramas disponibles en el suelo se pueden realizar estructuras en forma de domo en la entrada de un hueco para ampliar el espacio disponible de la fauna y brindar mayor protección. ❖ Los tocones que no presenten huecos naturales, se recomienda realizarles la apertura de una entrada en la parte inferior, para que mamíferos pequeños puedan realizar su madriguera en el interior del tronco.
Monitoreo	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Contar con un censo de las madrigueras naturales o artificiales. ❖ Monitorear el tipo de fauna que utilice dichas madrigueras, lo cual puede ser mediante el uso de técnicas de fototrampeo o de manera indirecta mediante restos de comida, pelaje o excretas.

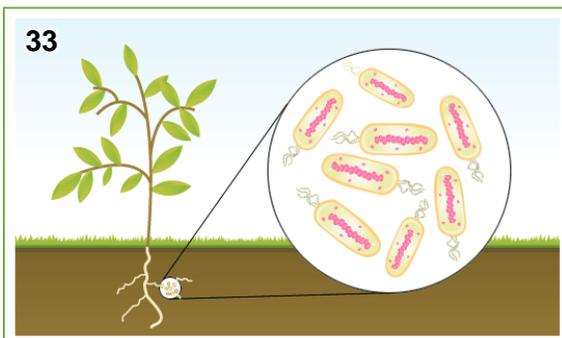
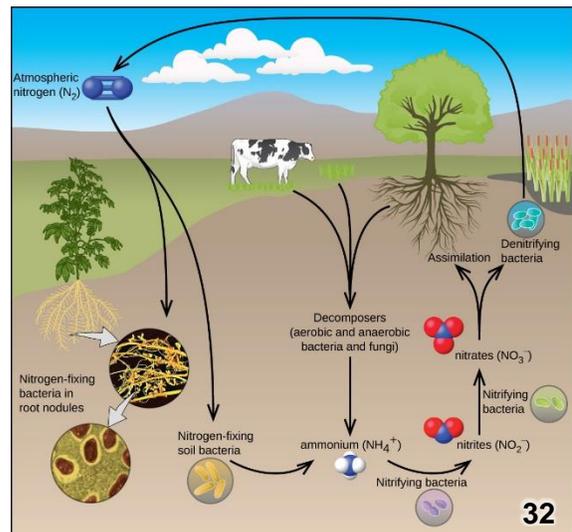
5.3.5. Manejo de especies fijadoras de nitrógeno.



Conservar la diversidad de organismos existentes en el suelo, como hongos, micorrizas, bacterias o lombrices, mejora la resistencia de las plantas frente al ataque plagas, enfermedades o condiciones climatológicas adversas, aumenta la productividad de los ecosistemas y propicia

la restauración de áreas degradadas (González, 2004).

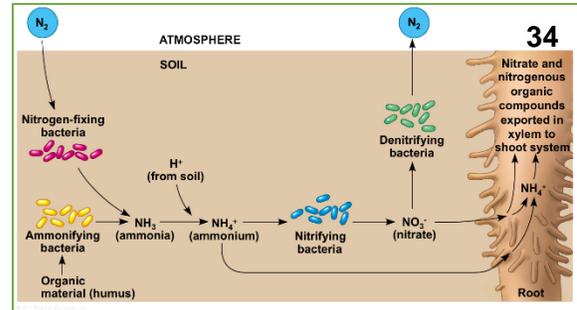
Las micorrizas resultan de la asociación benéfica de hongos con las raíces de plantas, éstas se desarrollan en 95% de las plantas vasculares y algunos musgos. La asociación simbiótica cumple un papel fundamental en las funciones de los ecosistemas, ya que ayudan a adquirir a la planta nutrientes minerales (principalmente fósforo y nitrógeno) y agua del suelo en cantidades que la planta no podría obtener por sí misma, protege a la planta del ataque de organismos patógenos, a cambio de esto la planta les proporciona energía en forma de azúcares producto de la fotosíntesis (Martínez, 2008).



Las asociaciones simbióticas contribuyen en la fertilización del suelo, el rebrote es otra respuesta funcional a eventos de sequía o a disturbios como el fuego y el ramoneo, esta propiedad debe ser estudiada ya que puede tener mucha

utilidad en acciones de restauración, reforestación o aprovechamiento de productos forestales no maderables (Martínez, 2008).

Las bacterias *Rhizobium* capturan el nitrógeno del aire y lo fijan en el suelo. Estas bacterias se encuentran asociadas a leguminosas que utilizan los carbohidratos de las plantas como fuente de energía, fijan el nitrógeno y traspasan parte de él a la planta. A su vez las *Azotobacter* adquieren su energía de la materia orgánica del suelo, fijan el nitrógeno libre y lo incorporan a su propio tejido (SAG, 2013).



Entre las principales especies fijadoras de nitrógeno, se recomienda el uso de las siguientes: *Lupinus caudatus*, *Castilleja arvensis*, *Oreopanax xalapensis*, *Dodonea viscosa*, *Baccharis latifolia*, *Trema micrantha*, *Ochroma pyramidale*, *Vicia sativa*, *Avena sativa*, *Secale cereale*, *Medicago polymorpha*, *Dalea purpurea*, *Trifolium repens*, *Ornithopus sativus* y *Poa pratensis*

(San Miguel, 2008).

