



Sistema patrimonial de manejo forestal

para selvas productivas de México

Angélica Navarro-Martínez / Martín Mendoza Briseño
Patricia Negreros-Castillo / David Del Ángel Santos

EE

634.9280972

S5

Sistema patrimonial de manejo forestal para selvas productivas de México / Angélica Navarro-Martínez, Martín Alfonso Mendoza Briseño, Patricia Negreros-Castillo, David Del Ángel Santos.- Chetumal, Quintana Roo, México: El Colegio de la Frontera Sur, 2021.

196 páginas: fotografías, ilustraciones, mapas, retratos; 16.5x21.5 centímetros

ISBN: 978-607-8767-31-1

Incluye bibliografía

1. Ordenación forestal, 2. Sistema patrimonial, 3. Selva productiva, 4. Economía forestal, 5. Inventarios forestales, 6. Conservación de la diversidad biológica, 7. Quintana Roo, 8. Campeche (México), 9. Chiapas (México), 10. Oaxaca (México), 11. Jalisco (México), 12. Nayarit (México), I. Navarro Martínez, Angélica (autora), II. Mendoza Briseño, Martín Alfonso (autor), III. Negreros Castillo, Patricia (autora), IV. Del Ángel Santos, David (autor).

Primera edición: junio 2021

DR © El Colegio de la Frontera Sur
Av. Centenario km 5.5, C. P. 77014
Chetumal, Quintana Roo
www.ecosur.mx

Comisión Nacional Forestal
Periférico Poniente 5360,
Colonia San Juan de Ocotán, C. P. 45019
Municipio de Zapopan, Jalisco

Diseño de portada: Patricia Blanco Perea

Esta publicación fue sometida a un estricto proceso de arbitraje por pares, con base en los lineamientos establecidos por el Comité Editorial de El Colegio de la Frontera Sur.

Esta obra fue financiada por el Fondo Sectorial para la Investigación, el Desarrollo y la Innovación Tecnológica Forestal a través del Proyecto 292577 "Diseño de un sistema de manejo forestal para selvas productivas de México".

Se autoriza la reproducción de esta obra para propósitos de divulgación o didácticos, siempre y cuando no existan fines de lucro, se cite la fuente y no se altere el contenido (favor de dar aviso: llopez@ecosur.mx). Cualquier otro uso requiere permiso escrito de los editores.

Impreso y hecho en México. *Printed and made in Mexico*

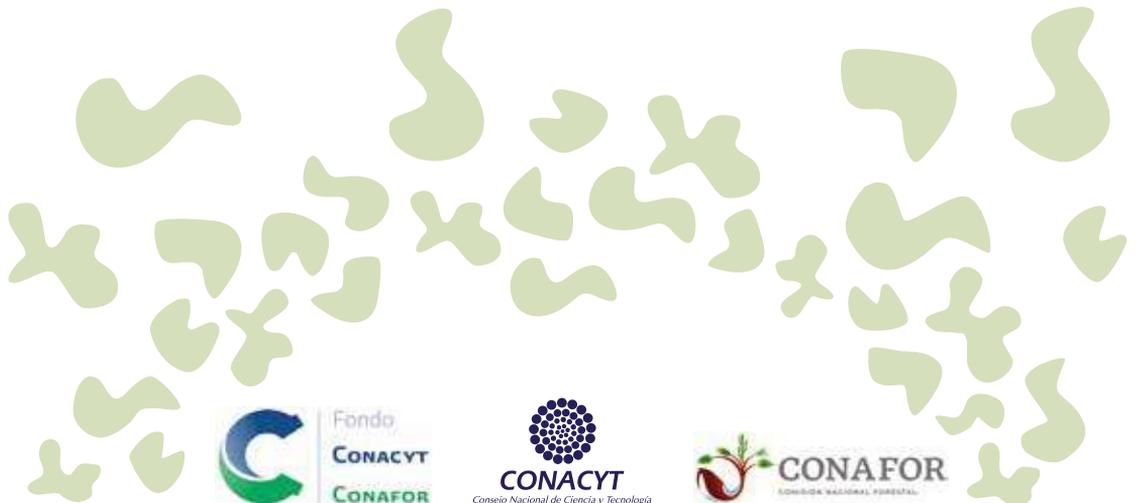


ECOSUR

EL COLEGIO DE LA FRONTERA SUR

Sistema patrimonial de manejo forestal para selvas productivas de México

Angélica Navarro-Martínez / Martín Alfonso Mendoza Briseño
Patricia Negreros-Castillo / David Del Ángel Santos





Dedicatoria



Dedicado a Gonzalo Millán Curiel Alcaraz †

Gran amigo y sobresaliente profesional forestal que por su talento y visión desde hace 30 años generó una propuesta exitosa para el manejo responsable de las selvas de la costa del pacífico conocida como Plan Costa (PC). Por su generoso espíritu e interés en el manejo de las selvas mexicanas, en los últimos diez años, contribuyó de forma insustituible con grupos de trabajo de la península de Yucatán, en particular de los estados de Campeche y Quintana Roo, generando el Método Silvícola Peninsular (MSP) y el Sistema Patrimonial para el manejo de las selvas productivas de México (SP). Su respeto por apegarse a la legislación forestal lo caracterizó durante toda su carrera profesional.

Gonzalo puede ser considerado como el mejor representante del silvicultor regional: conocedor de su región en lo forestal, lo humano, lo intelectual y lo antropológico, pudo por ello proponer a lo largo de sus años de ejercicio soluciones viables a las circunstancias y necesidades locales del momento en la costa jalisciense.

Los que tuvimos la fortuna de trabajar cerca de él, pudimos constatar su gran calidad humana y sensibilidad social, que le permitieron lograr el crecimiento de organizaciones de productores forestales tropicales. La práctica profesional de Gonzalo incluyó incursionar en la industria, el comercio de productos forestales, carpinterías y en la organización de la producción forestal múltiple; también se interesó por conocer la visión y preocupaciones de pescadores, proveedores turísticos y ciudadanos en general, lo que le permitió consolidar una duradera actividad silvícola en gran escala.

Para sus amigos y personas cercanas siempre habrá infinidad de motivos para recordarlo, y dentro de esos amigos, nosotros, los autores de esta obra, agregamos esta nota para fijar en la memoria las vivencias compartidas, pues Gonzalo Millán siempre fue parte de nuestro grupo creativo, y de hecho fue quien nos animó a iniciar este proceso innovador de la dasonomía tropical mexicana.

Su prematura partida de este mundo deja un enorme hueco en el sector forestal de México, los autores de esta obra la dedicamos al Ing. Gonzalo Millán Curiel Alcaraz como tributo póstumo a su gran trayectoria profesional, su calidad humana y amistad sincera.

¡Gonzalo siempre estarás en nuestra mente y nuestro corazón!

Los autores





Índice general

Introducción	13
Capítulo I. El Sistema Patrimonial de Manejo Forestal para Selvas Productivas de México	17
Constitución del sistema patrimonial	20
Alcances del sistema patrimonial	38
Capítulo II. Implicaciones de un bosque agrario	47
Objetivos para el bosque meta	48
Bienestar del propietario de bosques	49
Identidad tropical	50
Capítulo III. Atributos del sistema patrimonial de manejo forestal	57
Métodos silvícolas	57
Capítulo IV. Parámetros y especificaciones para métodos de manejo patrimonial	75
Plan costa	75
Manejo de paisajes ecológicos	75
Método silvícola peninsular	76
Aspectos técnicos de cada método y especificaciones comunes	77

Capítulo V. Inventario forestal	101
Universo de muestreo	103
Diseño de muestreo	103
Inventario de prescripción	104
Procesamiento de datos del inventario	106
Red de sitios permanentes de experimentación silvícola	109
Biodiversidad	117
Estrategias de gobierno para la conservación de la biodiversidad	117
Especies protegidas	125
Capítulo VI. Justificación teórica	129
Postura legal	129
Estrategia financiera	129
Estrategia en la conducción de programas de manejo con el Sistema Patrimonial	132
Asuntos culturales	134
Estrategia ecológica	135
Referencias	139
Anexo 1. Especificaciones, instrumentos y protocolos del inventario de prescripción	143
Anexo 2. Formatos de inventario	173
Índice de figuras	189
Índice de tablas	191



ANGÉLICA NAVARRO-MARTÍNEZ

Difundiendo el sistema patrimonial en las selvas de Quintana Roo.

Introducción

Esta obra consta de seis capítulos más una introducción que abordan de manera amplia y profunda los aspectos relevantes del sistema patrimonial de manejo forestal para las selvas productivas de México, resultado del proyecto de investigación aplicada “Diseño de un sistema de manejo forestal para selvas productivas de México (clave 292577)”, financiado por el Fondo Sectorial para la Investigación, el Desarrollo y la Innovación Tecnológica Forestal (FONSEC CONACYT-CONAFOR).

En el capítulo 1 se describen de manera detallada los antecedentes, los componentes y la secuencia de pasos que se siguen en la definición de un programa de manejo forestal de acuerdo con los criterios y las cualidades del sistema patrimonial; así como sus alcances. En el capítulo 2 se discuten las implicaciones de que, en el caso de México, el bosque se encuentre bajo la propiedad de ejidos y comunidades rurales, lo que implica tomar en cuenta el bienestar de los propietarios y la identidad tropical con base en la ecología y la dinámica de desarrollo del bosque, desde la etapa de iniciación a partir de la ocurrencia de un disturbio catastrófico hasta la etapa de bosque viejo, el más complejo y diverso. En el capítulo 3

se describen ampliamente todos y cada uno de los atributos del sistema patrimonial [SP]. El capítulo 4 aborda a fondo los parámetros y las especificaciones técnicas de cada uno de los métodos de manejo forestal tropical que cumplen los criterios y los postulados del SP. En el capítulo 5 se tratan extensamente los aspectos relacionados con el inventario de prescripción y el establecimiento de los Sitios Permanentes de Experimentación Silvícola [SPES], para monitorear los efectos de los tratamientos silvícolas y la dinámica del bosque postcosecha o postdisturbio. Finalmente, en el capítulo 6 se presenta la justificación teórica del sistema patrimonial de manejo forestal para las selvas productivas de México, así como la estrategia para la conducción de los programas de manejo forestal con dicho sistema.

El presente documento aprovecha la plataforma conceptual y los antecedentes que se exponen en Navarro-Martínez *et al.* (2020), publicación que ofrece una crónica y síntesis histórica del manejo forestal en selvas productivas de Quintana Roo, Campeche, Chiapas, Oaxaca, Jalisco y Nayarit. A partir de esta, se observa que los avances en el conocimiento de las selvas productivas de los últimos 50 años dejaron aprendizajes y propuestas para

rumbos futuros, como los que se enlistan a continuación:

- ▶ El manejo forestal no puede realizarse por especie individual, sino a partir de la mezcla completa de especies.
- ▶ La reproducción de la masa ocurre plena, abundante y de calidad si, por disturbios naturales o cortas, se elimina todo el dosel superior y se forman espacios de más de una altura del árbol, pero no tan grandes como para que el sol incida en alguna porción durante todo el día.
- ▶ La silvicultura consiste en seleccionar los espacios para corta final por reemplazo de rodal (método de cabida). El terreno productivo cuya corta final se posponga recibirá labores de cultivo regidas por la silvicultura de árbol individual (árbol meta); si la presencia del resto del arbolado perjudica el árbol meta se remueve, pero debe dejarse si no lo afecta.
- ▶ Los eventos como incendios, plagas, enfermedades, inundación, sequía, clima extremo, daño animal, carencias nutricionales y problemas genéticos deben ser juzgados en el contexto del patrón natural deseado para estas perturbaciones, y con esa perspectiva definir acciones preventivas, de detección, combate y/o eliminación de eventos indeseados. Tales respuestas ante anomalías deben ser costo-eficientes en su recuperación de valor

amenazado. En ausencia de eventos de perturbación, se prescribirán quemadas controladas y otros tratamientos que repliquen el efecto de cada factor de disturbio en el momento y lugar oportunos para mantener la vigencia del patrón ecológico deseado en cuanto a las probabilidades de ocurrencia de perturbaciones.

- ▶ La cosecha debe ser regulada por área, y hay que contabilizar el volumen de remoción como efecto y no como meta.

- ▶ El manejo forestal maderable es, en esencia, un proceso de acopio y logística; por ello, el bosque meta debe exhibir una red caminera mínima eficaz para dar servicio a cada rincón que lo necesite. El diseño de los caminos debe ser la parte más cuidada en el programa de manejo, tanto en el impacto en costos, como en el aspecto de facilitar el movimiento de la cosecha, por el desmedido peso en afectar los asuntos ambientales de preocupación pública y, sobre todo, por la posibilidad de utilizar la misma red durante varios ciclos de corta. En este sentido, lo que se espera es un cambio en tecnología y maquinaria de extracción a formas que sean viables durante largo tiempo y que construyan menos caminos.

- ▶ En el largo plazo conviene que existan en el predio todo tipo de escenas sucesionales en condiciones de bosque inte-

rior, riveras, cumbres, bosque de orilla, claros y gradientes de interfase con zonas agropecuarias y otros usos del terreno. Este arreglo permite organizar los múltiples propósitos del manejo forestal y las expectativas de la sociedad sobre el bosque y sus productos.

- ▶ El dominio pleno que el propietario del terreno forestal tiene de sus tierras maderables obliga a aplicar criterios de finanzas patrimoniales al definir los méritos de propuestas de labores silvícolas, de protección y de fomento. El **valor del terreno** debería ser la variable que mida el desempeño de los programas de manejo porque acumula los beneficios de actividades sueltas y eventos aleatorios dentro del periodo de planeación.
- ▶ Las obligaciones de custodia de valores naturales por parte del titular del aprovechamiento de selvas productivas, así como las influencias ecológicas y metas de conservación natural, son manejables como restricciones al catálogo de posibilidades técnicas. Estas restricciones concentran las preocupaciones del interés público, y por ello se aceptan y se cumplen como parte de la postura de responsabilidad social del productor.
- ▶ El SP no intenta responder ni manejar individualmente cada asunto de preocupación o responsabilidad acerca de los intereses públicos en el bos-

que, sino **coordinar entre todos los actores interesados**, acciones y políticas diversas a **nivel el paisaje** completo hasta donde otras tierras y sus dueños, habitantes y trabajadores lo permitan. En este sentido, la **meta y la unidad de medida del progreso será el avance del bosque actual hacia un bosque meta que contenga amplias cantidades de toda la secuencia sucesional de cada tipo forestal regional y geofoma**. Sería ideal tener esta presencia dentro del predio manejado, pero es suficiente que se logre regionalmente a escala del paisaje ecológico. Las cualidades de dicho paisaje no son materia en la que el productor pudiera actuar desde el interior del predio, sino metas que provienen de la autoridad de instituciones del ramo, en particular, la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), que es la institución que reporta oficialmente sobre la condición del territorio y las cualidades del bosque meta en materia de biodiversidad. Dichas manifestaciones se resumen en el concepto de integridad ecológica del hábitat y las principales funciones ecológicas que lo sostienen (Mora, 2017), las que para fines de planeación se representan como atributos del hábitat de especies emblemáticas, como son los grandes depredadores.



RUBÉN DU CHI

Aplicando los criterios del sistema patrimonial en el manejo de las selvas de Quintana Roo.

Capítulo I. El Sistema Patrimonial de Manejo Forestal para Selvas Productivas de México

El sistema patrimonial de manejo forestal [SP] constituye el marco conceptual y metodológico que define los componentes, las cualidades y los propósitos que deben tener los métodos de manejo forestal para la gestión responsable de las selvas productivas maderables mexicanas, concebidas como parte del patrimonio de los hogares de sus propietarios. El SP considera todos los métodos de manejo forestal que se han diseñado en cumplimiento a la normatividad mexicana vigente, con especial atención hacia las preocupaciones del interés público sobre las selvas productivas. El énfasis en esta obra se enfoca en las regiones tropicales de Quintana Roo, Campeche, Chiapas, Oaxaca, Jalisco y Nayarit, sin dejar de tomar en cuenta que los atributos del SP se diseñaron para aplicación nacional, bajo las circunstancias de los bosques actuales en todo tipo de climas.

El SP nace a partir del Plan Costa de Jalisco [PC] (Apodaca-Martínez *et al.*, 2014) y su rechazo a la silvicultura y al manejo forestal practicado desde de los años 80 con el Plan Piloto Forestal de Quintana Roo [PPFQR]. El motivo de tal inconformidad proviene del fracaso de las técnicas de uso común en México y el

mundo tropical, en cuanto a sus pretensiones por la recuperación de volúmenes de madera después de un ciclo de corta, del mejoramiento de la composición de especies del rodal, y la falta de regeneración suficiente para reemplazar y mejorar la masa actual (fig. 1).

En el PC, la corta total de razonable cobertura del dosel superior es el factor que resolvió los problemas biológicos de la silvicultura tropical mundial. Su adopción forzó a cambiar la regulación del plan de cortas por volumen a una regulación por área, del manejo de “especies guía” a la gestión del total de las especies, y del manejo realizado a nivel predial al manejo del paisaje. En la lógica del PC se reconoce que la escala en la que es posible captar el desempeño del manejo del bosque es la sucesión forestal, un proceso ecológico milenario en el que cada etapa de desarrollo (desde las renoveras hasta el bosque viejo) propicia un entorno en que varía la biodiversidad según su estado de madurez y sus condiciones (bosque interior, bosque de orilla, claros, riberas, cumbres y gradientes de interfase). Sólo en bosques viejos (los más escasos) es posible tener elementos que sostengan la compleja mezcla de especies y procesos



Figura 1. Marco teórico del sistema patrimonial para selvas productivas de México. Fuente: Elaboración propia.

ecológicos requeridos por los intereses públicos. Las estructuras tempranas que se fomentan con la silvicultura también representan una porción pequeña y son demasiado simples y estables.

A partir de la experiencia del PC, el SP identifica nuevos elementos que merecen ser atendidos en el manejo de las selvas; por ejemplo, mucho del bosque actual debería entrar a regímenes especiales (biosenderos) para reestablecer las funciones del bosque viejo; pero también es importante acelerar la liquidación de otra parte del bosque actual para aliviar la falta de renoveras (áreas de regeneración), necesarias para fines como el sos-

tenimiento de la fauna que requiere ambientes abiertos para vivir o cubrir algunas de sus necesidades temporales de sobrevivencia. En general, los bosques actuales en el trópico mexicano son masas densas de arbolado en etapas sucesionales tempranas (fig. 2), y por tanto es oportuna su conversión a estructuras de ecología más enriquecida. Por tal razón apremia también la restitución del régimen natural de perturbaciones.

Por otro lado, el carácter agrario de las tierras forestales hace que el manejo forestal mexicano considere necesario el SP. En tal sentido, la intención del SP es que el bosque sea un elemento más en el

patrimonio de los hogares de los propietarios. Según el SP, la relación entre el valor parcial del terreno y las finanzas de los demás recursos económicos es el mecanismo con el cual juzgar el buen manejo del bosque. Esta distinción resulta fundamental en el manejo forestal patrimonial. Ninguno de los métodos actuales de manejo forestal tiene, como el SP, un desempeño asociado con elementos no visibles en el bosque como son la historia de manejo del bosque, los patrones de perturbación y los componentes financiero-administrativos.

En su lado cuantitativo y teórico, el SP exige de los métodos que cumplen sus

directrices que las decisiones del plan de cortas cumplan criterios de mérito agregados al **total predial** en el largo plazo y en referencia a **parámetros regionales**. El SP implica entonces un rechazo al bosque normal, a la búsqueda del máximo rendimiento sostenido e incluso el abandono de índices financieros como la tasa de retorno o el valor presente de un rodal o de una práctica silvícola. En cambio, el SP reúne aquellas aproximaciones al manejo forestal que incluyen entre sus consideraciones centrales la **gestión de la variabilidad geográfica y temporal**; así como los **patrones de perturbación aleatoria**. Para apoyar este tipo de toma de decisiones, las técnicas en el SP



RUBÉN LUI CHI

Figura 2. Selva mediana en el ejido Kankabchen, Quintana Roo.

están abiertas al uso de heurísticos que ofrezcan eficiencia en búsquedas numéricas de las que se puedan generar conjuntos finitos de soluciones subóptimas aceptables. El **valor del terreno** será el indicador supremo de los efectos agregados de la variabilidad natural, más la inducida por las acciones silvícolas y por las políticas de manejo durante un **ciclo de corta de longitud arbitraria** y conveniente para cada región o zona. Así, el SP tiene importantes componentes ecológico-silvícolas, patrimoniales y financiero-administrativos (fig. 3).

CONSTITUCIÓN DEL SISTEMA PATRIMONIAL

El SP define los componentes, las cualidades y los propósitos que deben considerar los métodos de manejo forestal para selvas productivas mexicanas en los términos de la lista de asuntos presentados al final de la introducción. Varios métodos de manejo forestal cumplen con los criterios del SP y por ello son posibles de usar; al menos tres de ellos están en práctica a escala comercial en este momento:

- ▶ Plan Costa [PC] (Apodaca *et al.*, 2014),
- ▶ Manejo de Paisajes Ecológicos [MAPA] (Mendoza *et al.*, 2005a, Mendoza *et al.*, 2005b),



Figura 3. Principales componentes del sistema patrimonial. Fuente: elaboración propia.

► Método Silvícola Peninsular [MSP] (Negreros-Castillo *et al.*, 2018).

Los aspectos y características principales de estos métodos se muestran en la tabla 1 al final de este capítulo. La secuencia

común de todos ellos, en términos de procedimiento constituye una compleja red de aspectos sobre ordenación forestal, los cuales se presentan en la figura 4 y se describen a continuación:



Figura 4. Secuencia general del procedimiento de planeación del sistema patrimonial de manejo forestal para las selvas productivas de México. Fuente: elaboración propia.