Cuadro 27. Proceso para manejo de especies fijadoras de nitrógeno

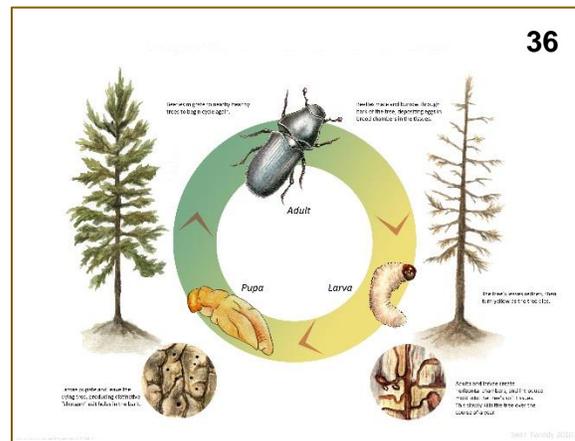
Actividad	Proceso de desarrollo
Caracterización	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Identificar las especies fijadoras de nitrógeno y fósforo presentes en los ecosistemas ❖ Caracterización ecológica de las especies fijadoras
Manejo de especies fijadoras de nitrógeno	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Durante las limpiezas en las áreas de aprovechamiento, mantener una combinación de especies fijadoras de nitrógeno con las de importancia comercial. ❖ En áreas que no estén presentes especies fijadoras, inducir su establecimiento en áreas de un metro cuadrado mediante siembra al boleto y en combinación de gramíneas, leguminosas y arbustos. ❖ Durante la producción de pinos o encinos para reforestación, realizar una mezcla de semillas con especies como <i>Trifolium repens</i>, <i>Medicago polymorpha</i> y <i>Lupinus caudatus</i>.
Monitoreo	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Realizar el monitoreo de las especies fijadoras y el control de especies consideradas malezas (ej. <i>Pteridium aquilinum</i>).

5.3.6. Manejo integral de plagas forestales



La manera más eficaz de abordar las plagas forestales es el manejo integrado, el cual se define como una combinación de medidas de prevención, observación y supresión que pueden ser eficientes ecológica, económicamente y aceptable socialmente (FAO, 2010).

Los insectos descortezadores son la principal plaga en los bosques de coníferas, el escarabajo descortezador ataca en masa directamente a través de la corteza del árbol; su comportamiento debilita y mata al árbol a medida que se multiplica, posteriormente se mueve al árbol más cercano, donde dicha población puede crecer rápidamente y afectar a miles de árboles en corto tiempo (Cibrián *et al.*, 2001)



A continuación, se presenta un cuadro con las especies de plaga presentes en el estado de Chiapas (Cibrián *et al.*, 2001), así como las afectaciones al arbolado según la NOM-019-RECNAT-1999 que establece los lineamientos técnicos para el combate y control de los insectos descortezadores de las coníferas.

Cuadro 28. Principales afectaciones por tipo de plaga presente en Chiapas

Especies de plaga	Evidencia del daño
<i>Dendroctonus adjunctus</i> <i>Dendroctonus mexicanus</i> <i>Dendroctonus frontalis</i> <i>Dendroctonus aproximatus</i> <i>Dendroctonus parallelocilis</i>	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Presencia de grumos de resina en el fuste y/o ramas, los grumos de resina son suaves, tornándose duros y de coloración rojiza. ❖ Cambio de coloración del follaje de verde a rojizo. ❖ Presencia de galería en la corteza interna.
<i>Dendroctonus valens</i>	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Presencia de grumos de resina de gran tamaño, de hasta 5 cm de longitud, en la parte baja del fuste. ❖ Afecta árboles sobremaduros.
<i>Ips mexicanus</i> <i>Ips bonanseai</i> <i>Ips lecontei</i> <i>Ips calligraphus</i>	<ul style="list-style-type: none"> ❖ En la superficie de la corteza de los árboles afectados aparecen montículos de aserrín. ❖ Presencia de galerías limpias en la corteza interna. ❖ El insecto ataca en las ramas y parte terminal del fuste ❖ Cambio de coloración del follaje iniciando en la parte terminal.

Cuadro 29. Proceso para el manejo integral de plagas forestales

Actividad	Proceso de desarrollo
Caracterización	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Realizar recorridos en las áreas de incidencia para identificar los posibles brotes de plagas y enfermedades, con el objetivo de atender los sitios en tiempo y forma.
Manejo integral de plagas forestales	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Se recomienda realizar cortas de saneamiento con el objetivo de evitar que las enfermedades y plagas contagien a otros árboles causando un problema más grave. ❖ Realizar aclareos en áreas con alta densidad para disminuir la competencia y vulnerabilidad al ataque de plagas. ❖ Para el caso del descortezador (<i>Dendroctonus spp</i>) se recomienda la aplicación de un tratamiento mecánico de derribo, troceo y descortezado en árboles que presenten grumos de resino en el fuste y color del follaje de verde-almonado a amarillento. ❖ Para la supresión es preferible el control mecánico y biológico mediante la utilización de enemigos naturales y plaguicidas biológicos u otros métodos de control sostenibles, en lugar de plaguicidas sintéticos. ❖ Evitar daños a los árboles en pie durante las actividades forestales, ya que esto puede afectar su vigor, permitir el acceso de infecciones y hongos y aumentar la susceptibilidad a otras plagas. ❖ Desinfectar el equipo y los contenedores de transporte para evitar la transferencia de plagas.
Monitoreo	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Capacitación a los silvicultores y propietarios de terrenos forestales sobre cómo identificar las principales especies de plagas, sus daños y los procedimientos para notificar la presencia de plagas.

5.3.7. Establecimiento de infraestructura informativa



La infraestructura informativa corresponde a un sistema de comunicación visual sintetizado en un conjunto de señales o símbolos que cumplen la función de guiar, orientar u organizar a una persona o conjunto de personas en aquellos puntos del espacio que planteen dilemas de comportamiento, durante sus recorridos en los ecosistemas forestales.