- ▶ Existe un predio con derechos de propiedad establecidos que contiene, al menos en parte, recursos maderables.
- ▶ El propietario (persona, ejido, comunidad) expresó a la autoridad forestal correspondiente (SEMARNAT) su voluntad de solicitar autorización para el aprovechamiento maderable, y designó a un profesional certificado para la responsiva técnica en la elaboración y ejecución de un programa de manejo.
- ▶ Se ubica el predio en la región y se define el territorio que sufre efectos ecológicos considerables y medibles. A este territorio se le llama **paisaje**.
- ▶ Se precisa y cartografía la infraestructura caminera existente, y se incluye la lista de recursos necesarios para la producción (mano de obra, maquinaria, proveedores, puntos de venta, etc.).
- ▶ De información pública se obtiene la lista de restricciones sobre el uso del terreno, principalmente por la presencia de especies y lugares protegidos legalmente.
- ▶ Si no se tuviera para el predio un sistema de simulación silvícola y valoración económica válido, para pronosticar la dinámica del aprovechamiento forestal con diferentes posibilidades tecnológicas, se puede utilizar un mo-

delo teórico que necesite poca calibración. Al mismo tiempo, se establece una red de sitios permanentes de experimentación silvícola [SPES] donde se defina la dinámica posterior al tratamiento silvícola o al evento de perturbación, y se la compara con sitios testigo. La red de SPES busca tener representación del total de escenas sucesionales y condiciones de sitio posibles. Los SPES serán remedidos anualmente hasta que los efectos del tratamiento o perturbación dejen de ser visibles.

El modelo requerido debe exhibir rendimientos decrecientes, lo que cancela el uso de modelos de simulación fundados en ajustes estadísticos de datos de muestreo o parcelas de investigación científica. No se trata de tener la mejor representación de una dinámica biológica o económica, ni de pronosticar con detalle y certeza el estado futuro de la masa forestal, tampoco se buscan hallazgos que expliquen los fenómenos silvícolas, mucho menos se anticipa dar seguimiento a los efectos del programa de manejo. **Lo que requiere el SP es una herramienta para el análisis del total de la superficie de respuesta plausible de todo tipo de escenas ecológicas generadas por labores forestales e incidentes en el bosque, incluidas las**

perturbaciones catastróficas por fuego, huracanes, plagas, enfermedades, daño animal, deficiencias nutricionales, a fin de justificar los tratamientos y las acciones de manejo. El propósito del modelo es apoyar, informar y clarificar las decisiones de manejo, lo que aquí se llama **función de producción**, y por lo mismo se afirma que los modelos disponibles son inapropiados.

► Al considerar un programa de manejo para un ciclo de corta, primero se clasifica el terreno en categorías dasonómicas:

a) **Series de ordenación.** Espacios amplios de bosque que constituyen macizos separados, o contienen tipos forestales ecológica o botánicamente distintos, o están en diferentes jurisdicciones legales y marcos regulatorios. Dentro de cada serie se debe aplicar un mismo sistema silvícola (idea teórica, generalmente cíclica del desarrollo de la masa forestal). La razón fundamental para administrar más de una tecnología silvícola en un predio es que haya presencia de más de un tipo de vegetación (fig. 5), por ejemplo: selva alta, selva mediana, selva baja, manglar, palmar, matorral u otra vegetación forestal comercial.

En su lado geográfico estricto, la red caminera definirá cuándo es prác-

tico que macizos separados se administren con políticas de manejo distintas. También puede ser que las series de ordenación representen diferencias en tenencia o formas de organización para la producción, de manera que necesiten parámetros dasonómicos distintos. Otra razón para crear series de ordenación es que la topografía del terreno o sus atributos de suelo y sitio conformen geoformas de ecología diferenciada como (fig. 6):

claros,

orillas,

bosque interior,

riveras, humedales y cuerpos de agua,

cumbres y caminos.



ANGÉLICA NAVARRO-MARTÍNEZ

Figura 5. Diferentes tipos de vegetación tropical en México potenciales de manejo forestal patrimonial. a) selva alta, b) selva mediana, c) selva baja, d) palmar, e) manglar y f) matorral.



Figura 6. Ejemplos de tipos forestales. a) claro, b) bosque de orilla, c) bosque de interior, d) rivera, e) cumbre, f) camino.

En el área ocupada por caminos se crean condiciones de ingeniería y ecológicas particulares que requieren una silvicultura especial. La ecología del camino no sólo precisa de un manejo distinto al usado en terrenos arbolados productivos, sino que el camino deja fuera de la producción una gran cantidad de terreno y una carga de asuntos pre-ocupantes que interfieren con la hidrología, el flujo de sedimentos, el hábitat de flora y fauna, y con las condiciones microambientales en los puntos donde el camino se acerca a los cauces y a las zonas de alta humedad.

Buena parte de la cosecha maderable se hará en ambiente de camino, pero lo importante es que, este influirá sobre la integridad territorial de las regiones ecológicas. De todas las preocupaciones de interés público, el efecto de los caminos sobre el paisaje regional es el único que suele ser determinante en las influencias de la naturaleza sobre los intereses de la sociedad. Aunque la normatividad mexicana sobre caminos dista de la autoridad y minuciosidad de la normatividad sobre asuntos biológicos estrictos, su importancia en ingeniería y finanzas obliga a que el programa de

manejo dedique su mayor esfuerzo al buen diseño y uso de los caminos, a la maquinaria y a la tecnología de extracción.

b) Afectaciones. Se refieren al total de áreas y frentes de corta de una misma anualidad, sean contiguas o dispersas, en cualquier tipo forestal, sistema silvícola o tratamiento. El total de afectaciones define el ciclo de corta. La superficie de las afectaciones define un turno general y único para todas las especies.

c) Cuarteles. Son agrupamientos administrativos de los rodales, o unidades territoriales mínimas de manejo que, al tener una lista de atributos similares, y si no hay políticas administrativas o dasocráticas en contra, reciben el mismo tipo de intervención en la misma anualidad. Para ellos, la función de producción pronostica el mismo sendero dinámico, producto de aplicar el tratamiento que se le prescribió.

d) Rodal, Unidad Mínima de Manejo [UMM]. Dado que el SP se fundamenta en la noción de un paisaje ecológico de gradientes regionales, no es posible pensar en la existencia de parcelas tan homogéneas que permitan marcar un lindero para separar las diferencias ambien-

tales importantes entre rodales vecinos. El concepto obsoleto del rodal crea la percepción de que este debe tener una sola prescripción silvícola en un espacio tan amplio que quede identificado en la cartografía del programa de manejo.

El problema con el rodal tradicional es que el supuesto de relativa homogeneidad interior choca en lo conceptual con la gestión y promoción de la variabilidad territorial cambiante que las formas de silvicultura en el SP pretenden promover. Además, crea problemas innecesarios en la tarea de recabar datos e información para la toma de decisiones porque simplifica, suaviza y pierde información vital sobre la realidad del microsítio. Por ello es mejor llamar **rodal** al **espacio de terreno** que administrativa y cartográficamente es la unidad mínima registrable con fines de manejo. Es seguro que habrá con frecuencia tratamientos principales o complementarios que ocurrirán en terrenos menores que una UMM, pero no es práctico definir su posición en el mapa ni registrar datos individuales; de estas labores sólo se registrará su frecuencia, pero otros atributos quedarán en manos del profesional que prescriba durante la labor de marcaeo.

► La revisión de la historia previa conocida para la región y el talento e ingenio del profesional que elabora el programa de manejo permiten seleccionar un **sistema silvícola** para cada serie de ordenación. El sistema silvícola es una construcción teórica que explica la dinámica de las masas forestales para plazos mayores a la longevidad máxima de las especies presentes en cierto lugar. No contiene parámetros o especificaciones porque está pensado para aplicarse en muchos sitios del mundo, pero sí explica cómo se forman las masas forestales (rodales), su dinámica demográfica, los patrones de perturbación frecuentes y la capacidad de cosecha por tipo de productos. El sistema silvícola establece un estilo de gestión y una intensidad de manejo que corresponden con posturas culturales acordadas entre el titular, el predio y el responsable técnico. Lo esencial en estas decisiones es el grado de control que desea aplicarse sobre la información, las acciones, los resultados y la responsabilidad legal.

Los niveles crecientes de control acercan a la silvicultura con la agricultura y la horticultura, y los niveles bajos mantienen bosques tendientes hacia el comportamiento espontáneo, es decir, forestal. Esta dualidad es la esencia misma del manejo forestal. El manejo del bosque no es necesario

para obtener productos como la madera, que bien se puede producir en ambientes de huerta y urbanos, además de que el bosque natural contiene y produce madera sin necesidad de cultivo ni costos o inversiones fuera del costo de cosechar y, por supuesto, el bosque natural no necesita cultivo, protección o cuidados para seguir siendo bosque. Pero al haber tantos millones de hectáreas sin uso, el dedicar las tierras forestales productivas a una actividad maderera sujeta a restricciones que mantienen los atributos forestales del terreno ha sido y seguirá siendo una posibilidad abundante en el mundo, pero sobre todo en México, cuya cultura e identidad es permeable a los asuntos silvestres. En este sentido, los sistemas silvícolas, en esencia, definen la relación entre lo silvestre de las tierras forestales y la racionalidad del acopio de materias primas como la madera.

Hace 50 años se usaban sistemas silvícolas moldeados bajo la idea de un bosque normal, con el máximo rendimiento físico posible de forma permanente y continua, pero hoy la realidad de una industria cuya materia prima está caprichosamente dispersa en los montes, aunada a una serie de restricciones de uso de la tierra que derivan de deseos imaginarios del público, de los gobernantes y de la

academia mexicana, obliga a responder con tecnología silvícola que haga un uso avaro de inversiones y gastos directos. Este conjunto de aspectos implica mínimas y contadas intervenciones en campo, con la confianza consciente de que habrá procesos espontáneos que complementarán el esfuerzo de conducir el bosque hacia los atributos deseables.

Los sistemas silvícolas en el SP deben ser simples, con intervenciones de pequeña escala, eficientes y eficaces, que concentren la atención en cortas finales y consideren la información e investigación científica; así como con intervenciones continuas para gobernar la salud forestal, el establecimiento de nuevas masas y el desarrollo de masas juveniles sujetas a cortas parciales, con el objetivo del costo-eficiencia en la producción maderera.

En el SP, los objetivos ambientales que por política y obligación se deben cumplir se definen según lo que es posible hacer en el terreno y con el arbolado. Las intervenciones drásticas se dan para apoyar el rápido envejecimiento anatómico del arbolado, con la finalidad de adoptar las funciones que normalmente mantienen las masas viejas, conocidas como **bio-senderos**.

El SP ubica el conjunto de cualidades de los sistemas silvícolas como **tecnologías adaptativas** que reintroducen y mantienen los procesos espontáneos del bosque sin necesidad de conceptos como turno, ciclo de corta, tratamientos y, por supuesto, sin artificios innecesarios como clasificar las masas y los sistemas silvícolas en coetáneos (regulares) o incoetáneos (irregulares), templados, áridos o tropicales.

Con fines de clasificación, los sistemas silvícolas del SP realizan **silvicultura de árbol individual**, cuya finalidad última es que **los bosques regresen a ser forestales** y se mantengan como tales mientras exista la voluntad de la sociedad para ello. Si el siglo xx era el tiempo de la modernidad, y la directriz general del quehacer humano se centraba en el progreso, y del bosque en el cultivo, en el siglo xxi la sociedad busca la deconstrucción de la cultura, lo que en el bosque significa descultivarlo. En el presente, el bosque no debe ser agrícola sino forestal; no se debe practicar agricultura sino silvicultura.

No menos importante es mencionar que los sistemas silvícolas del SP se definen mediante componentes descriptivos y teóricos con amplio margen indefinido. La intención de no

entrar en precisiones es dejar patente que el papel del dasónomo es ser un profesional independiente que necesita espacios de responsabilidad que le permitan desarrollar sus variadas inclinaciones, experiencia y talento, y también requiere ganar la confianza del titular que lo contrató, así como la capacidad de convencimiento sobre las posibilidades de acción y resultados. Esta libertad para expresar el talento profesional no debiera cancelarse en el afán de cumplir requerimientos cuantitativos superfluos que aparecen en otros sistemas silvícolas, o que la autoridad del ramo acostumbra a pedir.

Es más que evidente que en la práctica reciente de la silvicultura en selvas productivas mexicanas se observan tendencias provenientes del bosque templado que usan herramientas cuantitativas para aspectos como el control de la densidad o prácticas de regeneración del rodal. Estas especificaciones dejan sin margen de maniobra al profesional y crean riesgos innecesarios porque son decisiones anticipadas sobre situaciones complejas.

El SP pretende dejar atrás los sistemas silvícolas usados durante el siglo xx en México. La razón es que la silvicultura mexicana se sostenía en la falsa ilusión de que el bosque es frágil y está desapareciendo, pero lo que queda

puede ser estabilizado y hasta incrementado mediante silvicultura comercial, porque el bosque comercial hace que se mantengan todos los demás terrenos forestales en condiciones satisfactorias, lo que es indispensable para el país porque todo el bosque es útil, necesario, irremplazable, y su reducción afectará la calidad de vida de las personas; además de que los productos forestales no provienen más que del bosque. También se ha postulado que deberíamos tener más áreas forestales (sin especificar cuál es el límite deseable o posible).

El SP propone que el bosque pudiera representar un aporte importante para la economía mexicana, incluso que México debería ser potencia exportadora forestal en lugar de ser importador neto. El patrimonio natural mexicano se concentra, casi de manera exclusiva, en el bosque maderable, y sólo la silvicultura comercial logrará que tal riqueza biológica persista.

En resumen, los postulados del SP plantean que la lógica detrás de la silvicultura del pasado es errónea y ha dejado consecuencias negativas innecesarias que invitan a un cambio hacia formas de silvicultura más racionales y acordes con la situación real actual y sus potencialidades.

► Para cada serie de ordenación se realizan simulaciones con la función de producción y se generan pronósticos de su dinámica que incluyan tanto la variabilidad geográfica como aquella causada por eventos de disturbio. Tales simulaciones deben cubrir ampliamente las situaciones conocidas presentes o que puedan presentarse en el terreno. Los datos de salida deben ser suficientes para alimentar una **función de valoración** que proporcione estimaciones unitarias del desempeño económico de cada acción, y una política de gestión que tenga sentido dentro del sistema silvícola que el profesional responsable haya elegido para cada serie de ordenación.

► Con las simulaciones también debe generarse una secuencia de tratamientos y políticas de manejo específicas y calibradas para la situación actual de cada serie de ordenación, que sea acorde con la revisión de antecedentes y las observaciones de campo reunidas en recorridos recientes. Estas acciones constituyen el régimen silvícola, que particulariza las intenciones y el sistema silvícola designado. El régimen silvícola debe ser expresado como un catálogo de posibilidades potenciales para actuar o dejar correr los eventos espontáneos.

► Los tratamientos silvícolas siguen el principio de la **silvicultura de árbol individual**: un árbol en su máxima dimensión potencial ocupará cierto espacio amplio de terreno y tridimensional, pero por naturaleza de los hábitos sociales, un grupo de árboles podrían configurar una cohorte de arbolado de gran porte. La teoría de dinámica de rodales (Oliver y Larson 1990) explica que si este árbol (o la cohorte) alcanzó esas amplias dimensiones por motivos de su anatomía, sólo pudo haber ocurrido si a lo largo de su vida previa nunca hubiera disminuido su categoría de dominante; por tanto, la ocupación del sitio se diría que es plena, atributo deseable de buscar y mantener en la mayor parte del terreno posible.

En su origen, luego de nacer, los árboles ocuparán una insignificante fracción del terreno que llenarán cuando sean grandes y, por tanto, muchos árboles pequeños de la misma u otras especies podrían también ser dominantes si quedaran acomodados sin interferir entre sí. Los árboles en un manchón nacen juntos porque los que arriben cuando ya se tenga ocupación plena, serán sombreados por los que llegaron primero. Con el tiempo y el desarrollo, algunos de ellos empezarán a impedir la expansión de copas vecinas (también raíces, pero eso no es

tan fácil de detectar), y al final sólo un árbol dominante alcanzará a su tamaño máximo, que será el que llegó a la ubicación privilegiada para vencer a los demás, que quedarán suprimidos y morirán; esta unidad territorial se llamará grupo o, de forma más precisa, **grupo de árboles interactuantes [GAI]** (fig. 7).

Si no se maneja bien, un espacio GAI podría lograr la longevidad máxima de las especies presentes sin que haya un sólo individuo dominante o un árbol de gran porte, vigor, vitalidad y con la capacidad de dar productos maderables valiosos. La silvicultura de **cortas parciales** consiste en permitir cobertura de todo tipo de arbolado, pero eliminar a tiempo los árboles que tengan menos posibilidades de ser el árbol que ocupe el GAI al final, al que se denotará como **árbol meta**. Si se pudieran obtener productos comerciales de estas cortas, se reducirían los costos de la maniobra y mejorarían los costos globales, pero esa no es la finalidad, la tarea debe cumplirse para evitar daños al árbol designado como meta. Es bueno reiterar que en etapas juveniles podría ocurrir que en el espacio de un GAI existan varios candidatos a árbol meta que no se aglomeren; mientras no haya una situación de interferencia entre ellos no tiene sentido remover ninguno, y cuando sea inmi-



RUBÉN DU CHI

Figura 7. Grupo de árboles interactuantes (GAI) en el municipio de José María Morelos, Quintana Roo.

nente que se toquen las copas, alguno debe eliminarse, incluso si sus cualidades fueran superiores. Lo importante es que la ubicación privilegiada del árbol meta le permita, junto con los otros árboles meta, formar un dosel continuo de alta calidad y ocupación plena del sitio.

La longevidad potencial no es la edad recomendable para cosecha sino su límite extremo. Algunos árboles nunca se cosecharán, se dejarán morir para quedar en pie; otros se cortarán en su máxima edad o dimensión, pero la inmensa mayoría de árboles de corta final serán aquellos que se designen para la corta de reemplazo de rodal, cualquiera que sea su edad, especie, tamaño o rendimiento. Por supuesto, el criterio profesional en el marqueo visual durante el inventario de prescripción es fundamental como instrumento para hacer vigente la política financiera del costo de retención. El **costo de retención** se refiere al valor neto de beneficios económicos que incrementaría la cosecha si a los árboles actuales se les dejara crecer un ciclo más en lugar de cosecharlos ya, deducido del costo de renta del terreno que ocupan y por el que las cosechas futuras se posponen y pierden valor. Esto sucede de forma inevitable porque un sitio no puede ser ocupado por la siguiente cohorte de árboles

sino hasta que quede plenamente desocupado y con amplia luz directa del sol.

Si el predio tuviera un área comercial donde sólo cabe un GAI, las ventajas futuras de la nueva generación definen la madurez de la masa preexistente y su deseo de cosecha o retención. En cambio, en áreas forestales productivas amplias, la recomendación de cosecha es producto de los estimadores y pronósticos globales prediales y regionales. Para fines de una gestión más ágil, del inventario y de la planeación del manejo, la regla para elegir cada punto de cosecha y reemplazo de rodal puede quedar subjetiva y en manos del profesional de campo (ver inventario de prescripción, capítulo 5).

Una vez concluido el proceso de **análisis de sensibilidad** en gabinete, se pueden reconsiderar las reglas de campo y las decisiones de corta de todo el predio. En la **corta final** lo único importante es la necesidad de iniciar un nuevo rodal y una nueva cohorte en el sitio, con un tamaño suficiente que permita la entrada de luz necesaria para sostener el renuevo vigoroso en un manchón no menor que un GAI. En este caso extremo habría un grupo de renewos de los cuales sólo uno tendrá espacio para ocupar plenamente el GAI cuando llegue a su

dimensión máxima; en la mayoría de los casos habrá espacios mayores y más de un árbol meta será vecino de otros árboles meta sin que nunca la copa de uno de ellos llegue a tocar la de otros. El espacio entre GAI'S no debe ser tan amplio que se propicie hábitat y establecimiento de árboles no comerciales u otra vegetación no deseada.

Cada método dará indicaciones sobre el tamaño, la forma y la dinámica de las aperturas del dosel que provoquen el reemplazo del rodal, así como especificaciones para evitar este proceso cuando se trate de masas que no se desea cosechar ni reemplazar. Para la formación de claros y orillas permanentes habrá otras indicaciones cuando el programa de manejo detecte la necesidad de corregir deficiencias de estos ambientes con fines de conectividad e integridad ecológica. Ciertos tipos forestales y geoformas (por ejemplo, cumbres, riberas) nunca tendrán corta final, sólo cortas intermedias; para ellos el reemplazo de rodal se prefiere sea para GAI individuales (similar a la silvicultura de selección individual); el motivo es que no son áreas dedicadas a producción sino a la protección y al manejo de otros recursos como agua, suelo y fauna (ver tabla 2). En estos lugares es mejor esperar a que el reemplazo

del rodal ocurra accidentalmente durante algún siniestro catastrófico.

Las simulaciones que genere la función de producción, puestas en un marco comparativo entre afectaciones, cuarteles, UMM y series de ordenación, representan un esbozo de potencialidades útil para que la persona que lleva la responsiva técnica proponga un ciclo de corta. La decisión del **ciclo de corta**, al tener implicaciones administrativas, no necesita de una rutina de cálculo, sino del talento y la experiencia del profesional forestal. En sentido de rigor estricto, es mejor que no haya un ciclo de corta, sino que exista acceso permanente, incondicional y eficaz a todos los rincones del predio sin que ello requiera gastos o sacrificios.

Si la extensión del predio o su peculiar arreglo geográfico no creara economías de escala por la escasa cantidad del terreno que se va a intervenir, o por la lejanía o vecindad, cada labor podría aplicarse en la fecha idónea para lograr sus propósitos como tratamiento silvícola. Cuando no se tiene esta ventaja logística conviene, y puede ser obligado, unir los designios para distintas UMM a fin de alcanzar esas economías de escala, lo que implicaría cierto desfase de todas las labores por adelantarlas o atrasarlas, y

por los cambios necesarios en la prescripción al no dar el tratamiento en el momento idóneo. Entonces, establecer un ciclo de corta arbitrario, producto del acomodo de UMM en áreas de corta, es una posibilidad admisible cuya eficacia será corroborada o revocada cuando se tengan los resultados del desempeño global esperado para el plan de cortas final.

Estudiar el caso de un programa de manejo sin ciclo de corta es un ejercicio cuantitativo interesante que podría ser uno de los flancos de estudio en el análisis de sensibilidad de las soluciones generadas por el algoritmo heurístico con el que se construye el plan de cortas. Al ver las posibles consecuencias de tal plan sin ciclo, quizá no sea importante exigirlo como parte de los procedimientos SP, pero se convierte en una opción para explorar si la curiosidad del analista así lo decide. Aunque el manejo forestal sin ciclo de corta es superior, no hay razones para pensar que la diferencia es importante, o sea, que lo esperado es que el responsable técnico designe un ciclo único. En este último caso es prudente que se advierta al profesional de campo que durante el inventario de prescripción, y luego en el marcado, especifique con claridad los tiempos entre las labores principales y las complementarias, pues se anticipa que

muchas de las prescripciones posean cualidades sujetas a contingencias de corto plazo. Entonces, una prescripción normal tendría acciones obligadas que ocurran en una secuencia de tiempo predefinida (por ejemplo, roza, tumba, quema), y que impliquen plazos requeridos entre cada maniobra, con una duración de días o semanas, tal vez meses, hasta completar el tratamiento prescrito. Otras acciones quedarían condicionadas a circunstancias probabilísticas que se capten en evaluaciones inmediatas luego del tratamiento o evento, y de las cuales se prescribe cuándo sería la evaluación y qué opciones alternas quedarían a consideración para aplicarlas o no (por ejemplo, cantidad o tipo de plantación de complementación a la regeneración natural, o corrección de erosión en la UMM o en los caminos que se usaron para su cosecha).

El periodo entre intervenciones en el esquema ideal quedaría supeditado a que existan condiciones en monte que necesiten corrección respecto a la ruta de conversión o posconversión. Por razones prácticas es preferible tener un ciclo de corta en el que se regrese a hacer inventario de prescripción y se proceda a las labores que tienen sentido y son oportunas, se corrijan las labores que ya están demoradas y se pida la no corta para aquellas que

están en el curso deseado, o bien para las que ninguna labor plausible podría causar beneficios al objetivo del manejo (el valor de la tierra).

En cuanto a la corta final, el ciclo de corta se convierte en una expresión de regulación por cabida, de manera que se cosechen cantidades similares de terreno cada anualidad, y en la que los varios frentes de corta puedan mantener una mezcla estable de productos, costos y beneficios. Si se considera para el ciclo de corta, el beneficio sería el valor de retención de la estructura actual relativo a la ganancia de valor durante un periodo más de tiempo en que el arbolado se deja crecer antes de la corta final; o sea, las cortas frecuentes quizá tengan poco volumen de remoción, tanto en la corta parcial como la final, y se hace más probable que no estén bien definidas las condiciones ecológicas que necesitan remediación silvícola (densidad, composición, salud, calidad reproductiva).

Si el ciclo fuera demasiado largo, se acumulan los daños por errores cometidos o por incongruencias de la estructura de las masas, disminuye el valor recuperado, y aumenta el tiempo de exposición a riesgos y la variabilidad. La experiencia local, registrada en los archivos de aprovechamientos e historia previa, ayuda al profesional

forestal a guiar su talento, experiencia y creatividad para definir un lapso que sea el ciclo de corta a proponer. Al ser este subjetivo, no es sencillo dar indicaciones claras de cuál es la cifra mejor, ya que varias cifras pueden ser razonables, cada una con sus pros y contras. El antecedente de ciclos de corta de 20 años, por ejemplo en Jalisco y la Península de Yucatán, es una recomendación inicial prudente, dada la dinámica lenta, característica de los bosques tropicales mexicanos.

► Se diseña y conduce un **inventario de prescripción**. El inventario de prescripción implica que un profesional de la silvicultura, con amplia experiencia local, recorra el predio y la región, y corrobore en el terreno la presencia de algún escenario del catálogo teórico de escenas silvícolas que delinean el régimen silvícola. Por motivos prácticos, el recorrido de la UMM puede ser parcial, no un censo. Ninguno de los métodos que cumplen los criterios del SP requiere algún diseño estadístico de muestreo de campo, siempre que la dispersión de resultados cubra de forma amplia la variabilidad de escenarios. Al cotejar la realidad en campo con los pronósticos de dinámicas alternas que la función de producción simuló, el profesional aplica su criterio y experiencia y recomien-

da para cada UMM y GAI al menos dos posibles tratamientos alternativos: dar continuidad a la situación presente, o bien aplicar en cierta anualidad alguna labor correctiva que encauce la dinámica de la masa a cualquiera de los cursos deseables del régimen silvícola. El resultado de este relevamiento es un mapa de situaciones presentes al inicio del ciclo de corta, así como recomendaciones de las labores viables y deseables en cada punto del terreno, según el criterio del profesional que valoró la situación de campo.

Un analista en gabinete ponderará las recomendaciones respecto al efecto de los totales y las metas, de las políticas y restricciones económicas, de ingeniería, legales y las preferencias del productor, antes de elegir las opciones para el plan definitivo. **Lo importante en el inventario de prescripción es contar con una buena aproximación de la frecuencia y ubicación de los tipos de escenario y los tratamientos recomendables.** Debido a las obligaciones normativas, el inventario también debe generar estadísticos de calidad suficiente sobre superficies, existencias, remoción y biomasa residual. El inventario de prescripción puede ser independiente de las estimaciones de la contabilidad volumétrica, en tanto las estadísticas de cubicación se midan con otro tipo

de muestreo; o bien puede aprovecharse para recabar la muestra que sustente los requerimientos dasométricos normativos.

- ▶ Los datos del inventario se concentran, capturan, depuran y sintetizan en gabinete, y después se calculan los estadísticos que la norma NOM152-SEMARNAT-2006 solicita. Para ello, el SP hace uso de **Alebrije Tropical [AT]**, una aplicación virtual que realiza cálculos en apoyo a la formulación de programas de manejo forestal maderable. AT es de acceso gratuito y se encuentra alojado en los servidores de la CONAFOR, bajo su administración.
- ▶ Los datos del inventario se ingresan al modelo de producción y valoración con la finalidad de obtener la matriz base para evaluación.
- ▶ En la evaluación del total de posibles programas de manejo para el predio puede usarse un paquete **heurístico** de búsquedas numéricas, con la intención de identificar los que cumplan las preferencias del productor, al tiempo que aportan la mejor expectativa de crecimiento y reducción de riesgos financieros al valor del terreno predial, y se sujetan al cumplimiento de la normatividad y de las políticas de biodiversidad y conservación natural propuestas. No es recomendable

usar los algoritmos comunes o los anteriores, en tanto que el mejor programa de manejo no contempla el mejor tratamiento o régimen silvícola para cada UMM, sino a partir de la combinación más adecuada de ellos, de modo que estén presentes las interacciones entre los factores indirectos (los que, al ser necesarios, no tienen efecto ni modifican la cosecha, como es el caso de las inversiones en caminos y otras economías de escala). La recomendación general es usar tabú (Glover y Laguna, 1997) o descomposición y relajamiento (Torres-Rojo, 1989) para construir el mapa de posibilidades tecnológicas y su desempeño en cuanto a indicadores patrimoniales de valor de terreno en el predio.

La parte delicada y de mayor responsabilidad en el procesamiento es el **análisis de sensibilidad** de cada una de las soluciones subóptimas recomendadas. En este análisis, aparte de indagar y desplegar las soluciones inestables, es útil llevar cada una de ellas a un punto de quiebre donde ya no serían viables o hubiera otras mejores si cambiara alguno de los elementos e información en la entrada de datos. Todas las soluciones que muevan sus datos base sin cambiar la decisión del lugar que se va a cortar se considerarán parte del espacio de solución y cualquiera de ellas podría ser recomendada.

Al desplegar el mapa de soluciones viables, el responsable técnico y el titular del aprovechamiento podrían introducir elementos de juicio y preferencias personales con base en su experiencia, así como abrir espacios de negociación con los revisores oficiales. De esta manera será posible y útil que los planes de manejo respondan a preocupaciones políticas y culturales subjetivas o que no puedan ser representadas en los modelos cuantitativos que construyeron los programas de manejo.

► Se pone a consideración del productor un grupo selecto de programas de manejo alternos con buen desempeño para que escoja cuál presentar a dictaminación.

ALCANCES DEL SISTEMA PATRIMONIAL

El sistema patrimonial es un entorno conceptual sobre la gestión de tierras forestales; no se restringe a bosques tropicales, pero nació para las selvas productivas mexicanas. Su finalidad es establecer los principios sobre los cuales diseñar diversos métodos de manejo forestal.

En el contexto agrario mexicano actual (2020), y para los fines del sistema patrimonial, el objeto de la gestión de tierras forestales maderables es la con-

ducción responsable de los activos en el predio forestal en cuanto a crecimiento en valor de la tierra, que responda a las preferencias de riesgo del empresario forestal, y mantenga una actitud de respuesta socialmente responsable y atenta a las preferencias públicas sobre la condición que guardan los espacios naturales. Además, debe acreditar conformidad con las restricciones legales, las cuales se refieren a procurar una canasta variada y suficiente de opciones de hábitat para albergar los valores naturales existentes o que se presenten temporalmente en el predio. Las intenciones sobre diversidad de hábitat en el SP se traducen en un bosque meta donde se observan todas las etapas sucesionales, de todos los tipos forestales y todas las geoformas factibles de ocurrir espontáneamente en el predio, dispersos en cantidades y acomodos que permitan su conectividad y funcionalidad.

Un inventario de prescripción puede ser el mecanismo para conocer cuál es la extensión del bosque meta al momento inicial, y qué tan lejos están las distintas escenas sucesionales de llegar a las frecuencias, tamaños y conectividad de este. Se anticipa que algunas cualidades importantes del bosque meta ocurran fuera del predio, dispersas sobre la región aledaña, y alguna podría expresarse en espacios territoriales amplios, nacionales o mundia-

les. Por ejemplo, la política sobre fuego y especies legalmente protegidas es improbable que sea viable dentro del predio, pero podría serlo regionalmente. Otros temas como el carbono atmosférico son de carácter mundial. Los programas de manejo predial en el SP tomarán provisiones para informarse sobre los indicadores y procesos externos, y tendrán especificaciones para vincular con las decisiones extra-prediales. En este sentido, el SP es una de las posibles derivaciones del manejo de paisajes ecológicos.

Se anticipa que al aplicar estas políticas, con el tiempo se tendrá una ruta larga de conversión que gradualmente permita que cada porción del predio se acerque al bosque meta, al que seguramente nunca llegará; pero día con día, cada área nueva de intervención debe mostrar beneficios medibles en los dos componentes meta:

- ▶ valor económico del predio visto como herencia y patrimonio de los poseedores del terreno forestal, y
- ▶ sitios donde se propicia la ocurrencia de organismos, poblaciones, especies y fenómenos naturales espontáneos en concordancia con el paisaje regional que periódicamente se describe y cuantifica.

Hay que insistir en que el carácter privado de la actividad forestal y sus cualidades como capital activo fijo hacen altamente

improbable que el aprovechamiento de madera del bosque pueda sostener una corriente importante de ingresos para el hogar del productor. Más bien, aplicar medidas prudentes a la gestión del patrimonio forestal debe poner el predio en condiciones que sostengan pagos razonables por dividendos a su dueño, a partir del crecimiento en la capitalización del bosque, la cual se mediría en valor real del dinero.

Tabla 1. Principales atributos de los métodos de manejo forestal considerados en el sistema patrimonial.

Aspecto	Manejo de Paisajes Ecológicos (MAPA)	Plan Costa (PC)	Método Silvícola Peninsular (MSP)
Origen	Oliver y Larson (1990) postulan una teoría de sucesión forestal donde no hay cambio en especies sino acumulación de biomasa y materia orgánica, con etapas que inician luego de perturbaciones severas. Esta teoría permite diseñar sistemas silvícolas sin tratamientos ni regímenes de cultivo.	Rechazo nacional de políticas que siguen la lógica del PPF QR, que copia sin cambios el esquema mexicano tipo MIQRO. El PC se guía, en el plazo largo, por el método francés Mélard (cuartel azul), pero lo esencial es definir madurez a partir de las cualidades anatómicas del árbol, no de edad o tamaño. Además, requiere corta final tipo parquet.	Profesionales forestales en Campeche y Quintana Roo descontentos con los resultados silvícolas se apoyan en ejidos que tienen poco o nulo aprovechamiento forestal. El MSP pretende reactivar la silvicultura, la cosecha y el mercado de la madera en la Península de Yucatán.
Aplicación	El Llanito y cuatro predios más, Santa Bárbara, La Bufa, Jalisco.	Comunidad Indígena Santa Cruz del Tuito, Cabo Corrientes, Jalisco.	Kancanchen y otros cinco ejidos de José María Morelos, Quintana Roo.
Criterios de ordenación	Reconstruir de manera acelerada masas de cada etapa sucesional en cantidades amplias que aseguren conectividad e integridad; cada tipo de terreno se constituye en una serie de ordenación independiente: tipos forestales y geoformas diferentes en bosque cerrado, bosque de orilla, claros, riveras, cumbreres y caminos.	Áreas de corta definidas por acceso y caminos, dentro de las cuales se eligen áreas de corta final donde exista material reproductivo a su alrededor.	El valor del producto marginal de cada labor y cada evento de perturbación, sobre un horizonte de tiempo tan largo como sea razonable anticipar resultados, debe sumar para todo el bosque un aporte creciente para el valor del predio, comparable con la inversión alterna (por defecto es una AFORE, que es una opción disponible para cualquier productor).

<p>Estrategia silvícola</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▲ Ocurrencia actual o histórica de perturbaciones (incendios, plagas) en la planeación forestal. ▲ Conversión del bosque para recuperar condiciones maduras y ribereñas. ▲ Manejo del paisaje a través de la estructura de diversas etapas sucesionales, tipos forestales y geoformas, es decir, más allá del rodal. 	<ul style="list-style-type: none"> ▲ Atributos de madurez fisiológica del arbolado (tres categorías de tamaño y edad)*. No hay DMC. ▲ Corta de arbolado de todas las especies y diámetros. Diversificación productiva. ▲ Favorecer el renuevo de todas las especies de interés comercial. ▲ Ocupación productiva total del suelo. ▲ Considera eventos catastróficos de disturbio. ▲ Se espera que casi todos los rodales sean masa altamente mezclada de especies arbóreas tropicales. ▲ No hay cortas para el control de la densidad; corrección de composición y mejoramiento silvícola en el arbolado juvenil y el renuevo. ▲ Remoción de todo el arbolado en un espacio de una a dos alturas del arbolado. 	<ul style="list-style-type: none"> ▲ El aprovechamiento incluye todas las especies existentes en el predio. ▲ El aprovechamiento es por selección en grupos. ▲ El aprovechamiento considera el arbolado por su madurez de cosecha*, no por su DMC. ▲ Regulación por área, no volumen. ▲ UMM: Grupo de árboles interactuantes (GA). Puede estar conformado por un árbol lobo, un grupo pequeño de árboles, o un grupo grande de árboles (varias hectáreas). ▲ Ocurrencia actual o histórica de perturbaciones (huracanes, incendios, plagas) en la planeación forestal; de modo que entre eventos naturales e intervenciones se tenga en el plazo de un ciclo de corta el régimen de perturbación teórico correcto (experimental al principio si no hubiera investigación científica en la zona a nivel local sobre este aspecto). 	<p>Criterios para el ciclo de corta</p>	<p>10 años arbitrario, tradicional, pero algunos tratamientos pueden tener varias intervenciones fijas o condicionales que abarquen un horizonte de varios años.</p>	<p>20 años arbitrario, puede cambiar si fuera conveniente para los fines de ingeniería de caminos y extracción, por oportunidades de mercado o urgencias silvícolas.</p>	<p>Son decisiones administrativas con fines prácticos. Por el momento queda en 20 años de acuerdo con la experiencia previa.</p>
------------------------------------	--	--	---	--	--	--	--

<p>Tratamientos silvícolas y complementarios</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▲ Tratamientos de aclareo con criterios de mejoramiento para masas unicohortales. ▲ Selección (rodales muticohortales de estructura compleja). ▲ Cortas finales de reemplazo de rodal con retención parcial ligera y amplios legados en el suelo. ▲ Claros del dosel. ▲ Manejo de residuos leñosos en el suelo. ▲ Nunca hacer saneamiento después de incendios y plagas, excepto que lo haga o exija la autoridad por preocupación de riesgos extra-prediales. 	<ul style="list-style-type: none"> ▲ Tratamientos de regeneración (arbolado más viejo). ▲ Corta final en grupo del arbolado fisiológicamente maduro, en sitios con al menos un árbol comercial, apertura de dosel mayor a la altura de un árbol individual, pero menor a 0.25 ha (selva mediana, menor en selva baja). ▲ Preparación del suelo a través del control de residuos de la extracción. 	<p>Régimen de bosque interior</p> <ul style="list-style-type: none"> ▲ Corta final: selección en grupos (reemplazo del rodal). ▲ Corta parcial: selección individual para mejora del árbol meta. ▲ No corta: cuando la condición natural sea inmejorable a costo razonable. ▲ Tratamientos complementarios (quema prescrita, aclareos, plantaciones de enriquecimiento, preparación de micrositios, etc.). ▲ Aclareos y cortas de liberación de árboles meta (arbolado maduro). ▲ Mantenimiento de la cobertura plena por árboles de calidad. ▲ Manejo de zonas ribereñas según recomendaciones USDA NRCS. ▲ Regímenes de caminos. ▲ Regímenes de claros. ▲ Regímenes de orillas. ▲ Regímenes de zona riverañas. ▲ Regímenes de cumbreres.
---	---	--	---

<p>Metodología para inventarios</p>	<p>▶ Inventario de prescripción por separado para caminos, claros, orillas, bosque cerrado, cumbres. El inventario es una red de puntos al azar con observaciones y recomendaciones de un silvicultor local experto.</p>	<p>▶ Sistemático, sitios rectangulares o circulares de 500m². Considera variables para ubicación y para deslindar terrenos y especies protegidas por ley. Se agrega el criterio de madurez.</p>	<p>Inventario de prescripción</p> <ul style="list-style-type: none"> ▶ Diseño: sistemático con sitios equidistantes de 200 x 250 m. ▶ Sitios: rectangular de 500 m² con dos subsitios cuadrados: 25 m² para subsitio 1, y 1 m² para subsitio 2. En el mediano plazo no habrá inventarios forestales. La función de producción dará pronósticos de cada posible labor y perturbación en cada punto del bosque, con datos acumulados del comportamiento histórico.
<p>Criterios para la conservación de la biodiversidad</p>	<p>Se toman del catálogo CONAFOR las buenas prácticas que tienen que ver con biodiversidad, y se aplican las que tienen sentido en la localidad y en la etapa de desarrollo del rodal, siempre y cuando dichas prácticas no sean onerosas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▶ La silvicultura extensiva, luego de dos pasos de corta, muestra ser favorable, no necesita más consideraciones ni gastos. ▶ Ciertas especies emblemáticas se manejan aparte con recomendaciones del área de Vida Silvestre de la SEMARNAT. 	<p>Cumplir recomendaciones de la CONABIO para especies prioritarias; criterios de integridad del hábitat como los plantea Mora (2017).</p>

VI: Árboles jóvenes: individuos prerproductivos, madera formada completamente por albura (sin duramen), cualquier tamaño y cualquier edad. En algunos casos la corteza puede ser lisa y tener estructuras anexas como espinas.

VZ: Árboles maduros: individuos reproductivos, fecundos, con duramen.

V3: Árboles sobremaduros: árboles podridos, prácticamente sin madera y con la corteza desprendiéndose, pero aún reproductivo.



GEREMAS GUZMÁN SÁNCHEZ

El bosque como parte del patrimonio del hogar del silvicultor, ejido Ley de Fomento Agropecuario, Campeche.

Capítulo II. Implicaciones de un bosque agrario

El sistema patrimonial de manejo forestal para selvas productivas de México se origina a partir del reconocimiento y la interpretación jurídica del mandato de ley de la Constitución Mexicana y de normas oficiales que establecen la prioridad de la gente del bosque sobre este. Tal prioridad es el deseo expreso y sucinto de la sociedad, con la única condición de que la actividad productiva forestal sostenga económicamente los hogares de los propietarios, productores, proveedores, habitantes y consumidores forestales, y haga lo necesario para mantener espacios de hábitat natural dentro del bosque cultivado que sean favorables a la amplia variedad de organismos, procesos y valores naturales propios de cada zona. Es decir, es un mandato de la sociedad que los propietarios de tierras forestales tengan el derecho de usarlas para propósitos que no cambien el uso del terreno (salvo al recibir autorización legal, si fuera solicitado), y que el dominio de la tierra se condicione a la responsabilidad de los valores naturales que contenga.

La exigencia de poner el patrimonio como meta final del manejo forestal responde a la realidad mexicana del bosque agrario, que por razones históricas ha dado dominio pleno a propietarios, ejidatarios y

comuneros sobre las tierras forestales dentro de su dotación agrícola. Si existe libertad plena para que el propietario de los terrenos forestales asigne usos productivos, de conservación natural, restauración y usos culturales, lo esperado es que predomine la finalidad de beneficio económico para la gran mayoría de las tierras con recursos maderables comerciales.