El diseño de la infraestructura informativa empieza con el estudio de las zonas de importancia ecológica, red caminos, especies en estatus de riesgo, paisajes de belleza escénica, los cuales puedan ser utilizados como senderos interpretativos o que requieran un cuidado especial para su



protección. Todos estos atributos deben presentarse mediante símbolos gráficos sintéticos y de fácil comprensión para guiar la conducta de los visitantes en los diferentes ecosistemas.

Cuadro 30. Proceso para el establecimiento de infraestructura informativa

Actividad	Proceso de desarrollo
Caracterización	❖ Identificar la información necesaria a establecer para guiar la conducta de las personas que realizan visita o recorridos periódicos en los ecosistemas forestales.
Establecimiento	❖ Los letreros se establecerán en caminos rurales o rutas donde la circulación sea de baja velocidad y las condiciones del camino permitan su apreciación desde cualquier medio de transporte. ❖ Establecer señalética de tipo restrictivo, informativo, turístico, legal y direccional.
Mantenimiento	❖ Realizar el mantenimiento de los letreros dañados.

6. LITERATURA CITADA

- ACBPEM, 2015. Alianza para la Conservación de los Bosques de Pino-Encino de Mesoamérica. Disponible en: <http://www.alianzapinoencino.org/>
- Agee, J. K. 1993. Fire ecology of pacific northwest forests. Island Press, Washington, DC.
- Aguirre-Planter, E; G. R. Furnier y L. E. Eguiarte. 2000. Low levels of genetic variation within and high levels of genetic differentiation among populations of species of *Abies* from southern Mexico and Guatemala. *American Journal of Botany* 87: 362-371.
- Altamirano A. T; J. Tomás I; K. Martin y C. Bonacic C. 2012. Arboles viejos y muertos en pie: un recurso vital para la fauna del bosque templado de Chile. N° 15, La Chiricoca. 6 p.
- Anderson, G.S. y B. J. Danielson. 1997. The effects of landscape composition and physiognomy on metapopulation size: the role of corridors. *Landscape Ecology* (12) pp: 261-271.
- Aparicio, J. 1993. Fundamentos de hidrología de superficie. Editorial Limusa. México, D.F. 303 p.
- Avila, A. J. y V. T. Tavares. 2004. Programa de rescate, protección y conservación de flora y fauna silvestre "Proyecto Línea de Transmisión Santa Fe Entronque La Fragua-Jurica" Universidad Autónoma Metropolitana. 96Pp.
- Baur, G.N. 1968. The Ecological Basic of rain forest management. Sydney, Australia: Forestry commission, New South Wales. 499p.
- Benítez, M. E. 1996. Dinámica sucesional en claros producidos por perturbaciones naturales y explotaciones forestales. *Revista Forestal Venezolana*. Mérida, Venezuela. 40 (2) pp: 21-28.
- Bennett, A. 1998. Linkages in the Landscape: The Role of Corridors and Connectivity in Wildlife Conservation. IUCN, Gland, Suiza y Cambridge, RU, 254 p
- Bennett, A. 2004. Enlazando el paisaje: el papel de corredores y la conectividad en la conservación de la vida silvestre. Trad. JM Blanch. San José, CR. UICN. 1278 p.

- Berlanga, H; J. A. Kennedy; T. D. Rich; M. C. Arizmendi; C. J. Beardmore; P. J. Blancher; G. S. Butcher; A. R. Couturier; A. A. Dayer; D. W. Demarest; W. E. Easton; M. Gustafson; E. Iñigo-Elias; E. A. Krebs; A. O. Panjabi; V. Rodriguez Contreras; K. V. Rosenberg; J. M. Ruth; E. Santana Castellón; R. Ma Vidal y T. Will. 2010. Conservando a nuestras aves compartidas: La visión trinacional de Compañeros en Vuelo para la conservación de las aves terrestres. Cornell Lab of Ornithology: Ithaca, NY.
- Bertrán S, J; E. Morales V. 2008. Potencial de biomasa forestal. 56 p. Comisión Nacional de Energía (CNE), Santiago, Chile.
- Binkley, D. & C. Giardina. 1997. Nitrogen fixation in tropical forest plantations. En: Management of soil, nutrients and water in tropical plantation forest. Sadanandan Nambiar E.K. & A. G. Brown, Ed. Australian Centre for International Agricultural Research, Canberra, pp: 297-337.
- BirdLife International. 2008. El estado de conservación de las aves del mundo: indicadores en tiempos de cambio. Cambridge, UK: BirdLife International. 28 p.
- Bond W.J. & B. W. Van Wilgen. 1996. Fire and plants. Population and Community Biology Series. 14. Chapman & Hall. London, UK. 263 p.
- Bragagnolo, N; H. Ago y A. Kessler. 1995. Guía de manejo y conservación de suelos y agua. Documento de campo 9. Organización para la Agricultura y la Alimentación (FAO). 133 p.
- Bragagnolo, N; H. Ago y A. Kessler. 1995. Guía de manejo y conservación de suelos y agua. Documento de campo 9. Organización para la Agricultura y la Alimentación (FAO). 133 p.
- Bray, D.B; L. Merino P y D. Barry. 2007. Los bosques comunitarios de México. Manejo sustentable de paisajes forestales. Instituto Nacional de Ecología (INE-SEMARNAT), Consejo Civil Mexicano para la Silvicultura Sostenible. México, D.F. 444 p.
- Breedlove D.E. 1981. Flora of Chiapas. Part I: Introduction to the Flora of Chiapas. California Academy of Sciences, San Francisco.

- Cano. 2011. Interacción de microorganismos benéficos en plantas: Micorrizas, *Trichoderma* spp. y *Pseudomona* spp. una revisión. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgacion Científica* 14 (2): 15-31.
- Carignan, V. y M. Villard. 2002. Selecting indicator species to monitor ecological integrity: A review. *Environmental Monitoring and Assessment* 78: 45-61.
- Carranza D. Z. 2006. Tesis "Selección e identificación de especies de hongos ectomicorrizógenos del Estado de Hidalgo más competentes en medio de cultivo sólido". Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Instituto de Ciencias Agropecuarias 110Pp.
- Casas de la P, L. M. 2009. Breve análisis de la política forestal mexicana a partir de 2001. Mecanoescrito.
- Caselli A., J. Romero, V. Cambi, C. D'Alfonso, A. Long, C. Ramírez, A. Schwarz y R. Zugbi. 2008. Algunas de las muchas plantas nativas de las sierras del Tandil. Organización de las Naciones Unidas para la Educación la Ciencia y Cultura (UNESCO). Argentina. 44-51 p.
- Ceja R. J., Espejo, S, A., López, F. A. R., García, C. J., Mendoza, R. A. y Pérez, G. B. 2008. Las plantas epifitas, su diversidad e importancia. *Rev. Ciencias* 35-41Pp.
- Chuvieco, E; L. Giclio & C. Justice. 2008. Global characterization of FIRE activity: toward defining FIRE regimes from Herat observation data. *Global Change Biology*. 14; 1-15.
- Cibrian T, D; G. Iñiguez H; C. Llanderal C y A. Sánchez V. 2001. Manual para la identificación y manejo de las plagas y enfermedades forestales del estado de Jalisco". Fideicomiso para la Administración del Programa de Desarrollo Forestal del Estado de Jalisco, México. 143 p.
- CNA, 2007. Estadísticas del Agua en México. Comisión Nacional del Agua. México. 201 p.
- Collier G.A. y E. L. Quaratiello. 1994. ¡Basta! Land and the Zapatista Rebellion in Chiapas. The Institute for Food and Development Policy, Oakland.

- CONABIO, 2013. La biodiversidad en Chiapas: Estudio de Estado. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad/Gobierno del Estado de Chiapas. México. 435 p.
- Contreras-Medina, R e I. Luna-Vega. 2007. Species richness, endemism and conservation of Mexican gymnosperms. *Biodiversity and Conservation*. 16: 1803-1821.
- Cram H, S; E. Quintanar G y S. Martínez T. 2008. Informe final "Evaluación del Impacto de Acciones de Conservación de Suelos en el Centro de México INE/A1-003/2008.
- Crow, T. R. 1990. Old growth and biological diversity: a basis for sustainable forestry. In Proc. from Conf. on Old Growth Foresta, Univ. of Toronto, January 20, 1990, pp. 49-62. Canadian Scholar's Press, Toronto, Ontario.
- Damon A. y P. Salas-Roblero. 2007. A survey of pollination in remnant orchid populations in Soconusco, Chiapas, México. *Tropical Ecology* 48: 1-14.
- Danserau, P. A. 1957. Biogeography: as ecological perspective. The Ronald Press Co. New York. USA. 394 p.
- De-Bano, L.F; G. Neary D & F. Folliott P. 1998. Fire's effects on ecosystems: it's effect on soil and other ecosystem. Wiley publisher. 352 p.
- Delgado, L. y R. A. Pedraza P. 2002. La madera muerta de los ecosistemas forestales. *Foresta Veracruzana* ISSN: 1405-7247, vol. 4, núm. 2, pp.59-66.
- Domínguez, E. y D. Vega-Valdés. 2015. Funciones y servicios ecosistémicos de las turberas en Magallanes. Colección de libros INIA n° 33. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Centro regional de Investigación Kampenaike. Puntas Arenas, Chile. 334 p.
- Doumbia J. 2006. Plan de Rescate y Reubicación de Fauna y Flora Silvestre. Proyecto Costa Norte. Provincia de Colón. 51Pp.
- Eichner, T. 2002. Ackerly Creek: Riparian buffer survey. Pennsylvania, Keystone College's Willary Water Discovery Center. United States. 18 p.
- Elbers, J. 2011. Las áreas protegidas de América Latina: Situación actual y perspectivas para el futuro. Quito, Ecuador, UICN, 227 p.

- Estades, C. F. 2003. Fragmentación del hábitat. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias, Depto. Manejo de Recursos Forestales.
- Etter, A. 1990. Ecología del paisaje: un marco de integración para los levantamientos rurales. IGAC, Bogotá.
- FAO, 1978. Planificación de carreteras forestales y sistemas de aprovechamiento. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). 181 p.
- FAO. 2014. Towards climate-responsible peatlands management. Biancalani R., y Avagyan A. (Editors). Roma. 117 p.
- Fernández, I; N. Morales; L. Olivares; J. Salvatierra; M. Gómez y G. Montenegro. 2010. Restauración ecológica para ecosistemas nativos afectados por incendios forestales. Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile. 163 p.
- Ferrari, A. E & L. G. Wall. 2004. Utilización de árboles fijadores de nitrógeno para la revegetación de suelos degradados. Revista de la Facultad de Agronomía, La Plata. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP, Argentina. Vol. 105 (2), pp: 63 – 87.
- Fracassi N; R. Quintana; J. Pereira; G. Mujica y R. Landó. 2014. Protocolo de Estrategias de Conservación de la Biodiversidad en Bosques Plantados de Salicáceas del Bajo Delta del Paraná. 1a ed. - Delta del Paraná, Buenos Aires: Ediciones INTA. 60 p.
- Franquis, F. R e A. M. Infante. 2003. Los Bosques y su Importancia para el Suministro de Servicios Ambientales. Rev. For. Lat. 34, pp: 17 – 30.
- García-Franco J.G. y A. T. Toledo, A. 2008. Epifitas vasculares: bromelias y orquídeas. Agroecosistemas cafetaleros de Veracruz Capítulo 5. 15Pp.
- Gayoso, J y M. Acuña, 1999. Mejores prácticas de manejo forestal. Guía de campo. Universidad Austral de Chile. Valdivia. 40 p.
- González M, F. 2004. Las comunidades vegetales de México. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales-Instituto Nacional de Ecología. México. 88 p.
- González-Espinosa M; N. Ramírez-Marcial y L. Ruiz-Montoya. 2005. Diversidad Biológica en Chiapas. Plaza y Valdés, Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Chiapas, El Colegio de la Frontera Sur, México, D.F.