Entonces, son dos los propósitos del manejo forestal bajo las distintas tecnologías del SP:

- ▶ Gestión responsable de las tierras maderables como parte de las intenciones generales del patrimonio del hogar del productor en sus múltiples y cambiantes giros de actividad y sus múltiples activos productivos.
- ▶ La creación de espacios con las cualidades de hábitat propiciatorias de las formas de vida, los patrones sucesionales y los procesos ecológicos naturales de cada localidad y territorio, que en su conjunto constituyen lo que aquí definimos como el bosque meta.

Ambos designios abarcan escalas de tiempo y territorio distintas. La escala económica ocurre sobre parámetros prediales y horizontes de tiempo infinitos. Las inten-

ciones de la gestión de la diversidad de hábitat tienen sentido en contextos regionales (>10 000 ha) y lapsos de tiempo entre uno y dos milenios. En tanto que no hay propiedades tan grandes ni mecanismos de gestión para estos horizontes de tiempo y espacio, el SP debe operar en un contexto de manejo de paisajes regionales donde sólo se puede avanzar en tanto haya colaboración y diálogo entre los distintos actores, en cada espacio y bajo la organización y vinculación de las instituciones, cuya función es armonizar las acciones multiprediales.

OBJETIVOS PARA EL BOSQUE META

Las opciones que el SP considera viables parten de que la escena actual del bosque es una de las menos interesantes,

valiosas e importantes de todas las etapas sucesionales conocidas o teóricas. Entonces la intención clara del manejo forestal en el SP en un sentido silvícola es propiciar el pronto reemplazo del bosque actual para acelerar la llegada del bosque meta con cantidades notables de todas las escenas sucesionales, todos los tipos forestales y todas las geoformas (ver figuras 5, 6 y 10).

Tal como se ha llevado a cabo tradicionalmente, la dinámica del aprovechamiento forestal es lenta y mantiene durante demasiado tiempo pocas escenas sucesionales de importancia para la sociedad en el trópico mexicano actual (fig. 8). Mover el bosque hacia una estructura y dinámica más ricas que cubran sus posibilidades teóricas, además de abrir un abanico amplio de oportuni-



ANGÉLICA NAVARRO-MARTÍNEZ

Figura 8. Selva mediana subperennifolia, Calakmul, Campeche.

des de ingresos a la economía de los productores forestales, representa una forma de herencia al futuro que tenga poca influencia del manejo actual. Es como reiniciar la meditación sobre la relación de la sociedad con el bosque.

BIENESTAR DEL PROPIETARIO DE BOSQUES

En comparación con el uso de otros recursos en la economía mexicana actual, no es intención de manejo en el SP intervenir intensivamente, sino reintroducir los patrones naturales de perturbación que mejoran la labor silvícola a menor costo. No se busca optimizar la extracción de madera ni las ventas o el flujo neto de dinero; se trata de una gestión responsable del bosque visto como activo fijo dentro del portafolio de inversiones del productor. Es decir, aunque el bosque puede generar ingresos económicos casi indefinidamente, representa solamente una parte de la canasta de fuentes de ingreso del productor y, en muchos casos, esta es mínima.

El bosque tropical con recursos maderables implica para la sociedad mexicana una dotación original cuantiosa. El objetivo por parte del gobierno (1824) inicialmente fue ampliar la frontera agrícola nacional. Posteriormente y hasta la actualidad, la sociedad ha impuesto a estas tierras y sus dueños diversas demandas

de conservación natural que históricamente se han cumplido en exceso. La lógica del productor tradicional, y tal vez en general de la clase rural media y pobre, es obtener ingresos diariamente para sostener el hogar. En el razonamiento patrimonial estos ingresos se denominan “dividendos”. El objetivo de la gestión de las tierras maderables en el pasado era generar una corriente de beneficios económicos para los hogares de los productores y poseedores del bosque, que fuera del mayor valor y de una certeza factible de obtener. En el nuevo sistema de manejo forestal, el patrimonial, este valor no implica ingresos constantes ni permanentes para el hogar del dueño del terreno. La gestión responsable busca satisfacer los requisitos de una corriente de dividendos suficiente, que sea compatible con un ritmo alto de rendimiento económico, sin perder de vista la opción nula de liquidar todo o parte del valor del bosque para moverlo a una **inversión alterna** de aquellas que efectivamente están a la mano en las condiciones del productor silvícola.

El concepto patrimonial que impulsamos es diferente y a veces opuesto a la generación de ingresos económicos. Queremos evitar mermas en el patrimonio (la herencia) del silvicultor. Cada vez que se extrae madera u otros productos forestales que se venden, se quita valor al bosque para moverlo a otra canasta de oportuni-

dades donde haya distintos recursos económicos. La canasta completa de activos constituye la herencia y el capital patrimonial del hogar del propietario de bosque. Entonces, para conseguir la voluntad del propietario de convertirse en productor forestal, los dividendos del bosque se vuelven requisitos y no objetivos del manejo, en tanto que la herencia es para guardarla, cuidarla, aumentarla, heredarla y, por supuesto, usarla o liquidarla en aquellos momentos que lo ameriten. La herencia (el patrimonio) es la base que sostiene al hogar. Nosotros proponemos el cuidado del monte en el sentido de su valor hacia el patrimonio, hacia la herencia, hacia las generaciones futuras (los que están y los que habrán de llegar), y que sus beneficios crezcan todo el tiempo; ese es el sentido de lo patrimonial.

IDENTIDAD TROPICAL

El manejo de selvas productivas es, en lo esencial, idéntico a cualquier otra forma de manejo forestal. Sin embargo, existen circunstancias peculiares de la escena actual que modulan políticas de manejo forestal; estas son:

- ▶ Multiplicidad de productos.
- ▶ Sincronía entre los productos maderables industriales, artesanales y no maderables.

- ▶ Las actividades agroforestales y buena parte del recurso maderable se encuentran fuera del bosque (acahual, traspatio, huertas, potreros con sombra de árboles, etc.).
- ▶ La gestión debe realizarse a nivel del paisaje (forestal, acahual, zona agropecuaria, zona urbana y suburbana).
- ▶ Pocos dueños y poseedores del bosque y sus recursos tienen vocación para la actividad forestal.
- ▶ Los hogares tienen fuentes diversas de ingresos.
- ▶ Los mercados tropicales son incipientes, con oportunidad de exportación tanto de materias primas como de productos semielaborados o elaborados para el consumidor final.
- ▶ Igual que en otras tierras naturales, las selvas productivas son hogar frecuente de grupos campesinos.

En el México actual, el bosque natural con potencial para el desarrollo de recursos forestales representa una pequeña fracción (4%) del total de tierras forestales. Sin embargo, las cualidades de interés público que implican el requisito de custodia de valores naturales ocurren en el 100% del espacio forestal. No debe perderse de vista que los asuntos relevantes a la vida y a los intereses de las personas también ocurren de forma amplia en los espacios

terrestres no forestales y los acuáticos; pero debido a la cercanía de la ecología de los ambientes donde viven los humanos, son los que más recursos bióticos importantes tienen y los elementos ecológicos de mayor peso en la vida humana.

Por otro lado, las cualidades de interés público se expresan en menor medida en zonas productivas, sobre todo cuando estos bosques han sido llevados a una condición homogénea, con pocas estructuras y escenas sucesionales, que son las que hacen eficiente la producción y la productividad, y enfrentan nubes de probabilidad de variabilidad de espacio temporal y siniestralidad mucho más tenues, de menor riesgo, menor monto de perturbaciones y daños, que los mismos factores fortuitos en los bosques no comerciales y en las zonas forestales no arboladas.

En el sistema patrimonial, al manejo forestal comercial se le impone la responsabilidad de gestión del total del territorio forestal, porque esta es una forma confiable de entregar los resultados solicitados en cuanto a custodia de valores naturales. El sistema patrimonial de manejo forestal para selvas productivas de México propone manejar el bosque de manera integral y a nivel del paisaje considerando todos sus elementos y las relaciones ecológicas, sociales y comerciales, a fin de mantener un catálogo de diversos escenarios sucesionales (hábitat de la amplia biodiversidad)

y el bienestar de los dueños y otros beneficiarios del bosque.

Si bien en Jalisco se manejan en números redondos 100 especies maderables, 25 de las cuales se reconocen en el mercado, y 13 poseen un alto valor e importancia comercial, en otros lugares como Quintana Roo y Chiapas las especies maderables superan las 200, entre las cuales más de 20 son de alto valor comercial (Vester y Navarro-Martínez, 2007).

Se advierte que las especies de una misma comunidad suelen tener rusticidad y caracteres sociales similares, lo que no es casualidad, sino producto de la sucesión movida por la luz. Entonces podemos confiar en un diseño de sistema silvícola que mezcle especies sin mayor preocupación de su destino o el de sus poblaciones, no porque haya garantías de su presencia y abundancia, sino porque hasta la especie más abundante en cierta zona, al ser sólo una de tantas, está sujeta a altibajos fuertes y frecuentes y es normal que aparezca y desaparezca sin que ello se note sobre la mezcla total. Esta mezcla compleja y fluida es la cualidad más visible de la selva, y esa presencia abrumadora impone rigurosas dinámicas y altibajos a todas y cada una de las especies arbóreas y otras formas de vida. Lo que importa es la presencia de la mezcla, en el entendido de que incluso las especies momentáneamente ausentes tienen el espacio de hábitat disponible y lo

ocuparán en cuanto la perturbación adecuada permita la colonización por parte de los propágulos disponibles en el sitio.

Este tipo de ecología sostiene las bases teóricas de los sistemas silvícolas en el SP porque lo confiable en la compleja dinámica de la selva productiva es que la mezcla ocupa permanentemente los espacios propicios para ella; pero no hay estabilidad de la biomasa, de los inventarios nutricionales o de los fenómenos ambientales en la región, ni mecanismos naturales o silvícolas que estabilicen las estadísticas de cada una de las especies y sus poblaciones, en todos los momentos de la sucesión (fig. 9).

Algo especialmente relevante es que la figura 9 muestra una concepción didáctica simplificada en extremo, y válida sólo en lugares que han tenido milenios continuos de ausencia humana y de sus actividades. La secuencia teórica funciona a partir de eventos de perturbación intensa cuya naturaleza es específica a cada etapa sucesional porque cada una de ellas define una matriz única de fuentes de disturbio y de la disposición de la estructura forestal hacia esos agentes de cambio. Si bien cada factor perturbador tiene su escenario particular en el que se avanza de una etapa a la subsecuente, nunca se da el cambio completo y homogéneo sobre el total de la superficie con la

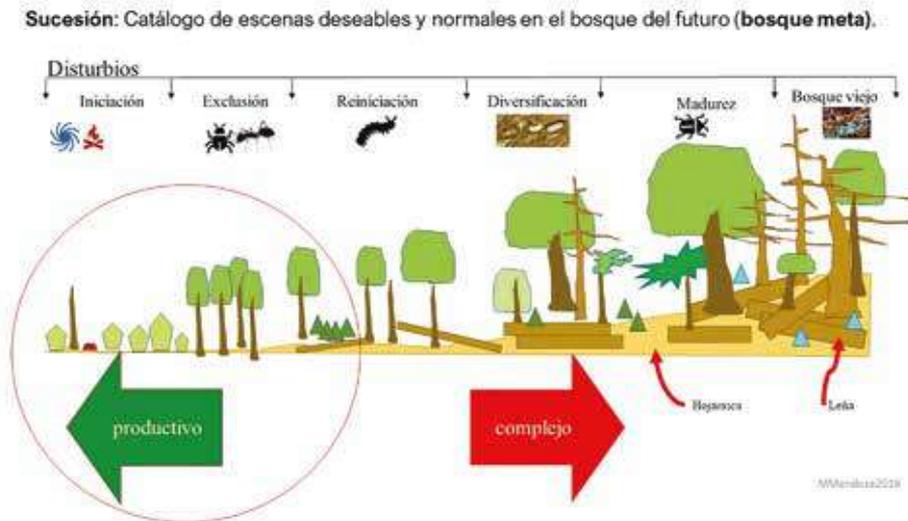


Figura 9. Modelo teórico para el sistema patrimonial de manejo forestal para selvas productivas de México. Elaboración propia.

estructura sucesional adecuada; quedan islas y orillas sin afectación o con efectos de baja intensidad, además de que el azar abre lugar para excepciones en medio de las zonas afectadas, aun las más intensamente transformadas. Por ejemplo, Franklin (2013) menciona que en el volcán Saint Helens, cuyo cono explotó en la erupción de 1980, incluso en la zona más afectada por la caída del material mineral y los restos del arbolado muerto, se sepultaron vivos incontables organismos y sus propágulos, lo que permitió la recolonización en poco menos de 15 años. Estos componentes residuales de tiempos pasados se conocen como **legados**, cuando su permanencia es parte de la prescripción y las labores culturales de los tratamientos silvícolas, y su función es facilitar transiciones más rápidas entre etapas serales, e incluso alterar el orden completo de la sucesión espontánea.

En la figura 10 se muestran ejemplos de los legados que se pueden prescribir. La importancia de los legados heredados a las estructuras del rodal futuro radica en que gracias a su presencia y acciones existen innumerables vías que detienen la sucesión, a veces indefinidamente, o la mueven en un orden no lineal, incluso cíclico, según existan suficientes legados que permitan la funcionalidad de etapas sucesionales no secuenciales. Aunque los disturbios alteran los ecosistemas y ma-

tan árboles, gran parte de la materia orgánica persiste como estructura (árboles muertos en pie o escombros de madera en el suelo, que representan hábitat para diversos organismos) y causa efectos relevantes. También hay legados de composición que se refieren a los organismos sobrevivientes al disturbio, como árboles, otras plantas, hongos, microorganismos y animales.



ANGÉLICA NAVARRO-MARTÍNEZ

Figura 10. Ejemplos de legados biológicos en selvas productivas de México: a) árboles caídos, b) raíces, c) árboles quebrados, d) árboles muertos en pie, e) hojarasca y tocones, f) hongos descomponedores de la madera. Selva productiva del ejido Xhazil Sur y Anexos después del huracán Dean en 2017. Tomado de Navarro-Martínez *et al.* (2020).



ANGÉLICA NAVARRO-MARTÍNEZ

El bosque para propiciar la creación de hábitats para diferentes formas de vida.

Capítulo III. Atributos del sistema patrimonial de manejo forestal

MÉTODOS SILVÍCOLAS

Los métodos silvícolas del SP deben considerar los aspectos siguientes:

► **Bosque meta.** Las intenciones sobre diversidad de hábitat se traducen en un bosque meta que comprende todas las etapas sucesionales y todos los tipos forestales factibles de ocurrir espontáneamente en el predio, dispersos en cantidades y acomodos que permitan su conectividad y funcionalidad. La sucesión ecológica arranca con la iniciación, a partir de la ocurrencia de una perturbación de gran escala, hasta terminar en el bosque viejo que acumula biomasa viva y muerta, así como estructuras cada vez más complejas en su distribución vertical, horizontal y en tiempo. La sucesión avanza cuando ocurren los patrones naturales de perturbación acorde a su probabilidad acumulada histórica (al menos un milenio, deseablemente más de dos).

► **Función de producción.** El bosque meta puede y debe ser descrito dentro de un modelo de simulación silvícola que defina las cualidades esenciales de cada etapa sucesional y cada proceso de perturbación que mueve la transición entre etapas sucesionales. Este modelo tiene como cualidades

fundamentales e indispensables exhibir rendimientos decrecientes pronosticados como resultado de cierto entorno de manejo: interacción genética con el ambiente, cierto régimen silvícola, régimen de protección y función probabilística de perturbaciones naturales. Todo esto puede ser expresado de la manera siguiente:

- Rendimiento = f (régimen silvícola,
- régimen de protección,
- régimen de fomento,
- genes,
- calidad de estación,
- probabilidad de siniestros y perturbaciones,
- variabilidad biológica, territorial y atmosférica).

Estos modelos suelen ser resultado de ajustar, mediante métodos estadísticos, nubes de datos empíricos de observación y experimentación que describen las posibilidades dinámicas de desarrollo de una masa forestal de cierto tipo (tipo forestal dedicado a cierto uso, ya sea productivo, bosque interior, conservación, cultural, camino, rivera, orilla, claro). El modelo no necesita ser empírico, ni su ajuste tener validez estadística. El méto-

do para diseñar la función de producción es irrelevante, pero es necesario validar dicha función contra datos independientes o validación cruzada, y verificar que responda a labores silvícolas y de perturbación; además, la función de producción debe pronosticar rendimientos decrecientes del valor de los productos, así como toda información requerida para los procesos de valoración.

► **Política silvícola.** Los tratamientos silvícolas primarios (control de densidad y composición, regeneración y cosecha) y complementarios (al suelo y vegetación) funcionan en sustitución o en complemento de las perturbaciones naturales. En este sentido, las acciones directas silvícolas podrán ser programadas, pero su ejecución debe ser contingente a la ocurrencia de los indicios de que tales labores serán viables y oportunas.

Los diferentes métodos podrán seguir mecanismos diversos, cada uno para permitir que la decisión final de intervención quede supeditada a una visita de campo y a un análisis de gabinete fundado en la experiencia previa, el talento, la creatividad del profesional y los pronósticos de la función de producción, para indicar que ese sitio es apropiado y no hay otros más urgentes de atender. Los cambios graduales del rodal y por catástrofes, en sí mismos, son tratamientos silvícolas, con la única diferencia de que no se tra-

bajó en lograr el resultado, el cual no necesariamente coincidirá con lo previsto. Aquí cabe enfatizar que el SP y los métodos que cumplan sus criterios y postulados, no consideran el manejo de especies individuales, sino de todas las especies existentes en las áreas que se van a intervenir a nivel regional, en particular las maderables. Los tamaños de apertura de dosel en la corta final crean condiciones que favorecen la probabilidad del arribo y el establecimiento de especies maderables comerciales, pero todas las especies son deseables. Lo fundamental en la silvicultura es que cada lugar sea cubierto por el arbolado con la mejor capacidad para ocupación plena por individuos de alta calidad, cualquiera que sea su especie (ver descripción de los sistemas silvícolas y reglas de marcaje adelante).

Los tratamientos complementarios se agregarán sólo en la corta final. Para ello se necesita un modelo matemático de carga de combustibles prescrito por el profesional para cada UMM, según las simulaciones que se hagan en gabinete con el modelo de combustibles. El profesional en campo tendrá libertad plena para diseñar labores de manejo del suelo que cumplan mejor la meta prescrita, pero debe atenerse al uso eficiente de los recursos y los medios para esa labor, la cual ha de evaluarse financieramente como aporte parcial al valor predial en los análisis de sensibilidad. Para las cortas

finales también es obligado considerar y, en su caso, prescribir quemas controladas que generen espacios para el renuevo, y dejar la carga de combustibles prescrita en cada UMM.

En el anexo 1 se describen ampliamente las labores de control de desperdicios de todo aprovechamiento, y la preparación de la cama de germinación para las cortas finales.

► **Manejo adaptativo.** El bosque se recibe tal cual sea su condición inicial actual, y cada periodo de reporte de inventarios o de la red de monitores de seguimiento actualizará el estado de la situación, pero las decisiones seguirán supeditadas a la mejor ruta dinámica esperada de ese sitio, sin tratamiento y, sucesivamente, con cada tratamiento viable que pueda recibir. Dicho de otra manera, no se intervendrá sin pensar para restaurar zonas siniestradas, cualquiera que hubiera sido la afectación o la causa. Estas zonas sólo recibirán prioridad si se justifica según la evaluación del inventario, la que definirá las mejores acciones a partir de las circunstancias post-evento. Cualquier labor de fomento y restauración debe seguir lineamientos rigurosos de recuperación costo-eficiente del valor perdido, o de esfuerzo costo-eficiente de prevención que recupere o evite un daño de valor superior.

► **Unidad mínima de manejo.** La unidad territorial para fines de prescripción de labores será la que los equipos de extracción y otros equipos que hagan labores silvícolas puedan operar en una unidad de tiempo (día), sin tener que desplazarse a otro punto de trabajo. La unidad probablemente será tan pequeña que no tenga sentido lógico ni sea posible registrar sus datos por separado, o ubicarla en la cartografía. Las **unidades cartográficas mínimas**, entonces, son agrupamientos con fines administrativos y de reporte a la autoridad, y en ese sentido se les identifica como **unidades mínimas de manejo** [UMM]. Las UMM en campo serán espacios territoriales con varios tratamientos y prescripciones, ubicados más o menos contiguos y en tamaño detectable en los mapas. Las UMM cuyo acceso sea por la misma ruta constituyen un **frente de corta**, y los frentes de corta contiguos programados para la misma anualidad forman un **área de corta**. El conjunto de áreas de corta anual constituye la **afectación** de esa anualidad.

► **Horizonte.** El sistema patrimonial sigue criterios de mérito tipo Hamilton, lo que implica que el valor positivo del producto marginal indica que cierto cambio es innovador y económicamente recomendable. Todo análisis para decidir labores y políticas silvícolas (realizadas por el silvicultor, o hechos que ocurran en forma natural) se estudiará para definir lo que

se hará en el periodo inmediato. La clave para elegir cierta actividad, en determinado rodal, en dado momento, es el efecto combinado de costos y beneficios directos de esa labor sobre el total de costos y beneficios de todas las demás labores aceptadas, más costos indirectos (especialmente la renta del suelo y el costo de retención del inventario, más el cambio de valor de ellos por causas del azar), para un periodo infinito de tiempo. Los cálculos de estos valores aprovecharán que el valor económico del futuro es decreciente y entonces se usará cálculo integral para estimarlos; esta es una situación quizá más didáctica que realista, dado que la teoría establece que los efectos hacia el futuro lejano pueden contabilizarse dentro del valor de venta del terreno, lo cual es posible si se acepta el principio de Faustmann (1849) de que el valor del terreno deriva de la posibilidad física y legal de obtener cosechas futuras, o sea, quien comprase ese terreno no ofrecerá ni menos ni más dinero que lo que espera recuperar con los beneficios de cosechas futuras. En este supuesto se considera que el valor de los inventarios en pie preexistentes se contabiliza y negocia por separado, excepto por la posibilidad de no liquidar de inmediato, sino esperar su madurez financiera o mejores condiciones económicas, lo cual demora y demerita el valor de las cosechas futuras, que quedarían rezagadas el tiempo de permanencia del bosque actual.

Esta parte del manejo en la que se pondera si los inventarios previos deben ser retenidos se conoce como periodo de **conversión**, porque se supone que el manejo previo y sus resultados han sido independientes y seguramente distintos del manejo futuro. Al manejo forestal, luego de liquidar el bosque actual, se le llama periodo de **posconversión** y, al ser algo que aún no existente, es usual suponer que será repetitivo y que el entorno tecnológico, biológico, económico y legal se mantendrá estable. En la frontera de la investigación actual se explora si el supuesto de una posconversión estática se puede mejorar, pero en tanto no haya nuevo conocimiento que invalide el supuesto en los métodos SP se seguirán usando cifras que suponen una posconversión repetitiva.

► **Política sobre biodiversidad.** En tanto los motivos de la sociedad sobre el bosque comercial son difusos, múltiples y de muy largo plazo, a manera de precaución se adopta en el SP una política para procurar que el bosque actual se mueva de forma clara y enérgica hacia un bosque meta diversificado y cercano a las condiciones primarias, o hacia lo que en teoría debería ser el bosque si se dejara al desarrollo espontáneo de largo plazo y amplio territorio. Esta meta final no garantiza los elementos que en el futuro serán considerados importantes por la sociedad, pero sí

tendrá amplios espacios y variabilidad para mejorar las posibilidades de que la gente del futuro encuentre lo que desea del bosque. También tiene la ventaja teórica de que la cercanía con la estructura forestal original permite a la sociedad repensar la gestión del bosque como si volviera a empezar.

► **Paisaje regional.** Como parte del bosque meta, eventualmente el manejo debe lograr el balance de coberturas dedicadas a la producción comercial, respecto a coberturas ecológicamente necesarias y requeridas para infraestructura y usos humanos (tipos forestales fig. 6, capítulo 1):

► Claros (fig. 11),

- Bosque de orilla,
- Bosque de interior,
- Riveras (si hubiera),
- Cumbres (si hubiera),
- Caminos,
- Vegetación forestal no maderable (si la hubiera, incluye reservas y sitios frágiles y amenazados con altos valores de conservación),
- Interfase forestal urbana o agropecuaria (si la hubiera).

► **Labores silvícolas.** El SP define la silvicultura como un modelo abstracto de sistema silvícola en los términos y a expli-



RUBÉN LUI CHI

Figura 11. Claro de dosel para agricultura de roza, tumba, quema, ejido Kancabchen, Quintana Roo.

cados. Los detalles y parámetros para casos concretos configuran el régimen silvícola diseñado para un tipo forestal, lugar y propósito.

El manejo forestal en el SP establece los elementos de la regulación de la corta y otras decisiones que modulan acciones y políticas de manejo con el fin de orquestar las acciones silvícolas hacia su fin superior, tal como se define en los objetivos del manejo: gestión responsable del patrimonio forestal del hogar del productor, en concordancia con la gestión de otros recursos del mismo patrimonio. El SP implica la existencia de un bosque meta, es decir, un bosque actual y una trayectoria de conversión que mueve las cualidades del conjunto de unidades de manejo para converger en algún punto de la dinámica del bosque meta. Los distintos métodos de manejo en el SP persiguen la conversión por vías alternas, lo que representa ventajas para ciertos casos en los que se recomienda cada método. El SP abre posibilidades amplias al talento, la creatividad, la experiencia y las preferencias del profesional forestal y el titular del aprovechamiento.

En las circunstancias actuales del trópico mexicano la biodiversidad es baja y hay pocas variaciones en la fisonomía de las selvas, en referencia a lo que en teoría se puede imaginar, o a las escenas que la historia nos narra. Casi toda región del

país y cualquiera que sea el tipo forestal va a necesitar, con mucha más frecuencia, cierto tipo de intervenciones especiales por única vez, con el fin de crear una trayectoria hacia su conversión al modelo deseado según su propio régimen silvícola. El régimen de conversión puede ser tan simple como sólo dar mantenimiento y mejoramiento a la masa hasta que sea oportuno su corta final y reemplazo por una masa manejada acorde con el régimen silvícola definitivo.

Los lineamientos generales de diseño silvícola parten de la noción fundamental y central al SP de regulación por área: lo que se maneja, lo que vale, lo que se puede vender y comprar es lo que existe en cierto espacio territorial, cualquiera que fuese el arbolado o la cubierta vegetal. La **ocupación del sitio** es el concepto más importante en la silvicultura de todos los métodos del SP. La ocupación plena del sitio comprende cada trozo de terreno capaz de sostener un árbol de la mayor talla de su especie, sus mejores genes y la calidad de sitio. Se refiere también a aquel sitio que hoy ocupa tal árbol, o con arbolado en el que al menos un individuo muestra señales de llegar a la talla máxima. Los demás individuos presentes, o los espacios ocupados por otra vegetación u otros materiales (suelo, agua, roca, arena, leña, hojarasca, etc.), son asuntos perentorios e irrelevantes, excepto si se

afecta al individuo con potencial para llenar el sitio de manera completa (**árbol meta**).

Si llegara a necesitarse y resultara costo eficiente, la labor de cultivo en masas que se retendrán, o sea, que no fueron elegidas para corta final, consistiría en remover la vegetación y el arbolado que limiten al árbol meta. Si el arbolado con buen porte y vigor todavía es pequeño, tal que más de un individuo de calidad cabe en el espacio potencial del manchón del árbol meta (tamaño peca solar), todos los árboles de calidad que puedan mantenerse durante al menos el siguiente ciclo de corta deben permanecer y ser motivo de liberación y reducción de densidad que los favorezca.

En sentido sociológico, la política de **labores intermedias** radica en mantener todo el tiempo cobertura plena de todos los sitios disponibles para el arbolado que ya existe, que sea de calidad, cualquiera de ellos candidato digno a ser árbol meta. En condiciones ideales, el árbol meta será un dominante de cualquier especie, en parte porque es plausible que este individuo sea de alta vitalidad y vigor, y en parte porque es el mejor candidato en cuanto a calidad de cobertura para la ocupación plena y productiva del sitio. En la medida que la interferencia de los individuos de calidad sea tal que ya aparecen individuos intermedios y domi-

nados, se tiene sobresaturación, pues lo ideal es que sólo existan dominantes y codominantes, y que sus copas no tengan sobreposición o conflicto en más de 20% de su circunferencia, sino espacio ocupable de al menos medio metro (este parámetro puede ser diferente en cada región según su fertilidad y sanidad). Este criterio de saturación también es un buen indicador de que la combinación de intensidad de corta y ciclo es adecuado, pero eso debe demostrarse en los resultados de largo plazo de simulaciones de múltiples rutas de conversión y posconversión para todo el bosque, comparadas en el algoritmo de calendarización de actividades (plan de cortas).

Todo espacio del bosque es elegible para corta final por medio de cualquier tratamiento silvícola de reemplazo de rodal. Las reglas de programación de cortas mantienen un ritmo general de avance que asegura un retorno en cada ciclo de corta, al menos para fines de diagnosis, y no necesariamente para prescribir intervenciones. La libertad de prescribir fundada en la diagnosis subjetiva en campo por el personal técnico hace que muchos sitios pudieran ser reemplazados en menos y más tiempo que el turno. El turno mismo será el tiempo teórico que tomaría dar tratamiento de reemplazo de rodal a todo el bosque comercial, dada cierta velocidad de avance del frente de corta.

Para la mayoría de los métodos, se recomienda que el **turno** se acerque a la longevidad de las especies valiosas frecuentes. Empero, no hay restricciones concretas que impidan que sitios con atributos adecuados se corten antes o después de la meta del turno, pues lo importante es mantener la ocupación útil del sitio; **no se trata de cumplir metas numéricas, sino de sostener los ritmos de producción del bosque.**

Como información de soporte en las interpretaciones del técnico de campo en el inventario, quien debiera también realizar el marqueo definitivo, la corta final puede presentar ciertos criterios preferenciales que operarían en condiciones ideales, como retener lugares con arbolado juvenil y preferir para corta final manchones con arbolado maduro, en tanto conviene que el arbolado senil sea perimetral de las cortas finales. Aquí se privilegia el conocimiento derivado de la experiencia práctica con el método de plan costa en cuanto a clasificar el arbolado no por especie, tamaño o edad, sino por su etapa de desarrollo dentro de la forma de vida arbórea, de modo que individuos de edad avanzada aún retengan cualidades fenotípicas juveniles, se comporten y tengan una prospectiva acorde con su condición y no con su edad. De otra manera, según haya sido la suerte, el lugar y momento en que otros árboles se

establecieron, individuos de edades tempranas podrían mostrar la anatomía del arbolado senil y decrepito. Cabe advertir que la madurez anatómica que aquí se plantea es independiente del vigor, la vitalidad y la dominancia, que son atributos también fenotípicos. Cualquier árbol juvenil, maduro o viejo se puede haber desarrollado como dominante, y en otro momento posterior ser dominado por sus vecinos. Las definiciones formales de estas etapas siguen a continuación:

- ▶ **Juvenil (V1)**, en esta etapa se consideran todos los individuos de todas las especies que cuenten con características de brinzal, vardascal, monte bravo y latizal. El atributo esencial de la juventud de un árbol es que el individuo aún no tiene capacidad de reproducción sexual y su madera está formada por completo de albura. En algunas especies la corteza es lisa o con espinas. Generalmente, las epifitas están ausentes.
- ▶ **Maduro (V2)**, son los individuos clasificados como fustales, con alta fecundidad y viabilidad de las semillas; además, debe tener duramen, o sea, productos maderables de alta calidad.
- ▶ **Senil (V3)**, esta clase, también conocida como viejo fustal, muestra marcadas señales de un árbol viejo y decrepito; sus semillas presentan una baja viabilidad, aunque su monto y la

altura desde donde se propagan las hace de alto valor reproductivo si pudieran caer en micrositios propicios. El arbolado llega a una condición de vitalidad pobre debido a daños, lesiones, o defectos causados por eventos o acumulados con la edad avanzada. Las heridas suelen abrir la puerta a pudrición en el fuste, lo que arruina el valor de la madera, pero aumenta su utilidad como cavidades y substrato de fauna. Suelen ser hospederos de abundantes epífitas gracias a su corteza de superficie agrietada, donde con el tiempo se acumula polvo y humedad.

La parte significativa de las definiciones de madurez reside en lo que se ha omitido de las definiciones: ninguna etapa de desarrollo del árbol está condicionada a cierto tamaño o edad; tampoco se vincula con ningún tipo forestal o región en particular. La velocidad de avance de una etapa a otra no necesita ser constante, ni tiene duración específica. Es normal y esperado que con los años los árboles sean más grandes que antes, y para un mismo individuo el tamaño es producto del tiempo, pero el transcurso de este no redundaría necesariamente en el desarrollo de las cualidades de maduración. Es universal, pero más evidente en el trópico, que los árboles grandes sean o no viejos en edad, fecundidad o estructura de la madera, corteza o estructura de ramas y

raíces; tampoco hay una conexión necesaria o directa entre el grado de dominancia del individuo, edad, tamaño o madurez. Aquí el conocimiento rescatable es que otros atributos fisiológicos y anatómicos indican el avance en el ciclo vital del individuo y denotan también su capacidad de continuar vivos un año más. Las cualidades que acompañan el transcurrir del ciclo vital del árbol, como la densidad del follaje, el color y la fracturación de placas de corteza, la aparición o desaparición de estructuras como picos y espinas, y la aparición de epífitas y termiteros, crean una secuencia de eventos irreversibles que dan una mejor explicación para fines de diagnóstico y prescripción silvícola. Tal secuela de eventos se acomoda en forma lineal mejor que el transcurrir del tiempo cronológico y el tamaño del árbol. La escala peculiar de ubicación de los eventos es útil para comprender la dinámica y las opciones alternas de una masa forestal, porque la acumulación de evidencias de maduración, y el avance de un individuo de una etapa a la siguiente, se asocian con las dificultades o las facilidades que el ambiente del individuo provee, y por tanto es modificable con intervenciones silvícolas y con cambios de política de manejo forestal.

En general, las cortas intermedias en los varios métodos SP presentan gran flexibilidad en cuanto al rigor con que se aplican los criterios de marqueo, excepto que debe

considerarse que las labores intermedias son correctivas de situaciones que sería mejor que ocurrieran de manera espontánea, dado el acomodo del arbolado y la conformación del terreno, o bien por efecto de perturbaciones naturales. Es difícil justificar labores intermedias en términos de la mejora de la cosecha o de su efecto en el valor del predio, cuando una masa que inicia en buena estructura podría mantenerse así con mínimas atenciones hasta su corta final.

Para la **corta final**, dadas las peculiaridades del bosque tropical maderable, debe insistirse en el uso de **roza, tumba, quema**. La esencia de la corta final es fomentar la pronta ocupación del sitio por una nueva masa enriquecida con especies valiosas, individuos sanos, vigorosos, que homogéneamente ocupen todo el terreno (necesitará liberación en las orillas al poco tiempo, tal vez uno o dos años, para evitar sombreado del renuevo). La prescripción de corta final para reemplazo del rodal es una recomendación del técnico durante la visita del inventario de prescripción, pero la decisión final corresponde al analista y al titular del aprovechamiento, luego de que examinan y sopesan las varias opciones de plan de cortas producto del algoritmo de calendarización de actividades. La preparación del sitio para recibir el renuevo puede ser prescrita por la experiencia del profesional; no es conveniente adelantar aquí la

multiplicidad de situaciones y de posibles resultados de la intervención.

Se recomienda la **corta final o el remplazo del rodal** cuando se desea la cosecha de arbolado comercial de cualquier especie. Debe realizarse de forma tal que se anticipe que los espacios liberados serán ocupados por la regeneración de una mezcla de especies propia del tipo forestal y del sitio. Aparte de cortar los árboles que se van a cosechar, se cortan también los necesarios para provocar el renuevo (fig. 12). Después de la cosecha y durante varios años, se ejecutan las **labores complementarias** cuando sean necesarias, que incluyen la preparación mecánica o con fuego de la cama de germinación, el control de desperdicios, y la prevención de invasión de hierbas y bejucos indeseables.

El tamaño recomendado de apertura para favorecer el establecimiento de las especies prioritarias es de al menos dos alturas de árbol, o sea, no menos de 0.5 ha, pero no debe ser mayor de 6 ha, con 2 ha como recomendación general. En las aperturas más grandes lo importante no es la superficie, sino la forma de la apertura, su posición respecto al sol, la topografía y el arbolado perimetral. La corta más grande puede rebasar las 6 ha, si se configura como una franja recta u ondulante, tal que su ancho más estrecho sea menor de 200 m, o bien el límite al cual el centro del claro tendría luz directa de sol



Figura 12. Tratamiento de remplazo del rodal para favorecer el desarrollo del bosque meta en el ejido Kancabchen, Quintana Roo.

todo el día. La elección del lugar y sus cualidades dependerá del criterio del profesional, de su experiencia en la región y de las oportunidades de mercado para vender la diversidad de productos provenientes de la cosecha total. Ninguna apertura debe ser tan grande que impida la presencia de renuevos de cualquier especie, pero es perfectamente posible que esta libere intencionalmente y permita el desarrollo de arbolado del estrato inferior previamente establecido, si así se recomendara y los individuos liberados tuvieran posibilidades de un desarrollo exitoso futuro.

Buena parte de las condiciones actuales del trópico productivo mexicano tienen masas juveniles densas, a veces interrumpidas por terrenos desmontados para usos agropecuarios y habitacionales. Esta estructura ciertamente demanda promover la llegada de estructuras tardías y sus funciones, y ese es el motivo central de elegir turnos largos, que en los casos iniciales del SP son de hasta 200 años. Con un ritmo lento de cortas finales se deja abierta la posibilidad de que el profesional que haga el inventario de prescripción y el marqueo definitivo tenga amplias oportunidades de elegir sitios que no se cortarán en muchos ciclos, sino que sufrirán cortas tipo silvicultura de

árbol individual, tal como se describieron los criterios para cortas intermedias. Este proceso, si se aplica con rigor, o sea, con una política agresiva a favor del árbol meta, logra estructuras maduras y acumula suficiente materia muerta en el suelo, lo que genera funciones sucesionales tardías cuando el material leñoso se va pudriendo. No hay reglas específicas, sino orientación a los profesionales en la práctica para modular las cortas, de manera que pueda en tres o cuatro ciclos crear estructuras de rodal funcionalmente viejas.

Así como hay poca superficie ocupada por estructuras sucesionales tardías, en muchos bosques tropicales productivos hay una ausencia notoria de renoveras y etapas de iniciación verdadera. Entonces, habrá un momento durante los años posteriores del primer ciclo de corta en que se resuelva que las cortas finales se acomoden a los siniestros catastróficos que ocurran para lograr espacios amplios, de entre 200 y 500 m de ancho, con condiciones verdaderas de iniciación. Hay que manejar el renuevo que aparezca en estos lugares con frecuencia, pero sin incurrir en costos cuantiosos, de modo que se mantenga el ambiente de iniciación durante buena parte de la longevidad potencial de las especies que ocupen estos terrenos, o sea, que se tengan árboles grandes, muy grandes, que no se toquen, y que sean dominantes o lobo en la escala de

dominancia. La meta es que las zonas de verdadera iniciación ocurran hacia el final del primer ciclo de corta, en no menos de 5% de los espacios productivos del predio, sin exceder el 15%. El motivo de no comenzar desde la primera anualidad con esta política de fomento a la iniciación es la posible opinión de rechazo por parte de los productores debido a que provienen de varias décadas de silvicultura de dosel continuo, como si tal silvicultura fuera la única, o fuera viable.

Referente a la **corta parcial** (fig. 13), es necesario explicar los detalles fundamentales para su aplicación, empezando por el hecho de que la corta parcial tiene como propósito eliminar la interferencia del arbolado vecino, bejucos y otras plantas competidoras de los árboles meta. La regla esencial de este tratamiento es que el espacio liberado por la corta de individuos debe ser reocupado por el arbolado preexistente.

La regla sobre la intensidad de corta será mantener la ocupación plena con árboles meta. A lo largo de la sucesión y del desarrollo de una generación de árboles, la ocupación ideal se da cuando en cada metro cuadrado del sitio haya árboles dominantes y codominantes, de manera que las copas tengan espacio tridimensional para continuar su expansión sin limitaciones; pero el espacio libre no debe ser tan grande que no se pueda



ANGÉLICA NAVARRO-MARTÍNEZ

Figura 13. Corta parcial para el control de la densidad de acuerdo con SP. Área Forestal Permanente del ejido Kancabchen, Quintana Roo.

ocupar en el plazo de un ciclo de corta, y la sobreposición de copas no debe ser mayor a una cantidad moderada (~20%).

Si las condiciones iniciales no permiten alcanzar la ocupación plena en forma inmediata, se podrán tener metas parciales de ocupación menor durante un tiempo determinado, pero sujeto a una secuela de conversión para que en un momento futuro se pueda tener ocupación plena (100%). El espacio mínimo ocupado será aquel correspondiente a la típica cobertura de copa de un árbol en etapa fustal (~150 m²). Pero si hay presencia de arbolado en otra etapa de desarrollo, se espera ocupación plena por suficientes de

estos individuos con alta calidad, de tal manera que al final, al menos uno de ellos llegue a la etapa de fustal sin perder su calidad.

► **Previsiones ante contingencias.** Para cada una de las condiciones forestales de la lista anterior, entiéndanse y háganse las previsiones necesarias en las distintas estructuras potenciales que cada escenario tiene de acuerdo con su dinámica sucesional. También debe tomarse como postura de política de protección que se definan los factores y fenómenos que causan cambios súbitos en la estructura de una masa forestal. Es indispensable que estos factores de perturbación se descri-

ban con base en un patrón de probabilidades de ocurrencia y recurrencia, y se evalúe cada posible eventualidad en cuanto a que los cambios sean compatibles con las expectativas del programa de manejo. Cuando los cambios debidos a eventos de perturbación sean motivo oportuno de avance a la siguiente etapa sucesional, o representen saltos a otras etapas previas o posteriores, se considerarán parte constitutiva y necesaria del sistema silvícola. Cuando los efectos de la perturbación sean contrarios a los fines del manejo forestal, se buscarán los medios para prevenir, detectar, combatir, extinguir y restaurar los daños que, sumados, den un efecto de recuperación de daños evitados superior a lo invertido para tal fin (aquellos que se evitaron o intentaron evitar), o para remediarlos (los que pese a la vigilancia preventiva ocurrieron). En este sentido, la silvicultura y el manejo de protección forestal han de ser un régimen silvícola inserto dentro del sistema silvícola “determinístico” (lo planeado), en el que la toma de información, las acciones programadas y su evaluación sean iguales a la silvicultura comercial ya calendarizada, excepto por el carácter azaroso y contingente de la ocurrencia de los escenarios que dan lugar a exposición a tal tipo de riesgo.

El **manejo del fuego** es un tema común en todos los métodos SP. Como otros factores de perturbación, el fuego se manifiesta como incendios que ocurren de manera

intempestiva, ante los que hay que prepararse con presupuesto, personal especializado, herramientas, maquinaria y esquemas administrativos para detección, combate, control, extinción y restauración. Estos recursos necesitan demostrar que son necesarios en tanto evitan pérdidas muy por encima de los costos incurridos.