- Granados S, D; M. A. Hernández G y G. F. López R. 2006. Ecología de las zonas ribereñas. Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente 12, pp: 55-69.
- Granados-Sánchez, D; G. F. López-Ríos; M. Á. Hernández-García y A. Sánchez-González. 2004. Ecología de las plantas epifitas. Revista Chapingo Serie de Ciencias Forestales y del Ambiente 9(2):101-111.
- Gual-Díaz, M. y A. Rendón-Correa (comps.). 2014. Bosques mesófilos de montaña de México: diversidad, ecología y manejo. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. 352 p.
- Guerrero S, J. L. 2013. Diagnostico ecológico y socio-económico del desarrollo sustentable para la actividad resinera en la Sierra Madre de Chiapas. Fundación Carlos Slim-Pronatura Sur A.C. 48 p.
- Guzmán A. 1984. Study of wood chip production from forest residues in Chile. Biomass 5(3):167-179.
- Hernández L, I. G. 2011. Las aves como agentes en la restauración pasiva del Bosque Mesófilo de Montaña en el centro de Veracruz, México. Tesis de Maestría. Instituto de Ecología, A.C. Veracruz, México. 46 p.
- Hogan, K. P & J. L. Machado. 2002. La luz solar: consecuencias biológicas y su medición. En: Ecología y Conservación de Bosques Neo tropicales. Costa Rica: Libro Universitario Regional, 692 p.
- Hunter, M.L. Jr. 1990. Wildlife, forest, and forestry. Principles of managing forests for biological diversity. Prentice Hall, New Jersey. 370 p.
- INEGI. 2015. Estadísticas a propósito del día mundial del suelo (5 de diciembre). Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México. 9 p.
- Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas, y Pecuarias (INIFAP). 2005. Manejo integrado del escarabajo descortezados *Dendroctonus adjunctus* Blandford en los bosques de *Pinus rudis*. Folleto técnico No. 17. Saltillo. 22Pp.
- Janzen, D. H. y C. Vázquez-Yanes. 1991. Aspects of tropical seed ecology of relevance to management of tropical forested wildlands. En: A. Gómez-Pompa, T.C. Whitmore y M. Hadley (Eds.). Rain Forest Regeneration and

- Management. Man and Biosphere Series 6, UNESCO y Parthenon Publishing Group. Paris, Francia. pp. 137-157.
- Jardel P, E y L. R. Sánchez-Velásquez. 1989. La sucesión forestal: fundamento ecológico de la silvicultura. Ciencia y desarrollo. Vol. XIV (84), pp: 33-43.
- Jardel P, E.J. 2015. Criterios para la conservación de la biodiversidad en los programas de manejo forestal. CONAFOR-PNUD. México. 126 p.
- Juárez-Sánchez, M; P. A. Domínguez-Calleros y J. Návar-Chaidez. 2014. Análisis de la estructura silvícola en bosques de la Sierra de San Carlos Tamaulipas, México. Foresta Veracruzana, vol. 16, núm. 1, 25-34Pp.
- Kimmins, J. P. 1997. Forest ecology: A foundation for sustainable management. Prentice Hall, New Jersey. 596 p.
- Koleff, P. y T. Urquiza-Haas (coords.). 2011. Planeación para la conservación de la biodiversidad terrestre en México: retos en un país megadiverso. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad–Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, México. 250 p.
- Lamprech, H. 1990. Silvicultura en los trópicos: los ecosistemas forestales en los bosques tropicales y sus especies arbóreas; posibilidades y métodos para un aprovechamiento sostenido. República Federal Alemana. 335 p.
- Landeros-Sanchez C; J.C. Moreno-Seceña; L. Nikolskii G y O. Bakhlaeva E. 2016. Impacto de la agricultura sobre la biodiversidad. Colegio de Postgraduados Campus Veracruz. México. 477-491 p.
- Lloret, F. & M. Vila. 2003. Diversity patterns of plant functional types in relation to fire regime and previous land use in Mediterranean woodlands. Journal of Vegetation Science, 14: 387-398.
- Louman, B; J. Valerio y W. Jiménez. 2001. Bases ecológicas en silvicultura de bosques latifoliados húmedos con énfasis en América Central. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 78 p.
- Luna B. L. 2014. Aprovechamiento forestal y su impacto en la vegetación y propiedades físicas del suelo en Santa Catarina Ixtepeji, Oaxaca. Tesis maestría en ciencias, Montecillo, Texcoco. 210Pp.