El fuego es parte de la dinámica del bosque y tiene funciones importantes, como reciclar nutrientes, crear hábitat para múltiples especies deseables y, sobre todo, mover la sucesión hacia etapas más complejas, pero este ocurre de manera natural en la temporada de secas, implica condiciones adversas y exige actuar de inmediato en momentos imprevistos; así que incluso si los beneficios fuesen claros, los inconvenientes del momento, el lugar y la época hacen preferible que se prevengan y extingan los incendios, y que sus efectos deseables sean producto de quemadas prescritas.

El esquema general de manejo del fuego sigue lineamientos y teorías similares al manual de la CONAFOR al respecto. Lo primero que debe hacerse es una investigación documental y, de ser necesario, investigación de campo para describir el ambiente y las probabilidades de ocurrencia histórica del fuego (quemadas o incendios) en el predio y la región. Idealmente, esta historia debería ser larga, incluso milenaria. A partir de lo investigado sobre

los antecedentes del fuego, se define un modelo de combustibles, que es una representación de la cama de combustibles, su distribución sobre el terreno y cualidades: tipos (vivos, muertos, en pie, en el suelo, enterrados) y tamaños, carga, tiempo que permanecen en el sitio y grado de descomposición. La descripción se complementa con especificaciones sobre el clima relativo al comportamiento del fuego.

El modelo de combustibles a su vez aporta elementos para un modelo de comportamiento probable del fuego, el cual predice, dadas ciertas condiciones iniciales, en caso de ignición, cómo avanzará sobre el terreno, cuánta superficie consumirá y dónde se detendrá. Esta herramienta sirve además para prescribir quemas. El calendario de quemas prescritas es el resultado del inventario de combustibles y de los pronósticos de comportamiento del fuego. Este proceso ocurre en campo durante el inventario de prescripción y termina en gabinete, cuando al programa de cortas se agrega el algoritmo para programación de quemas.

La meta esperada en materia de fuego es mantener la cama correcta de combustibles para cada tipo forestal, uso y destino, y en cada etapa sucesional. En iniciación se espera que el suelo mineral se cubra de hojarasca y humus al menos un centímetro, con algunos lunares de pocos metros cuadrados de suelo desnudo. En el bos-

que funcionalmente viejo, la capa de combustibles puede medir hasta 50 cm, con algo de hojarasca, mucho humus y materia orgánica ya degradada; además de contener (en selva alta y mediana 200 toneladas por hectárea) combustibles leñosos de >1000 hr (generalmente son trozos de fustes y ramas con diámetro >25 cm), y abundante combustible en pie de arbolado muerto, preferentemente árboles gruesos (>40 cm diámetro normal), altos, despuntados, podridos, con corteza parcialmente desprendida y potencialmente con numerosas cavidades.

El tipo de quemas prescritas que suelen usarse para lograr la cama de combustible deseada en cada etapa sucesional se hace donde la capa superficial de combustible esté seca, pero a unos 5 o 7 cm de profundidad el material esté húmedo. Esto ocurre hacia el inicio de la temporada de secas y luego de las primeras lluvias. La quema debe remover los materiales finos (hojarasca, ramillas) pero retener los materiales gruesos; la cama de combustible debe evitar exposición de suelo desnudo y erosión, y componerse de manera dominante de leña gruesa podrida. Se diseña la técnica, fecha y hora de la quema para lograr estos objetivos, considerando la situación original del sitio.

Todas las especificaciones numéricas que se dan para el fuego, igual que los parámetros para otras labores silvícolas y

metas para el rodal y el predio, son aproximaciones razonables que pueden ser modificadas según la experiencia y las preferencias del profesional, los antecedentes locales y los resultados que se vayan acumulando. Es muy posible que luego de años de acumular experiencia con los métodos SP, las nuevas especificaciones numéricas sean distintas, pero no lejanas a las preliminares aquí propuestas.

Adicionalmente, no debe omitirse que es conveniente tener medidas precautorias, como una red de cortafuegos en todo el bosque, y vigilancia en la temporada de incendios, coordinadas con el programa de incendios que mantiene la CONAFOR.

► **Conservación.** El tema de la protección legal que restringe los usos de la tierra en favor de ciertos lugares, especies y poblaciones en lo general sigue la misma lógica de la silvicultura y el manejo de protección. La diferencia fundamental es la responsiva legal que la protección implica, ya que se vuelve inevitable comunicar a la autoridad competente los eventos e indicios detectados que señalen presencia de las condiciones de terreno, especies o poblaciones que deben protegerse. Si la misma autoridad detectó y notificó dichos eventos, se supone que sucedería lo mismo que si hubieran sido denunciados por el productor o sus técnicos: la autoridad indicará qué acciones emprender,

coordinará lo que corresponda hacer en el predio motivo del programa de manejo, acordará con el productor y sus técnicos quién hace qué, y aportará los medios necesarios si así estuviera indicado en la normatividad vigente.

Sin la participación del Estado y sus instituciones en la protección de los valores naturales que por ley se han definido, la postura del silvicultor será manejarlos sin consideración alguna como parte del bosque gestionado, excepto en el rubro de inventarios y seguimiento, en el que conviene desglosar los datos de las especies y los organismos protegidos, y hacer una crónica separada de los sucesos en los lugares protegidos bajo el esquema de Áreas Naturales Protegidas (ANP) o sitios RAMSAR, entre otros.



GEREMAS GUZMÁN SÁNCHEZ

Arbolado juvenil en la selva del ejido Ley de Fomento Agropecuario, municipio de Calakmul, Campeche.

Capítulo IV. Parámetros y especificaciones para métodos de manejo patrimonial

Para todos los métodos de manejo forestal propuestos en selvas productivas de México aceptables por el SP, existe una secuencia general del procedimiento de planeación (ver fig. 4, capítulo 1), que culmina con varios planes de manejo (planes de corta), todos ellos buenos. El abanico de posibilidades se ofrece a quien deba elegir el programa de manejo que se presentará a la SEMARNAT, ya sea la asamblea del ejido, las autoridades ejidales, una mesa directiva, o el profesional delegado por el ejido para tal fin.

Los elementos comunes a todos los métodos del SP residen en su carácter patrimonial, que deriva de la cualidad agraria del bosque mexicano. En tanto la tierra tiene dueños, los derechos económicos de ellos se imponen sobre los objetivos del manejo forestal, pero cada método busca esos objetivos mediante metas distintas, y eso les permite adaptarse a las circunstancias locales y del momento. A continuación, se describen los aspectos generales de cada uno de ellos.

PLAN COSTA

El Plan Costa [PC] (Curiel y Mendoza 2007, Apodaca *et al.*, 2014) es el método fundador del esquema patrimonial. Inició

en la costa de Jalisco en 1992, y se distingue por su insistencia en la corta final, que remueve el total del arbolado en un manchón pequeño de una a dos alturas de árbol. La experiencia local indica que el PC es ideal para promover las especies de mayor valor. Su otro atributo distintivo es el concepto de madurez como expresión anatómica de las etapas de desarrollo del árbol, lo que independiza al árbol del tamaño y de la edad, que eran los atributos que se usaban en los métodos previos fracasados.

MANEJO DE PAISAJES ECOLÓGICOS

En el manejo de paisajes ecológicos (MAPA) (Mendoza *et al.*, 2005a, Mendoza *et al.*, 2005b), cuya práctica en escala comercial empezó en la Sierra Occidental de Jalisco en el 2002, lo esencial es el reconocimiento de que la dinámica social de una masa forestal se rige por la luz y el tiempo, lo que permite crear una teoría de la sucesión ecológica del bosque natural, que es única para todos los tipos forestales, desde el trópico hasta la taiga. Según la teoría propuesta por Oliver y Larson (1990), todas las masas forestales son uncohortales (coetáneas, regulares), y existe una secuencia lineal por la que se

transita de masas de un solo dosel a masas de doseles complejos. Se da por entendido que un rodal con múltiples doseles está formado por un arreglo en el terreno donde pequeños rodales unicotales dan la apariencia de estar uno sobre el otro, pero en realidad ocupan manchones de terreno diferentes. La dinámica natural se mueve debido a eventos de perturbación, pero en masas manejadas, los regímenes silvícolas consisten en eventos azarosos que se complementan con labores silvícolas cuando se desea retener cierta etapa seral, avanzarla o regresar a etapas previas. La sucesión en ambientes forestales no tiene que ver con el cambio de especies; el elenco que compone cada etapa, desde la iniciación al bosque viejo, es en esencia el mismo, si bien en cada etapa ciertas especies son más representativas y otras más visibles o tienen mayor biomasa. La **sucesión** es en realidad una secuencia de cambios estructurales que van creando doseles cada vez más complejos, en tanto se acumula una cantidad creciente de materia orgánica, ya sean árboles muertos en el suelo y otros en pie.

MÉTODO SILVÍCOLA PENINSULAR

El método de silvicultura peninsular (MSP) surge en el 2018 y retoma la corta final de liquidación del rodal del plan costa, pero agrega nuevos conceptos y la práctica de tradición milenaria de roza, tumba, que-

ma [RTQ]. Los detalles finos de la práctica de la RTQ en el trópico mexicano crean una superficie compleja de micrositos en el área donde se removió el dosel superior. En esta matriz de micrositos, es fundamental dejar abundante leña gruesa en el suelo y en pie, así como la práctica de la quema, y para el desarrollo de las especies maderables conviene tener el beneficio de las labores tradicionales de cultivos agrícolas como maíz, frijol, calabaza, otras hortalizas y árboles frutales. Dado el tamaño de apertura del dosel (claro), generalmente menor a 6 ha, y con frecuencia de sólo media hectárea, el ingreso de luz directa hace que aparezcan las especies maderables más deseadas en la zona de la Península de Yucatán. El hecho de que estos lugares tengan cultivos no implica ni la intención ni la realidad de desmontar, pues hay motivos como promover hábitat para fauna cinegética, que es un recurso apreciado por los grupos campesinos que practican la RTQ, quizá porque estos productos no están en los mercados, pero es parte necesaria del estilo de vida y del sustento alimenticio de las familias forestales.

El periodo conocido como barbecho no es un espacio de descanso de intervenciones humanas, ni se motiva por la pérdida de fertilidad agrícola del sitio; el barbecho implica una sucesión secundaria guiada por la familia del productor. Cada miembro de la familia tiene tareas

específicas que incluyen encontrar, cultivar y cosechar elementos silvestres que aparecen con los años después de la corta, y de esta manera el rodal resultante es una estructura silvestre donde se promueven especies leñosas que van logrando tallas grandes y productos cada vez más abundantes y onerosos si se tuvieran que comprar (Angel-Pérez y Mendoza, 2004). Una salvedad importante es que los ciclos de barbecho deben ser tan largos que la estructura del rodal pierda sus cualidades de acahual, para dar lugar a atributos específicos de selva primaria.

En la zona maya de la Península de Yucatán y en Chiapas se desean retornos a la misma parcela después de más de 50 años, nunca menos de 30. El resultado final de la RTQ, previo a la repetición del ciclo y al régimen de cultivo, es una masa forestal cultivada, y por ello la RTQ es un sistema silvícola, aun si la práctica actual por motivos legales se limita a terrenos arbolados no forestales designados como acahual, o sea, tierras arboladas aptas y preautorizadas para desmonte. En este sentido, el SP implica la posibilidad de usar la RTQ dentro de las tierras legalmente declaradas forestales. Para ello habrá que emplear formas de organización novedosas que eviten la contradicción de que el acahual es un asunto privado de cada miembro con derechos en su comunidad o ejido, en tanto los aprovechamientos forestales y todas las

acciones en tierras forestales productivas e improductivas son asuntos comunitarios donde la asamblea define y asigna personal y responsabilidades, pero retiene la autoridad para las decisiones fundamentales. Será asunto de la asamblea definir quién tomará la responsabilidad de la aplicación de RTQ en el área de corta, si bien la salida clara es que la serie de labores para la RTQ sea responsabilidad de la dirección técnica forestal y del profesional que tenga responsiva de cada aprovechamiento. Si hubiera otros acomodos que logren el objetivo de instalar nuevos rodales forestales maderables, no hay inconveniente de que estos se adopten como parte del MSP.

ASPECTOS TÉCNICOS DE CADA MÉTODO Y ESPECIFICACIONES COMUNES

Tenencia

Tanto el PC, como el MAPA y el MSP son viables en cualquier modalidad de tenencia de la tierra y tamaño de predio. Sus cualidades ambientales, políticas y finanzas mejorarían si se tratara de conjuntos prediales regionales con más de 100,000 ha de bosque comercial, porque eso permitiría la libertad de operar sobre un abanico más rico de situaciones y posibilidades, y sacar beneficios de las economías de escala que la tierra y la tecnología hacen posible. Es obvio que el tiempo de

las unidades forestales mexicanas pasó y no hay expectativas de permitir la gran propiedad que en otro tiempo se denotaba como latifundio. Así que realizar manejo forestal con fines comerciales quedará acotado al pequeño espacio de viabilidad que permiten las leyes actuales; pero esto implica la urgencia de abandonar los modos actuales de silvicultura en favor del manejo patrimonial.

Silvicultura

La tecnología silvícola ha cambiado mucho desde el abandono del concepto de ecosistema en favor de una aproximación a la realidad del territorio fundada en captar, fomentar y gobernar la variabilidad espacial y temporal. En esta visión de la silvicultura ya no tiene sentido pensar en tratamientos culturales seguidos por periodos de no intervención humana, y al término del ciclo emprender una nueva diagnosis y prescripción. En un esquema de paisajes formados por gradientes sutiles y drásticos, la silvicultura retoma su esencia como la conducción de entornos silvestres y espontáneos. Lo que importa en materia silvícola es la estructura del terreno productivo y su dinámica; si estos diseños se acomodan a las rutas del régimen silvícola deseado, no es necesario intervenir, ya que sólo se aplicarían labores cuando las desviaciones de estructura fuesen tan amplias, tan extensas, o tan llenas de consecuencias, que el costo de

entrar a remediar rumbos ecológicos se cubriría con holgura con los valores rescatados o con las oportunidades que dieran beneficios. Si el acceso al total del bosque regional fuera fácil, sería ideal que las intervenciones se dieran al momento de detectar su necesidad, pero también es aceptable que algunas tareas se pospongan, se adelanten, o se realicen de formas diferentes o con ciertos complementos, con tal de sincronizar la entrada a un rodal, con la conveniencia de atender un área de corta completa en cierta anualidad, y esperar todo un ciclo de corta para volver.

El caso extremo de un rodal formado por un solo árbol meta es tan sólo una variante más del hecho de que para nacer, los árboles necesitan luz directa y, por tanto, los que nacen en cierta temporada forman cohortes: todos los rodales son coetáneos, masas regulares, pero algunos son más pequeños que otros. Entonces los sistemas silvícolas de los métodos SP tendrán similitudes en su trazo fundamental.

El PC aplica cortas finales en pequeña superficie; se anticipa que las cortas intermedias son innecesarias, en particular a partir del inicio de la posconversión; pero es claro que las cortas parciales representan un recurso viable y disponible para prevenir o mitigar situaciones de riesgo, así como para el manejo de la red

caminera. Se espera que el fuego sea poco frecuente porque la cama de combustibles no es continua. Lo usual en selvas productivas mexicanas es que no haya registros de brotes epidémicos de plagas; por ejemplo, las enfermedades en los últimos 30 años en el trópico jalisciense han sido graves para las especies susceptibles como la parota (*Enterolobium cyclocarpum* Griseb. Fl. Brit. W.I. [Grisebach]), pero la mezcla permanece; aunque las especies afectadas ven disminuir su presencia, todavía son abundantes.

En el SP la silvicultura se liga a la RTQ en cuanto al reemplazo del rodal y también en cuanto a las labores intermedias, pero sobre todo, a los tratamientos complementarios, de los cuales la investigación científica ha mostrado que son necesarios para que la masa nueva ocupe plenamente el sitio con arbolado deseable.

Labores complementarias

El tratamiento complementario común a todos los métodos en el SP es el manejo de combustibles. Cada etapa sucesional, cada tipo forestal y cada geofoma tienen distinta meta de carga de combustibles, pero en general la situación de hoy suele presentar deficiencias, así que las labores que aportan leña y hojarasca necesitan prescribirse con detalle. Esto implica que todos los programas de manejo deben al menos ponderar la conveniencia de un programa de quemas controladas que

vincule los resultados de carga de combustibles arrojados por el inventario de prescripción, con las correcciones provenientes de las evaluaciones después de la corta.

La política sobre fuego en el SP consiste en que el efecto final de los incendios y las quemas prescritas logren la continuidad de los combustibles, incluso en los sitios de menor carga deseada, tal que no existan más de dos puntos menores a 10 m² por hectárea (muestreo al 95% de protección) donde haya suelo desnudo, piedra o rocas. La carga mínima de hojarasca y humus debe ser de al menos 1 cm de grosor, pero no más de 50 cm. La carga de leña gruesa (1,000 horas) en la escena inicial de > 2 ton ha⁻¹, y en bosque de etapas tardías, de 100 ton (selva baja) a 200 ton (selva alta), siempre que este material tenga > 50% de madera podrida y al menos haya dos árboles por hectárea muertos en pie, con la corteza parcialmente desprendida, despuntados, con pudrición en el fuste y > 40 cm de diámetro normal, todo el tiempo. Las prescripciones de quemas quedan a criterio del responsable técnico; los contactos de incendio deben ser atendidos en coordinación con las instituciones que tengan atribuciones para su combate. Cada incidente de fuego requiere de la evaluación posterior al inventario de combustibles, que a su vez podrá modificar las decisiones futuras en este tema.

El tratamiento más común para los métodos SP, que solía ser el control de desperdicios en el aprovechamiento tradicional, se traduce en la preparación de la cama de germinación en los sitios de reemplazo de rodal. A diferencia de los métodos de manejo anteriores, donde los residuos de aprovechamiento se consideran un riesgo indeseable, en el SP los desperdicios del aprovechamiento son un elemento más de la cama de combustibles, cuyo manejo queda supeditado a la política general sobre las metas deseables de carga de leña y hojarasca.

Los tratamientos complementarios en el SP estarán en un catálogo de posibilidades que deberá elaborar la persona que tenga la responsiva técnica. La meta es que quien prescriba posea los elementos suficientes para lograr la distribución de micrositios aptos para el establecimiento de renuevos en la totalidad regional de especies del tipo forestal que se esté manejando, pero con preferencia de las especies comerciales. Los micrositios consisten en espacios de entre 0.25 y 1.00 m² donde haya una cama apropiada para la germinación o para el desarrollo de los propágulos preexistentes. Cada micrositio debe tener un acolchado de cualquier material aislante y protector de la humedad (piedras, hojarasca, vegetación rasante, paja, corteza picada, composta, substratos artificiales excepto aserrín). La cantidad de micrositios de germinación

es decisión del silvicultor; aquí se recomienda al menos uno cada 5 m, distribuidos de manera que se aprovechen todas las cualidades del terreno y de la época; no es importante que tengan una cobertura uniforme, pero sí que cubran todo el terreno productivo disponible. Cuando en las verificaciones de campo se detecten puntos con más de 10 m² de musgo somero sobre suelo mineral, podría ser señal de calcinación por fuego intenso en esa área, quizá por incendio o quema prescrita; pero si su presencia sobre ese manchón se prolongara, aun las líneas de fuego de baja intensidad podrían calcinar los componentes de arcilla del suelo si consumieran todo el material orgánico encima. El número máximo aceptable de puntos calcinados por hectárea es de dos.

No es relevante cómo se logren las metas y los efectos de los tratamientos complementarios; según la consideración del responsable técnico y los recursos de que disponga, podría ser con herramientas manuales, con fuego, con el acomodo de los desperdicios o de manera mecanizada.

El tratamiento de corta final debe presentar en sus prescripciones los detalles de sitio, modo de aplicación, materiales y calendario para las labores complementarias; la más importante de ellas será la oportuna liberación de los renuevos que en la orilla de la apertura sufran de la sombra del bosque periférico. En cuanto

se tengan señales de sombreado, antes de que los renuevos pasen de codominantes a intermedios o dominados, se cortará una franja más del arbolado perimetral y se ampliará la corta tanto como se necesite para iluminar el renuevo de la primera cohorte; si llegaran nuevos individuos en años posteriores, estos serán ignorados porque no tienen el potencial de vencer en ocupación de terreno a la primera cohorte. La ampliación de la corta del dosel superior para fines de programación y autorización puede ser del ancho de copa del arbolado adulto, o sea, de entre 5 m y 10 m; los volúmenes de productos que se van a extraer deben sumarse a la cuenta de la corta, aunque la mayor parte de la extracción ocurra al momento de la apertura inicial del dosel y la liberación se dé un año o dos después.

Dasocracia

Todos los métodos del SP tienen como fundamento de sus esquemas administrativos y de clasificación territorial la teoría administrativa. Las decisiones no necesitan apego a la tradición, sino flexibilidad y eficacia administrativa. Los motivos para crear esquemas paralelos de manejo (series de ordenación) nacen de la plasticidad de los sistemas silvícolas. La tecnología es la que determina el requerimiento de clasificación de tierras. Si se debe usar un método diferente entonces es conveniente que su gestión se

haga de manera independiente a otros métodos. También cabe separar del manejo con el SP la administración de terrenos que tengan acceso geográfico o formas de administración y tenencia incompatibles, así como lugares con un marco regulatorio distinto (áreas naturales protegidas, especies protegidas, áreas vedadas con fines de conservación natural voluntaria, tipos forestales protegidos). Tal como la dasocracia define la clasificación del terreno, todos los métodos del SP alcanzan sus parámetros de la misma manera: ciclo de corta, turno, posibilidad, intensidad de corta, etc.

Caminos

El asunto central de manejo del camino es que la red caminera existente seguramente necesitará fuertes adecuaciones, sobre todo la clausura de caminos innecesarios. Todo camino es terreno restado a la producción, y también la interrupción en el patrón de movimiento del agua. Además, implica gran parte de la inversión para el aprovechamiento de la madera, y la red caminera se conforma principalmente de caminos primarios, o sea que su costo es indirecto y se prorratea a sus usos, no asignable a ningún volumen de cosecha.

- Para minimizar la red caminera es necesario reconsiderar los sistemas de extracción, ya que por ejemplo en zonas de montaña aún se usan motogrúa



Camino.

y sistemas manuales que requieren una red densa. Pero si se cambia la tecnología a cables aéreos, se reduciría su densidad a un camino cada 800 m, en lugar de cada 100 m, que es lo que la motogrua suele necesitar. Cuando se clausuran caminos se señalan los tramos que no podrán ser usados, excepto para emergencias, con letreros explicativos; en la entrada puede ponerse un bordo alto pero que permita el acceso. La superficie de este camino, de ser acondicionado. Debe evitarse la erosión durante los años subsecuentes en las superficies de los caminos clausurados, e inducir la cobertura de vegetación protectora, generalmente con pastos.

Los caminos que son brechas de saca dentro de las áreas en aprovechamiento sólo se usan durante la cosecha, es decir, cada ciclo de corta. En este sentido tienen obra mínima, pero son estables, permiten el flujo normal del agua y están listos para ser utilizados sin intervenciones mayores. Los criterios de la CONAFOR al respecto son:

- ▶ Iluminación de caminos. Todo árbol cuya copa proyecte actual o potencialmente sombra al camino se cortará para propiciar la estabilidad y la salud del arbolado.

- ▶ Estabilización de cortes y rellenos. Úsese contrapendiente. Los cortes con señales de inestabilidad (derrumbes, color claro) deben ser alargados hasta que obtengan el ángulo de reposo que el material parental necesite. Los cortes y rellenos pueden cubrirse de vegetación, ya sea con pasto, musgo u otras especies apropiadas.

- ▶ Vados y alcantarillas. Cuando el camino corta una corriente de agua o cauce, debe aproximarse ortogonalmente y tratar de mantener su geometría original. En las curvas ha de construirse drenaje para sacar el agua, ya que de otra forma quedaría represada en la parte superior. El cruce del agua no debe darse en la curva sino un poco antes.

- ▶ Cortadillos. En terrenos planos se construirá o reconstruirá la brecha para cambiar la pendiente con cierta frecuencia (<100 m). En terreno quebrado, al final de la extracción y antes de las lluvias, se construyen cortadillos que saquen el agua del camino antes de que tenga fuerza para cárcavas, o se anegue y forme charcos y baches. Ningún camino debe tener cárcavas ni baches jamás.

- ▶ Clausura de caminos. El inventario de prescripción requiere un muestreo predial del estado de la red caminera dentro y fuera del predio. Durante el

marqueo, este proceso consiste en hacer un censo de la afectación (conjunto de áreas de corta que se intervienen en una misma anualidad). Las prescripciones sobre el camino podrían implicar dos etapas, una que aliste la infraestructura para el proceso de cosecha, y otra para dar a los caminos las especificaciones que permitan que el periodo hasta la siguiente intervención ocurra sin deterioro. Esto último se designa clausura del camino y puede darse de varias formas:

- ▶ Caminos con movimiento constante de vehículos aun si los rodales de esa afectación ya no son atendidos. En general se refiere a la red de caminos principales. Las especificaciones de la carpeta de rodamiento probablemente necesitan revestimiento y obras de arte que drenen el agua con eficiencia y afectación mínima a la calidad del agua y de los organismos asociados.
- ▶ Caminos con movimientos ocasionales. Necesitan las mismas especificaciones que los principales, pero en menor cuantía, para prever que puedan usarse cuando así lo requieran los procesos de combate de incendios, inventario, evaluaciones, revisión sanitaria, vigilancia de asuntos sobre conservación natural u otros fines.

- ▶ Caminos que no se necesitarán hasta el siguiente ciclo (según se prevé). Estas brechas deben ser acondicionadas luego de la cosecha para que los taludes de corte y relleno, y la carpeta de rodamiento, se cubran de vegetación, preferentemente de gramíneas, no de especies leñosas, y se coloquen estructuras y señalamiento que disuadan a los animales y conductores de vehículos de circular por ahí.

- ▶ Cancelación de caminos que ya no serán necesarios en el futuro. Es importante modificar el perfil del camino para dar estabilidad a los taludes y propiciar una circulación del agua más cercana a la natural. Deben señalarse los entronques de estas brechas con la red y colocarse estructuras que denoten que ese tramo ya no está en servicio.

De las brechas de saca salen los carriles de arrime, que se trazan y mapean con anticipación a la corta. Sus condiciones y largo deben permitir la mejor operación de la maquinaria de arrime. Los caminos primarios conectan las brechas de saca con la salida del predio. Si se usan diariamente para propósitos forestales, deben considerar:

- ▶ revestidos,
- ▶ libramientos para rebasar a distancias no mayores a 200 m,

- ▶ cunetas y contracunetas,
- ▶ alcantarillas y tubería que permitan el paso del agua por debajo de la carpeta de rodamiento.

Es necesario que las salidas de los tubos terminen en abanico y contengan piedra, mampostería u otros obstáculos que cancelen la energía del agua, reduzcan su tirante y su velocidad, y hagan que gradualmente pase al cauce normal; las corrientes permanentes y los caminos de uso frecuente necesitan puentes en lugar de vados; la carpeta de rodamiento debe ser cóncava (4 cm más alta en la línea principal o central).

Maquinaria

Aunque es lógico, en los hechos raramente se tiene conciencia de que los caminos están determinados por el alcance de la maquinaria de extracción. El caso predominante es el del árbol que se corta y se arrima al camino, se carga y se transporta al centro de venta o de procesamiento. En el PC de Jalisco muchas maniobras se hacen manualmente o con vehículos ligeros que ingresan hasta los carriles de arrime. En Quintana Roo y Campeche el terreno poco accidentado permite carriles de arrime largos, de hasta 800 m. Con tractores articulados se arrima la trocería a los cargaderos (bacadillas) a pie de camino, donde se cargan los camiones que transportan el material al punto de venta

o procesamiento. En el resto del trópico productivo (Oaxaca, Chiapas, Nayarit) se usa motogrúa, generalmente con un solo cable, raramente con riendilla. Pareciera que este acomodo es eficiente, pero en el SP se recomienda el uso de riendilla siempre porque permite un trazo más ligero del montaje y usa la fuerza motriz de la grúa para arrastrar el cable principal de carga por los carriles de arrime. Una vez montado el cableado, la riendilla sirve para devolver el gancho al monte una vez descargado, y para tensar el cable de carga cuando la madera está cerca del camino, lo que levanta las puntas delanteras de las trozas y facilita su llegada a la plataforma de carga o al camino mismo. Con riendilla el alcance de la motogrúa aumenta un poco por encima del alcance más frecuente, que es de 100 m, aunque el viaje más común es de sólo 50 m. El viaje más largo factible ronda los 500 m, que es la longitud del cable principal cuando llena su bobina por completo, situación rara porque el uso de un gancho para sujetar la carga troza el cable periódicamente, casi a ritmo de una vez por semana, y la longitud del cable principal disminuye paulatinamente.

Los viajes realmente largos sólo se usan en casos extremos para trocería valiosa que no pueda arrimarse de otra manera, pues cada viaje puede tomar más de una hora. Con el alcance de la motogrúa los caminos en una zona pro-

ductiva deben promediar 100 m, pero pueden alcanzar los 800 m con tractor y 50 m con sistemas manuales o poco mecanizados. Estas cifras dan niveles importantes de terreno que deja de producir y causa interferencia sobre el flujo del agua superficial (lluvia o escurrimientos), que rebasa 20% del área productiva. El sistema de tractores podría considerarse superior si no fuera porque el uso de llantas hace proclives a compactación y erosión a los senderos, en especial si son terrenos húmedos o están recientemente humedecidos por la lluvia. Cambiar a tractores de modelo más reciente y avanzados sería deseable, pero es algo que todavía habrá que probar. Los tractores nuevos tienen redes de cadena metálica y llantas anchas que avanzan sobre el terreno con la suavidad comparable de tractores de oruga flexible (*fast track*), pero sin el precio elevado para la adquisición de estas máquinas.

En zona montañosa, cuando la configuración de las pendientes es cóncava, es ventajoso usar cables aéreos. Esta experiencia ha sido captada en el método MAPA aplicado a programas de manejo autorizados en la Sierra Occidental de Jalisco desde el 2002. Los casos notables que sirven de escaparate demostrativo incluyen el conjunto predial de El Llanito y cuatro más en Atenguillo, Jalisco. En estos y otros predios de la región, como

recomendación de los programas MAPA, se constituyó una empresa extractiva, CORFOSO S.A., de la que son socios los propietarios y silvicultores principales de la región (fig. 14). La empresa opera un sistema de cable aéreo Koller 301, con sistemas hidráulicos radiocontrolados, y con el apoyo de una grúa hidráulica para el acomodo de trocería en los cargaderos de los caminos y para los cargar camiones troceros que sacan la trocería del monte hacia los centros de procesamiento. Con este par de máquinas es posible tener rendimientos medios comerciales de más de 100 m³ diarios de trocería, muy por arriba del rendimiento de la motogrúa que reemplazó, pero con el agregado de un trabajo más eficiente, rápido, de mínimo impacto en el bosque residual y en el suelo. El desempeño del cable aéreo comparado con la motogrúa en terrenos montañosos agrestes mejora los costos de la extracción, aunque necesita la realineación de caminos para permitir los cargaderos más amplios en los puntos de arrime, y adaptaciones en los caminos primarios y de saca para el desplazamiento y las vueltas del equipo. La razón más fuerte por la que el MAPA y cualquier otro método de manejo en zona montañosa necesita mejores métodos de extracción es que el trabajo de monte con motogrúa es innecesariamente peligroso, pesado y mal pagado para los trabajadores de monte.



MARTÍN MENDOZA BRISÑO

Figura 14. Sistema de cable aéreo en uso en Jalisco desde 2015.



Bosque interior

Es el espacio ocupado por dosel alto, tal que el conjunto de copas abarca más de 80% del total del terreno, excepto la banda de una altura de árbol que constituye la periferia de algún claro. Al ser el bosque productivo el bosque interior, es importante evitar bosques malos. Si los hubiera en abundancia, se puede acelerar el avance del frente de corta para liquidar estas masas y remplazarlas por rodales cuyo dosel sea continuo y cerrado. El dosel ideal va desde la densidad mínima de 80%, que es la recomendación entre las cortas parciales de mejoramiento, a 120% de ocupación de copas. Lo ideal es que el total del arbolado sea dominante o codominante, ningún árbol intermedio, dominado o suprimido.

Para mantener esta densidad, al margen de lo indicado por modelos de diagramas de densidad (Zepeda, 2011), el marcado de la corta parcial debe dejar entre 0.5 y 1.0 m de separación de copas luego de la corta, y cuando termine el ciclo, antes de la siguiente intervención, 20% de la circunferencia de todas las copas, con espacio libre para expansión horizontal, y que el 80% restante apenas se toque, sin que se sobreponga. Esto último se detecta porque el total de las ramas que se están tocando tienen hojas activas.

Se considera excesiva la densidad si las ramas más grandes han dejado de crecer por la interferencia de los árboles vecinos, pierden follaje y las hojas que le quedan no aportan a la economía del árbol. En esta parte hay que modular los criterios según el temperamento¹ de la especie, considerando el número de capas de follaje normales de ese árbol de esa especie. En el trópico, aun en selva perennifolia, la vida de la hoja no es mayor a un año, y por tanto sólo hay una única capa de follaje, en tanto en bosques lluviosos templados las especies pueden llegar a tener siete capas de follaje activo.

Orillas

Si los claros han estado abiertos suficiente tiempo, los árboles de la orilla podrían incluir una distancia horizontal de hasta una altura de árbol. Después de eso se espera un ambiente sombreado que mantiene el piso libre de vegetación, o bien plantas de poco porte adaptadas a la penumbra. La orilla misma debe estar ocupada por vegetación frondosa altamente competitiva, difícil de cruzar. Los árboles deben ser ramudos, frondosos, de menor altura que los de su misma especie y edad ubicados en el bosque interior. La luz proveniente del claro hace que las ramas de los árboles en esa dirección sean largas y su follaje prácticamente llegue has-

¹ El temperamento de una especie es su plasticidad respecto de la luz (Vester y Navarro, 2007).



Orilla.

ta el suelo, pero del lado interior tienen las cualidades del arbolado interior, o sea, la copa más alta; según sea su dominancia, podría ser hasta 20% del largo de las copas. Este efecto entre arbolado, arbustos, hierbas altas, enredaderas y trepadoras forma un biombo que no permite ver el interior del bosque desde el claro, y por ello forma un gradiente de transición de luz, viento, temperatura, que es más extremo en el claro y más estable en el bosque sombrío.

La condición de orilla debe fomentarse en todos los claros permanentes o de larga duración para proteger el bosque productivo y albergar biodiversidad, servir de cobertura térmica, de escape y como madrigueras para múltiples especies de artrópodos, aves, mamíferos y reptiles. La ocupación parcial y momentánea de espacios de orilla es fundamental en muchas especies de flora y fauna que no son parte permanente de la composición de la orilla. Esto significa retener el arbolado y otra vegetación que tiene o va a tener las cualidades deseadas en las orillas. En claros perentorios, como los bordes de cortas finales, no hay tiempo para promover la vegetación ideal de una orilla, pero se puede acomodar la forma de la apertura de manera tal que se reduzca el total de horas de sol que inciden sobre los fustes sin protección del follaje, que es motivo de estrés y daños serios al

arbolado, cuyo fuste se calienta por incidencia de radiación solar.

Claros

Hacia el claro mismo se podrán detectar árboles lobo como individuos que toda su vida han estado expuestos al sol, y por tanto son simétricos, copas largas, frondosas y ramudas, con frecuentes ataques de barrenación de yemas; a su alrededor crean una isla de ambiente protegido para las plantas y animales que están bajo su copa. El resto del claro puede tener cualquier cobertura, pero no es deseable que sea suelo desnudo o existan indicios de inestabilidad por erosión o deposición. Es frecuente que en claros permanentes el drenaje forme cauces de corrientes temporales o permanentes. Estos ambientes rivereños deben ser tratados con especial rigor para que logren ser bordeados con vegetación rivereña, tal como lo indica el bosque meta tipo rívera, como se describirá adelante.

Los claros temporales, que podrían ser producto de la corta final, necesitan diseñarse para tener bajos niveles de insolación. Nunca debe permitirse que exista en el centro del claro ambiente donde el sol incida todo el tiempo que esté sobre el horizonte (i.e. ambiente matarrasa). Es posible evitar lo anterior si se cuida el ancho del claro, y se orientan las dimensiones más largas de norte a



sur, y no de este a oeste. La topografía y los accidentes del terreno se pueden aprovechar para la sombra parcial deseada. Fuera de estas indicaciones, no hay ninguna limitación en el SP sobre el tamaño del claro medido en superficie.

En cuanto al manejo de claros, se debe hacer una valoración de cuántos ambientes no son arbolados en la región y el predio. La meta para tierras forestales es que no menos de 40% del terreno corresponda con claros en cualquier momento de la línea de tiempo considerada, pero no más de 60%. En el análisis de la cantidad de claros y su conectividad debe abarcarse todo el predio y tanto de la región circundante como se puedan anticipar efectos ecológicos acumulativos sobre las metas del terreno forestal productivo. Los claros ideales deben considerar:

- ▶ **Matarrasa.** Espacio sin dosel superior continuo, de manera que tenga luz directa del sol todo el tiempo. Lo ideal sería no tener ninguna hectárea de matarrasa.
- ▶ **Claro.** Espacio libre de dosel superior, excepto la banda perimetral de una altura de árbol. Idealmente debe comprender 20% de la región.
- ▶ **Parquet.** Claro cuyo espacio total está a menos de una altura de árbol, y permite el establecimiento de renuevos, pero no tiene espacio en su

parte estrecha para que más de un árbol llegue eventualmente al dosel alto. Idealmente se pueden tener 15% de estos claros.

- ▶ **Peca solar.** Espacio mayor de un metro de ancho que permite la entrada de luz al suelo, pero no el establecimiento ni el desarrollo de renuevos. Es importante tener alrededor de 5% de espacio ocupado por pecas solares.

Riveras y cauces

El agua que sale del bosque es el único recurso natural importante de controlar por sus efectos en los intereses de la sociedad. Los caminos son el único componente del aprovechamiento forestal que incide notablemente sobre las cualidades de la cosecha de agua. Entiéndase como premisa que el interés humano en el agua no se refiere a la sustancia misma, sino a la cosecha de agua líquida para aplicaciones en hogares, industria y actividades agropecuarias, así como a sus efectos catastróficos sobre el ambiente (inundaciones, erosión, deslaves, deposición, sequía). No se trata de controlar el agua en forma de vapor, o la del subsuelo, o de los depósitos subterráneos, sino la interceptada de la lluvia, los manantiales, cauces y lagos, además del agua líquida en el suelo, y donde la hubiera, el agua sólida que pueda aportar a la cosecha de agua o



a los riesgos que acarrea la dinámica de las cuencas. Adicionalmente hay obligaciones legales e interés general en mantener el agua que sostiene la vida acuática y la de los terrenos de alta humedad (riveras, humedales).

Para los fines del SP, se define como **rivera** el terreno cuya capa freática es negativa, o sea que el suelo está húmedo hasta su superficie tanto tiempo que define la viabilidad de la vegetación que sostiene, entre la que predominan plantas acuáticas y aquellas que resisten el exceso de agua; por lo mismo, el suelo es frágil, propenso a ser dañado por el paso de animales, personas y vehículos. Esta definición es alterna a la interpretación legal, que ordena una veda en 20 m a cada lado de las corrientes permanentes. Para el manejo forestal, el ordenamiento legal es una restricción arbitraria que debe cumplirse (no habrá aprovechamiento comercial en esa banda vetada, sin importar su condición y dinámica), pero se manejará el bosque de galería en todo ambiente que cumpla los criterios de humedad arriba indicados, tal que los tratamientos se den de manera independiente de sus posibles beneficios económicos; lo esencial es gobernar la dinámica de las cualidades del agua, los cauces y la zona de alta humedad en sus riveras. Los tratamientos pueden consistir en acciones aplicables al sitio, a la vegetación y al arbolado, y en políticas sobre cómo respon-

der ante eventualidades. Si de estas tareas, como remover arbolado, se generaran productos, es deseable solicitar autorización para la extracción y la venta con fines de mejorar el perfil de los costos del manejo del agua.

El manejo de las riveras sigue las mismas etapas sucesionales en todos los tipos forestales que comprende: selva alta, selva mediana, selva baja, bosque mesófilo, bosque mixto de pinos y hojosas, manglar, vegetación de dunas. La meta de la silvicultura es mantener el agua fuera de la vista de los animales y personas que transiten a más de 50 m de distancia. Todos los caminos deben estar a más de 50 m de distancia de cauces permanentes excepto en los puntos de vado. Aquellos caminos cuya posición y distancia los pongan en posibilidad de arrojar sedimentos al agua deben tener alguna clase de barrera filtradora, preferentemente vegetación densa sobre la margen del cauce; a falta de vegetación densa, se construyen terrazas o bordos que impidan la llegada de sedimentos del camino al cauce. Los vados deben construirse breves y firmes, tal que un paso de vehículo grande no cauce turbidez medible en el agua a 2 minutos de haber cruzado, o sea, al comparar agua arriba y abajo del vado.

Los cauces son motivo de inventario, como se define en el anexo 1, y su análisis



también requiere un modelo de simulación silvícola que pronostique el rendimiento dual: madera y agua. El agua será medida con muestras cada dos meses, pero en el año de la anualidad se mide cada semana, una antes de cortar y durante las semanas necesarias hasta estabilizar las lecturas. Las variables que se miden y reportan son turbidez, acidez, oxígeno libre, línea verde estable, deposición y erosión. Habrá puntos de control a manera de testigo donde la corriente esté libre de influencias de la silvicultura pero se vea afectada por las fuerzas naturales de perturbación. Se mide la salida del agua del predio y del área de corta, y se compara con el testigo pertinente.

En resumen, para fines silvícolas, las labores en cauces y riveras se enfocan en mantener arbolado de grandes dimensiones y copas que sombreen el cauce. Esto implica evitar arbolado pequeño, porque aporta más materia orgánica y menos madera al agua; la madera es necesaria para la química del agua y para mantener los remansos; la materia orgánica consume el poco oxígeno disuelto y, por tanto, su efecto es negativo. Si fuera necesario, deben seguirse reglas estrictas que indiquen que los árboles más grandes deben ser árboles meta cuyo desarrollo ha de promoverse cortando amplias cantidades de los árboles vecinos, tal que el crecimiento futuro de estos árboles meta sea

el más elevado posible. Toda labor debe cuidar no afectar el suelo o la vegetación del sotobosque, y si no se puede extraer sin remover suelo o vegetación es mejor abandonar la labor con el previo acomodo de los desperdicios en bandas paralelas al cauce. En parte, estas bandas se usan como filtros de sedimentos para evitar que estos lleguen al cauce, pero su finalidad principal es crear una baja visibilidad y obstáculos que disuadan a fauna, ganado, personas a pie, en vehículo o a caballo de acercarse al agua. Cuando sea necesario, en casos extremos de riveras deterioradas o en riesgo, se puede promover vegetación densa, follaje frondoso, zarzas y todo tipo de estructuras que funcionen como barrera entre el cauce o cuerpo de agua y el bosque comercial, o respecto a los caminos.

Cumbres

No todo el trópico es montañoso, pero aun en la Península de Yucatán la topografía mantiene tal relieve que además de zonas inundables (bajos) existen porciones de terreno elevado donde el sol y el viento inciden sin cesar desde todas direcciones, y los ambientes, día y noche, ya sea invierno o verano, son extremosos. Las cumbres, incluso las arboladas, suelen ser ambientes diametralmente distintos al bosque interior. Su posición es tal que la lluvia escurre en lugar de estancarse o filtrarse al subsuelo; con la incidencia

del sol y del viento se crean situaciones que no permiten la acumulación de materia muerta o leña, como la que forma el suelo del bosque interior propiamente dicho.