- Manson, R. H; Jardel, P y J. Enrique. 2009. Perturbaciones y desastres naturales: impactos sobre las ecorregiones, la biodiversidad y el bienestar socioeconómico, in: Capital Natural de México, Vol. II: Estado de Conservación y Tendencias de Cambio. CONABIO, México. 131-184 p.
- Martínez R. M. 2008. Grupos funcionales, en Capital natural de México, Vol. 1: Conocimiento actual de la biodiversidad. CONABIO, México, 365-412 pp.
- Martínez-Cortizas, A y E. García-Rodeja. 2009. Grupo 7. Turberas, turberas bajas y áreas pantanosas. En: VV.AA., Bases ecológicas preliminares para la conservación de los tipos de hábitat de interés comunitario en España. Madrid: Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino. 9 p.
- Martjan L, J; J. A. Rojas T; F. M. Casillas O y O. Roger L. 1997. Situación y conservación de los bosques antiguos de pino-encino de la Sierra Madre Occidental y sus aves endémicas. Consejo Internacional para la Preservación de las Aves, Sección Mexicana. 103 p.
- Maser, C. & J.M. Trappe. 1984. The seen and unseen world of the fallen tree. Technical report U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Forest and Range Experiment Station. 56 p.
- McComb, W & D. Lindenmayer. 1999. Dying, dead, and down trees, in: Maintaining Biodiversity in Forest Ecosystems. Cambridge University Press, Cambridge, UK. 335–372 p.
- McKenzie, D; C. S. Miller y D. A. Falk. 2011. The Landscape Ecology of Fire. Springer Verlag.
- McNally, R. y E. Fleishman. 2002. Using indicator species to model species richness: model development and predictions. Ecology Applications 12: 79-92.
- McNaught D; J. Rudek y E. Spalt. 2003. Riparian Buffers: Common sense protection of North Carolina's water. Environmental defense, US, 38p.
- Möller, P. 2011. Las franjas de vegetación ribereña y su función de amortiguamiento, una consideración importante para la conservación de humedales. Gestión Ambiental 21, pp: 96-106.
- Monroy R. A. 2011. Pastoreo con enfoque holístico: efecto sobre la fertilidad, química edáfica, vegetación nativa y repuesta productiva de una manada mixta en un

- bosque de encino. Tesis de maestría. Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Postgrado de edafología. México. 88 p.
- Montoya G, G; A. M. Arce; J. F. Hernández R y J. U. García C. 2009. El sector forestal en Chiapas: Un análisis desde la perspectiva de la economía ecológica. Nova Scientia. León, Guanajuato, México. Vol. 2-1, núm. 3, noviembre-abril, pp: 37-50.
- Montoya G, G; J. F. Hernández Ruiz y J. U. Carpio Cruz. 2009. Estudio de cinco productos no maderables de Chiapas. San Cristóbal de Las Casas, Chiapas México El Colegio de la Frontera Sur, Ecosur.
- Morgan, P; C. Hardy C; W. Swetnam T; G. Rollins M. & G. Long D. 2001. Mapping fire regimes across time and space: understanding coarse and fine-scale patterns. *International Journal of Wildland Fire*. 10; 329-342.
- Mostacedo B. 2000. Manual de métodos básicos de muestreo y análisis en ecología vegetal. BOLFOP. Bolivia. 92 p.
- Muñoz-Pedrerros, A. 2004. La evaluación del paisaje: una herramienta de gestión ambiental. *Revista chilena de historia natural*. V.77 (1). Santiago de Chile. ISSN 0716-078X.
- NOM-060-ECOL-1994. Norma Oficial Mexicana, que establece las especificaciones para mitigar los efectos adversos ocasionados en los suelos y cuerpos de agua por el aprovechamiento forestal. *Diario Oficial de la Federación*. 6 p.
- NOM-152-SEMARNAT-2006. Norma oficial mexicana que establece los lineamientos, criterios y especificaciones de los contenidos de los programas de manejo forestal para el aprovechamiento de recursos forestales maderables en bosques, selvas y vegetación de zonas áridas. *Diario oficial*. 24 p.
- Ochoa-Gaona, S; M. González-Espinosa; A. Meave J. y V. Sorani-Dal Bon. 2004. Effect of forest fragmentation on the Woody flora of the highlands of Chiapas, Mexico. *Biodiversity and Conservation* 13:867-884.
- Oesterheld, M & M. Semmartin. 2011. Impact of grazing on species composition: adding complex to a generalized model. *Austral Ecology*. 1-10 p.

- Packer, P. E. & G. F. Christensen. 2014. Técnicas para controlar el sedimento en caminos forestales secundarios. Primera edición en español, versión digital. CONAFOR-PNUD- GEF-RA. México. 46 p.
- Palacio-Prieto, J; L. G. Bocco; A. Velázquez; J. F. Mas; F. Takaki-Takaki; A. Victoria, A; L. Luna-González; G. Gómez-Rodríguez; J. López-García; M. Palma-Muñoz; I. Trejo-Vázquez; A. Peralta-Higuera; J. Prado-Molina; A. Rodríguez-Aguilar; R. Mayorga- Saucedo y F. González-Medrano. 2000, La condición actual de los recursos forestales en México. Resultados del Inventario Nacional Forestal 2000, Investigaciones Geográficas. Boletín 43, Instituto de Geografía, UNAM, México City, México.
- Pausas, J.G y E. Keeley, J. 2009. A Burning Story: The Role of Fire in the History of Life. *BioScience* 59, 593-601.
- Pérez F, M. A; C. Tejeda C y E. Silva R. 2010. Los bosques mesófilos de montaña en Chiapas. Situación actual, diversidad y conservación. Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. 330 p.
- Pérez L, P; F. López B; F. García O; O. Cuevas-Reyes y A. González-Rodríguez. 2013. Procesos de regeneración natural en bosques de encinos: factores facilitadores y limitantes. *Revista de la DES Ciencias Biológico agropecuarias*, Universidad Michoacana de San Nicolás Hidalgo. No1: 18-24.
- PNUMA, 2002. Atlas de acuerdos internacionales sobre el agua dulce. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) (<http://www.transboundarywaters.orst.edu/publications/atlas/>).
- Price, P & S. Lovett. 2002. Maintaining riparian land, Fact Sheet 1, Land & Water Australia. Canberra. <http://lwa.gov.au/files/products/river-landscapes/pf020253/pf020253.pdf>
- Ramírez-Marcial, N; A. Camacho-Cruz; M. Martínez-Icó; A. Luna-Gómez; D. Golicher y M. González-Espinosa. 2010. Árboles y arbustos de los bosques de montaña en Chiapas. El Colegio de la Frontera Sur. San Cristóbal de Las Casas, México. 244 pp.

- Rappole J, H; D. I. King y P. Leimgruber. 2000. Winter habitat and distribution of the endangered Golden-cheeked Warbler (*Dendroica chrysoparia*). *Animal Conservation* 2:45-59.
- Ruiz-Jaen, M.C y T.M. Aide. 2005. Restoration success: How is it being measured? *Restoration Ecology*, 13(3):569-577.
- Salas P. M. Á., 1999. Árboles muertos en pie y su relación con las aves silvestres en un bosque de México. *Observatorio Medioambiental* ISSN: 1132-1660 número 2, 287-294.
- San Miguel A, A. 2008. Gramíneas de interés para la implantación de praderas y la revegetación de zonas degradadas. *Ecología y pautas básicas de utilización*. Departamento de Silvopascicultura. Universidad Politécnica de Madrid. 25 p.
- Sánchez S, J. A. y M. Torres L. 2006. Manual para la identificación de los principales problemas fitosanitarios de los bosques del Estado de Coahuila. INIFAP-CIRNE. Campo Experimental Saltillo. Publicación especial Núm. 7. Coahuila, México.
- Sánchez, O; E. Vega; E. Peters y O. Monroy-Vilchis (editores). 2003. Conservación de ecosistemas templados de montaña en México. Diplomado de capacitación y actualización sobre conservación de ecosistemas templados de montaña en México. INE, México. 316 p.
- Sanchún A; R. Botero; A. Morera B; G. Obando; R. O. Russo; C. Scholz y M. Spinola 2016. Restauración funcional del paisaje rural: manual de técnicas. UICN, San José, Costa Rica. XIV + 436p.
- Sastre, P; J. V. De Lucio y C. Martínez. 2002. Modelos de conectividad del paisaje a distintas escalas. *Ecosistemas*. Revista científica y técnica de ecología y medio ambiente. (2) 10 p.
- Schimmel, J. & A. Granstrom. 1996. Fire severity and vegetation response in the Boreal Swedish forest. *Ecology*, 77: 1436-1450.
- Schultz, L. N., J. W. Morgan, & I. D. Lund. 2011. Effecta of grazing exclusion on plant species richness and phytomass occumulation vary across a regional productivity gradient. *Journal of vegetation Science* 22: 130-142.

- Schwendtner, O; I. Recalde, I; J. Y. Alcalde; J. Gómez y S. Cárcamo. 2002. Importancia de los árboles senescentes y la madera muerta en la gestión de los bosques naturales. Sección de Gestión Forestal. 8Pp.
- SINAC, 2007. Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC) Grúas II. Propuesta de ordenamiento territorial para la conservación de la biodiversidad de Costa Rica: Vol 1. Análisis de vacíos en la representatividad e integridad de la biodiversidad terrestre / SINAC- MINAE. – 1 ed.— San José, C.R. Asociación Conservación de la Naturaleza, 2007. 100 p.
- Strahler, A. N. 1964. Quantitative geomorphology of drainage basin and channel networks. In: V.T. Chow(ed).Handbook of applied hydrology, McGraw hill book Company, New York, Section, pp: 4-11.
- Styles, B. T. 1998. El género Pinus: su panorama en México. *En*: Ramamoorthy T. P., R. Bye, A. Lot y J. Fa. (Eds.) Diversidad biológica de México: orígenes y distribución. Instituto de Biología. UNAM.
- Sugihara, N. G; J. Van Wagtenonk & J. Fites-Kaufman. 2006. Fire as an ecological process, in: Fire in California's Ecosystems. University of California Press, Ltd., London, England. 58–74 p.
- Tres, D & A. Reis. 2007. La nucleación como propuesta para la restauración de la conectividad del paisaje”, II Simposio Internacional de Restauración Ecológica, Santa Clara, Villa Clara, Cuba. 11 p.
- Troll, C. 1950. Die geographische Landschaft und ihre Erforschung. Studium Generale 3: 163-181. Heidelberg.
- UICN, 2000. Áreas Protegidas. Beneficios más allá de las Fronteras. Unión Mundial para la Naturaleza (UICN), Comisión Mundial de Áreas Protegidas (CMAP). Mauverney 28, CH-1196 Gland, Suiza. 7 p.
- Valencia M. A., 2013. Evaluación del traslado de epifitas vasculares, como estrategia de conservación en el Municipio de Aguazul. Departamento del Casanare (Estudio preliminar). Universidad de Manizales. 95 p.
- Vargas L, B. 2013. Manual de mejores prácticas de manejo forestal para la conservación de la biodiversidad. CONAFOR-PNUD. México. 87 p.

- Vargas L, B. 2013. Manual de mejores prácticas de manejo forestal para la conservación de la biodiversidad en ecosistemas templados de la región norte de México. CONAFOR-PNUD-GEF. México. 90 p.
- Verl, R; V. L. Emrick; S. Tweddale & M. St. Germain. 2010. Characterization of golden-cheeked warbler *Dendroica chrysoparia* habitat at Fort Hood, Texas, USA. *Endang Species Res* 11, pp: 215–220.
- Villard, M. A; M.K. Trzcinski, & G. Merriam. 1999. Fragmentation effects on forest birds: relative influence of woodland cover and configuration on landscape occupancy. *Conservation Biology* Vol.13(4):774-783.
- Wadsworth, F. H. 2000. Producción forestal para América Tropical. Departamento de Agricultura de los EE.UU. Servicio Forestal. Manual de Agricultura. Washington, DC. 563 p.
- Weaver, W.E; E.M. Weppner y D. K. Hagans. 2014. Manual de caminos forestales y rurales: Una guía para planificar, diseñar, construir, reconstruir, mejorar, mantener y cerrar caminos forestales, Distrito de Conservación de Recursos del Condado de Mendocino, Ukiah, California, 416 p.
- White, P.S., Pickett, S.T., 1985. The ecology of natural disturbance and patch dynamics. Academic Press, Orlando, Fla.
- Whitmore, T. C. 1989. Tropical forest nutrients, where do we stand? A tour the horizon
- Williams-Linera, G. 2012. El bosque de niebla del centro de Veracruz: ecología, historia y destino en tiempos de fragmentación y cambio climático. CONABIO - Instituto de Ecología, A.C., Xalapa, Veracruz, México. 208 pp. Versión electrónica <http://www.inecol.edu.mx/librobosquedeniebla.pdf>
- Wilms, J. J. A. & M. Kappelle. 2006. Frugivorous birds, habitat preference and seed dispersal in a fragmented Costa Rican Montane oak forest landscape. En M. Kappelle (ed.). *Ecology and conservation of neotropical montane Oak forest*. Springer-Verlag, Heidelberg Berlin. pp 309-324.
- Wilson, M. H. & A. S. Steven. 1995. Conservación de las Aves Migratorias Neotropicales en México. UNAM-U Maine-USFWSINBS.

Wunderlee, J.M. 1997. The role of animal seed dispersal in accelerating native forest regeneration on degraded tropical lands. *Forest Ecology and Management*, 99:223-235.

Zavala C, F. 2000. El fuego y la presencia de encinos. Universidad Autónoma del Estado de México. *Ciencia Ergo Sum*, vol. 7, núm. 3 pp: 269-276.

BIBLIOGRAFÍA DE IMÁGENES

1. <http://www.aacounty.org/departments/public-works/wprp/watersheds/>
2. http://www.oregonlive.com/environment/index.ssf/2009/10/rivers_that_define_willamette.html
3. <http://lakeconesteenaturepark.com/1-8/>
4. <https://www.intechopen.com/books/advances-in-landscape-architecture/understanding-landscape-structure-using-landscape-metrics>
5. <http://conservationcorridor.org/the-science-of-corridors/>
6. <http://www.molecularecologist.com/2015/03/reviewing-the-reviews-twelve-years-of-landscape-genetics/>
7. <http://karimegama.blogspot.mx/2016/04/la-sucesion-ecologica.html>
8. <https://juniperhallfieldcentre.wordpress.com/>
9. <http://www.alevelgeography.com/drainage-basin-hydrological-system/>
10. <http://www.alevelgeography.com/drainage-basin-hydrological-system/>
11. <http://www.sudburyforest.com/silvicsystems.html>
12. http://archive.cnx.org/resources/9bd11e4e01852844fd45492ee46108de183bebfb/Figure_45_06_16.jpg
13. <http://www.sudburyforest.com/silvicsystems.html>
14. <https://global.britannica.com/science/tropical-rainforest/Population-and-community-development-and-structure>
15. <http://reviverestore.org/projects/the-great-passenger-pigeon-comeback/>
16. <https://www.behance.net/gallery/12437951/Nature-Forest-Ecology-Art>
17. <http://www.cpif.cl/prevencion/guias-de-prevencion/>
18. <http://www.cpif.cl/prevencion/guias-de-prevencion/>

19. <https://global.britannica.com/technology/road/The-modern-road>
20. http://www.nativerewevegetation.org/learn/manual/ch_3.aspx
21. [http://www.cell.com/trends/plant-science/fulltext/S1360-1385\(10\)00212-8](http://www.cell.com/trends/plant-science/fulltext/S1360-1385(10)00212-8)
22. http://mrescience.com/earth_slides_03.php
23. Thomson Higher Education
24. <http://www.adammandelman.net/2012/06/01/borderlands/>
25. <https://www.pinterest.com/pin/133771051406642007/>
26. <http://www.cathedralgrove.eu/text/03-Europeans-Care-2.htm>
27. Thomson Higher Education
28. Thomson Higher Education
29. <http://margaretsaylor.com/>
30. <http://www.mindylighthipe.com/portfolio/gongora-orchid/>
31. Thomson Higher Education
32. <https://opentextbc.ca/chemistry/chapter/18-7-occurrence-preparation-and-properties-of-nitrogen/>
33. <http://www.bbc.co.uk/bitesize/standard/chemistry/plasticsandothermaterials/fertilisers/revision/1/>
34. <http://keywordsuggest.org/gallery/818647.html>
35. https://en.wikisource.org/wiki/National_Geographic_Magazine/Volume_31/Number_6/Our_State_Flowers/List_of_Illustrations
36. <https://biotatv.org.tumblr.com/post/141264692905/the-weevil-beetle-empire-or-lessons-from-the>
37. <https://www.pinterest.com/johnnewgard/signage-in-rural-parks/>