No es de esperar que en las cumbres haya producción estable como la hay en el resto del bosque comercial, pero sí es normal que existan islas de fertilidad donde por azar se acumule polvo, agua, leña y hojarasca. Estas islas fértiles forman archipiélagos rodeados de rocas, suelo desnudo y pendientes inestables tan fuertes que es común ver inclinaciones cercanas al ángulo de reposo del tipo de suelo que tienen.

Si el bosque en las cumbres desarrolla moteado, eso sólo cambia apenas el modelo de sucesión general. En consecuencia, es recomendable aplicar las mismas directrices generales silvícolas del bosque interior, pero bajo criterios de selección tipo jardinería (Mendoza, 1994). La meta general no es la extracción, sino la estabilidad del suelo y la riqueza de la variación en la estructura de la masa arbórea. El criterio fundamental será que el reemplazo de rodal se haga pocas veces; más bien se espera la amplia dominancia de cortas parciales de mejoramiento en las que los criterios para el árbol meta y para marcar los individuos que se van a cortar sean en extremo amplios, pues la conformación del árbol no será del porte y de las dimen-

siones que la misma especie en el bosque interior, pero sí será fácil detectar síntomas, indicios y señales anatómicas que denoten que el individuo tiene el potencial de seguir ocupando el sitio y ofrecer su influencia mediatizadora al microambiente que lo rodea, y donde sirva de nodriza para el arbolado de menor porte y vegetación acompañante.



DAVID DEL ÁNGEL SANTOS

Rubén Uu Chi mostrando a los ejidatarios como reconocer ala árbol meta en la selva del ejido Naranja, Quintana Roo.

Capítulo V. Inventario forestal

El inventario forestal es un conjunto de procesos de muestreo y acopio de datos que alimenta las necesidades de información para la toma de decisiones respecto de los tratamientos silvícolas que se aplicarán en las áreas de corta. En el SP se requiere información dinámica, es decir, que los datos de los árboles, del rodal, del bosque o de la región conformen secuencias en tiempo y espacio. Por ello, en este caso el inventario tiene como función:

- ▶ Alimentar el modelo de simulación silvícola que representa la función de producción con la que se define el abanico de posibilidades de los programas de manejo. Para elegir alguna(s) de las opciones se valoran las oportunidades en sí mismas y en su conjunto, mediante una función de valoración que contiene las políticas de manejo y el indicador de desempeño.
- ▶ El conjunto de datos históricos, políticos, dasométricos y silvícolas entra a un proceso de asignación de planes de corta que evalúa el efecto conjunto respecto a las restricciones biológicas y legales, a las preferencias de certeza y riesgo, y a la intensidad de manejo y eficiencia del acopio.

- ▶ Proveer los datos técnicos para reportar los indicadores que solicita la normatividad forestal.
- ▶ Constituir una serie periódica de reportes que, aunado a los informes de incidentes, forma el conjunto de datos para evaluar el desempeño del programa de manejo.

En este documento se omiten varios de los procesos administrativos comunes a todo programa de manejo que cumple con los requisitos legales mexicanos: planos, mapas regionales (suelos, clima, comunicaciones, clasificación de tierras, zonificación legal y de usos, etc.), datos sobre la tenencia, identidad del propietario y del profesional forestal. El inventario forestal representa una inversión de dinero, recursos humanos, tiempo y esfuerzo, de manera similar a lo que sucede con otras inversiones, por ejemplo para producir madera o cualquier proceso de producción de economías. Por lo tanto, y como el inventario es un gasto indirecto (no vinculado de forma lineal con el volumen de cosecha), entre menos se gaste es mejor. Un inventario barato es superior a los inventarios forestales que resultan altamente costosos. Un inventario con muchos datos, variables o procesos nece-

sita demostrar que el esfuerzo adicional ofrece la mejor decisión en el programa de manejo, y que esta supera de forma amplia su costo. En sentido ideal, no hacer inventario debe ser una opción sobre la mesa de análisis, con la idea de que un programa de manejo se puede llevar exitosamente con base en información preexistente, teoría y talento, o en situaciones de poca cosecha o ambientes estables y grandes.

Si la información y las interpretaciones derivadas de un inventario no mejoran el valor del predio, se trata de un inventario mal hecho que no debió realizarse. Si la toma de alguna decisión necesita información del terreno para el presente o para un periodo cercano, se corre el riesgo de que, en ausencia de tal información, se haga una elección incorrecta. Si los errores de las decisiones causan lamentación en las evaluaciones de desempeño, el inventario debe hacerse, y los recursos requeridos deben obtenerse a partir de recursos propios o conseguirse fuera del predio.

Lo anterior implica que el diseño del inventario de prescripción debe ser parco y eficiente, y limitarse a obtener datos que permitan distinguir entre opciones diversas para labores silvícolas o políticas de manejo forestal. Si bien la actividad forestal mundial tiene fuertes raíces en la tradición, en el caso de los inventarios de prescripción para el SP, el uso de la infor-

mación para la gestión del patrimonio dominará el proceso de diseño, y se alejará de lo que la tradición recomienda. El inventario no consiste solamente en un proceso de muestreo o de estimaciones estadísticas válidas, sino de pesquisas que iluminen las diferencias entre opciones que brinden resultados lamentables, o aquellas que permitan el desempeño global del patrimonio forestal. Los componentes que se detallan en programa de manejo del SP son:

- ▶ Cuantificación de atributos dasométricos requeridos en la NOM-152-SEMARNAT-2006.
- ▶ Inventario de prescripción (ver adelante en esta sección).
- ▶ Información histórica sobre el manejo previo y siniestros.
- ▶ Objetivos, metas, políticas, restricciones, estilo, preferencias sobre riesgo, capacidad de gestión y empoderamiento del propietario o la asamblea ejidal/comunal.
- ▶ Listados de: valores naturales dignos de atención; de lugares, especies y poblaciones de organismos legalmente protegidos; de restricciones y recomendaciones para detectarlos, y de la interacción de estos valores y organismos protegidos respecto a la silvicultura.

► Red de sitios permanentes de experimentación silvícola para registrar efectos de la silvicultura y de los fenómenos naturales sobre la dinámica de las masas forestales del predio y de la región.

UNIVERSO DE MUESTREO

El muestreo y el acopio de datos para el sistema patrimonial ocurren en dos niveles:

- La región, que será preferentemente la provincia ecológica definida por el INEGI, pero puede también ser la cuenca o una zona determinada por temas geográficos y culturales.
- El predio, que se separa en usos y destinos:
 - Producción,
 - Conservación (activa y reservas en veda),
 - Restauración y fomento,
 - Usos no forestales.

DISEÑO DE MUESTREO

La mayor parte de los datos provienen tanto de los archivos del registro de actividades y eventualidades del pasado, como del profesional forestal regional que detenta la responsiva técnica en cada predio. Los datos que demandan muestreo de la realidad biológica actual

se refieren a las cualidades dasométricas y a las estructuras forestales. En este sentido podrían usarse dos diseños de muestreo independientes, pero es aconsejable conciliar los requerimientos de ambos para mantener un solo diseño, el cual en el SP se denotará como **inventario de prescripción**.

El SP puede seguir cualquier diseño de muestreo que genere datos confiables y representativos. Si bien se recomiendan puntos al azar sobre los dos universos de muestreo, podría ser conveniente retener el diseño de muestreo previamente usado que, en el caso de muchos predios en la Península de Yucatán y en Jalisco, es un diseño sistemático con sitios de 10 m por 50 m, con dos subsitios anidados, generalmente uno de 5 m por 5 m y otro de 1 m². Estos sitios se complementan con transectos de 20 m para combustibles leñosos, un sitio de 0.5 m por 0.5 m para hojarasca, más transectos de 20 m para caminos, riveras, cumbres, orillas y claros. Si bien el transecto para combustibles está apareado con el sitio rectangular, se propone que los demás transectos sean sorteados al azar sobre el universo de condiciones presentes (la red caminera, la red de cauces y cuerpos de agua, el conjunto de cumbres y claros dentro del predio y dentro de la región).

El número de sitios se determina para cumplir los requisitos legales de la NOM-

152-SEMARNAT-2006, pero también de acuerdo con los niveles de indiferencia de las decisiones en las que esos datos se usan; o sea, se debe tener un grado de error y de protección probabilística suficiente para distinguir con claridad cuándo un lugar debe recibir labores según cierta opción de manejo.

A continuación, se presentan las especificaciones para el inventario de prescripción y enseguida para los sitios de experimentación silvícola (SPES).

INVENTARIO DE PRESCRIPCIÓN

La etapa de prescripción tiene el propósito de describir las escenas y la estructura actuales en el bosque que se intervendrá dentro del predio para todos los objetivos (producción, fomento, conservación, otros usos). La descripción debe ser suficiente para alimentar la función de producción que genera los pronósticos y los indicadores de desempeño probable que definen el tipo de régimen silvícola, el tratamiento para el siguiente ciclo de corta y su calendarización. Las especificaciones, los instrumentos y los protocolos del inventario de prescripción aparecen en el anexo 1.

Con los inventarios previos se calcula la varianza (o desviación estándar) del área basal en el área forestal predial y su correspondiente volumen en pie (volumen total árbol), y con ella se estima que

el tamaño de la muestra cumpla los requisitos de error estadístico obligatorios. Se puede agregar más muestra si se considera que la cifra obligatoria es insuficiente. En el caso de que exista cooperación entre vecinos y bosques que tengan condiciones comparables, se agrega una muestra adicional para estos lugares, aunque no se medirán las variables relacionadas con existencias, densidad o extracción, sólo las variables ecológicas descriptivas y las estadísticas sobre eventos circunstanciales como fuego, plagas y clima extremo.

El diseño recomendado es al azar simple, y hay que estratificar después del muestreo. Si hubiera ventajas en la estratificación, se puede hacer una pre-estratificación con cualquier criterio que mejore la eficiencia del muestreo o la calidad de los datos. Todo levantamiento de datos de campo implica supervisión al momento y supervisión ciega (repetición de sitios con personal distinto), para llevar un control de la calidad del trabajo. Se sorteán sitios sobre la superficie del universo de muestra y se organiza el personal de campo para el levantamiento de una manera práctica que permita completar la tarea. Es obligatorio levantar todos los sitios seleccionados, pero en caso de que algunos no fueran accesibles, se hará un sorteo adicional para reemplazos. No hay preferencias sobre usar puntos, líneas o superficies para los sitios, ni se tienen limitaciones en su forma o ta-

maño, excepto que, de tener superficie, dentro deben poder ocurrir las unidades muestrales (puntos, árboles, etc.), tal que sea raro tener sitios vacíos. El tamaño del sitio debe decidirse con miras a que, si dos sitios estuvieran contiguos, su variación sea independiente, o sea que las cifras recolectadas no están correlacionadas; como

regla general, los sitios deben ser no menores de 500 m^2 .

En tiempos recientes se ha mantenido cierta continuidad en la Península de Yucatán, en el diseño rectangular de parcelas de 10 m por 50 m, con subparcelas anidadas para arbolado no inventariable y combustibles (fig. 15).

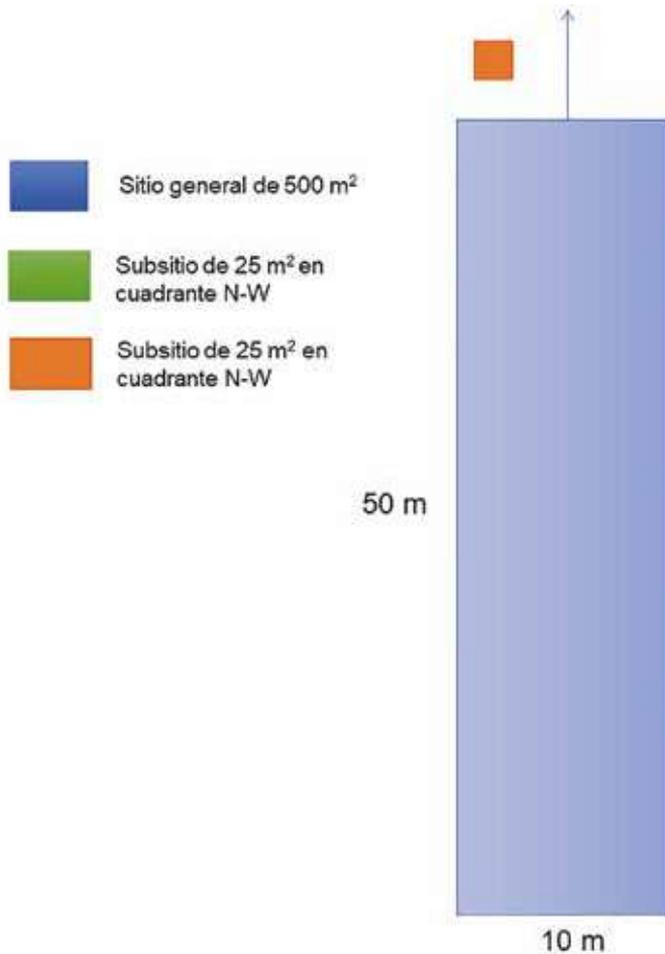


Figura 15. Diagrama del sitio y subsitios de muestreo para toma de datos de inventarios forestales en selvas productivas de México. Elaboración propia.

PROCESAMIENTO DE DATOS DEL INVENTARIO

Información de gabinete

Cuando aún no se tenga una función de producción local, se necesitan los parámetros de datos históricos del predio, de la región, de las especies o del tipo forestal. Los datos principales que se usarán como constantes son:

- ▶ Natalidad (tiempos, especies, calidad, cobertura plena, incidentes, labores complementarias).
- ▶ Mortalidad (especies, causas) y,
- ▶ Crecimiento del árbol (diámetro, altura, área basal, volumen, rendimiento).

Adicionalmente a lo anterior, se necesitan datos de precios de los factores de producción (valor de la tierra, mano de obra, etc.), energía, materiales e insumos, impuestos, servicios profesionales, seguros.

La tasa de interés podría ser un dato que se obtenga del mercado, pero es más frecuente definirla para el caso concreto que se use. En casos concretos se necesita el valor de la inversión alterna neta, en valor real (libre de impuestos, costos de transacción, riesgo); se sugiere una inversión al alcance del productor que tenga comportamiento estable similar a la tasa social de descuento, como por ejemplo, la tasa promedio de las afores en el momento y plazo relevantes, corregida por costos

de transacción. En situaciones generales o para fines de investigación, se recomienda usar la tasa social de retorno o, en su defecto, una cifra ligada al costo del dinero (CPP), publicada por el Banco de México para inversiones de largo plazo y riesgo mínimo (las inversiones forestales están consideradas entre las que menos costo tienen por causa del riesgo).

Asuntos epidemétricos

Para fines de reportar estadísticos a los dictaminadores de la SEMARNAT, y según lo solicitado por la norma NOM-152-SEMARNAT-2006, “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”, el procedimiento, que empieza por las labores previas al levantamiento de muestra del inventario forestal, es como se indica a continuación:

- ▶ Clasificar terrenos por macizos geográficos separados.
- ▶ Clasificar terrenos por tipos de cobertura forestal.
- ▶ Clasificar terrenos por designación legal como forestales y subdividirlos según usos y destinos en:
 - ▶ Producción,
 - ▶ Conservación,

- ▶ Restauración,
- ▶ Fomento (plantaciones comerciales),
- ▶ Usos culturales que implican cosecha de madera,
- ▶ Otros usos.
- ▶ Clasificar terrenos en unidades mínimas de manejo UMM.
- ▶ Agrupar unidades mínimas en áreas de corta.
 - ▶ Definir la ruta de ingreso a cada UMM desde la entrada del predio y asignarle esa ruta de camino como propia.
 - ▶ Sorteo de sitios, preferentemente al azar.
 - ▶ Elegir forma de sitio, superficie si la tiene, y las subparcelas anidadas que contiene.
 - ▶ Establecer una etiqueta serial numerada de manera continua, con numeración no repetitiva como identificador del sitio.

Luego del levantamiento del inventario se procede a la verificación de la unidad mínima de medición, que es el punto central del sitio (para variables relacionadas con el terreno), el árbol. Para efectos de la base de datos, la variable que funcionará como índice es la identificación del árbol,

que debe ser un número serial consecutivo, sin interrupciones, para todo individuo, sin importar sus circunstancias, que haya sido medido o sea objeto de registro de observaciones de sus atributos. Por lo tanto, las variables del sitio se replican para cada individuo registrado y con ello se asegura una sola hoja de datos con un encabezado de nombres de variables (cuyas explicaciones, unidades, instancias válidas son motivo de otra hoja de metadatos). En cada hoja de metadatos se tiene una lista indefinida de registros árbol por árbol (véase el cuadro 3 de la NOM-152-SEMARNAT-2006, Cuadro Único). Para apoyar el procesamiento de los datos al respecto, el SP considera Alebrije Tropical [AT], un paquete de cómputo de acceso libre, alojado en los servidores de la CONAFOR, administrado por esta institución. Las características y requerimientos del AT se describen en los manuales del usuario y del administrador; así como en un documento de configuración del sistema.

De la hoja maestra de datos se separan los árboles vivos de los muertos; se calcula el área basal por registro (ponderada a $\text{m}^2 \text{ha}^{-1}$), volumen (ponderado a $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$), e incremento (ponderado a $\text{m}^3 \text{ha}^{-1} \text{año}^{-1}$). Enseguida se procede a calcular el tamaño de la muestra (sitios por predio, sin considerar los que están fuera), el área basal media, la desviación estándar para el número de sitios a nivel predial, y el error de muestreo para el vo-

lumen de existencias inventariables en pie, considerando un nivel de confianza del 95%. El cálculo de carga de combustibles se hace en tres pasos:

► **Hojarasca.** Se reporta el grosor de la capa de hojarasca y humus desde la superficie hasta el horizonte A del suelo. La muestra que se remueve del sitio se seca a 60°C durante dos días y se reporta la masa en toneladas por hectárea y UMM.

► **Leña.** Las intercepciones de la línea de 20 m se convierten en área basal (círculo en el punto de intersección) por hectárea y se aplica un coeficiente de conversión para obtener la estimada en toneladas por hectárea, separados por combustibles de <10 h, 100 h y >1000 h (Brown, 1974).

► **Muertos en pie.** De los muertos en pie captados en los sitios de muestreo se estima el número de árboles que cumplen los requisitos para uso faunístico:

- Cualquier especie arbórea,
- Preferentemente ramudos,
- Diámetro normal > 40 cm,
- Pudrición del fuste,
- Corteza parcialmente desprendida y,
- Preferiblemente despuntado.

Se prepara una síntesis estadística descriptiva de los atributos del sitio sobre:

- Pendiente,
- Exposición,
- Visibilidad,
- Indicios de fuego,
- Indicios de erosión.

Finalmente se completa el cuadro 3 del anexo Único de la NOM-152-SEMARNAT-2006, y se recalculan los subtotales correspondientes según las subdivisiones territoriales dasocráticas y la especie (o taxón u otra unidad de clasificación solicitada por la SEMARNAT); así como la prescripción (cortar, dejar). Además, a partir de la información en dicho cuadro, se obtienen los datos para el resto de los formatos solicitados por la NOM-152-SEMARNAT-2006.

Reporte silvícola

Con las cifras de la hoja maestra de datos de arbolado se hace un resumen cuantitativo de dispersión de valores para las variables silvícolas de:

- Número de árboles,
- Área basal,
- Volumen en pie.

Todos estos datos se desglosan por categoría diamétrica y especie (o taxón equiva-

lente). Con esta información se construyen gráficos a manera de barras acumulativas para representar la recomendación de prescripción en relación con los sitios: no corta, corta parcial, corta final, y los árboles: no corta, corta, árbol meta. Con estos datos, el analista define su interpretación respecto de cuáles etapas sucesionales están presentes, y si hubiera señales claras de un acomodo territorial que obligue a cierto orden en la secuencia de avance del frente de corta. Este análisis es la base para proponer varias políticas de corta, las cuales se representan con su respectivo calendario de intervenciones.

El calendario de intervenciones recibe cuantificación financiera de la fórmula de valoración, en cuanto a sus cifras directas. Los datos indirectos se introducen en el curso de la solución del plan de cortas con el algoritmo que se haya elegido (se recomienda usar técnicas de tabú, pero también es aceptable usar programación de redes infinitas y hasta la vieja política de descomposición y relajamiento de la-grangianos, como en Torres-Rojo [1989]). Hasta aquí llega el procesamiento primario de los datos de inventario, pero sigue el proceso para conformar el plan de cortas, como adelante lo describe la secuela de planeación.

Como se ha mencionado, en el SP la regulación se hace por área, por lo que no hay necesidad de cubicar el volumen de

árboles en pie. Sólo tiene sentido cubicar productos (trocería, raja, astilla, palizada, etc.) en el punto de venta y facturación, el cual puede ser la bacadilla, la entrada del predio, el sitio donde se documenta, o el patio de la industria. No se cubican árboles, sino productos. El SP determinará el cálculo de existencias reales y la posibilidad de la cosecha del total de las especies existentes en los sitios designados para corta total, de acuerdo con la NOM-152-SEMARNAT-2006 y conforme al procedimiento de manejo que se aplique. Para cumplir con dicha actividad, además del AT es posible usar el SIPLAFOR, SIPLASEL, o alguno que se diseñe en el futuro.

RED DE SITIOS PERMANENTES DE EXPERIMENTACIÓN SILVÍCOLA

La fase de arranque del inventario inicia con el establecimiento de una red de monitores para construir la función de producción. Los sitios de esta red captan reacción a labores silvícolas y perturbaciones, por lo tanto necesitan ser permanentes, pero las remediciones se hacen sólo como línea base sobre la cual dimensionar la trascendencia de cada evento y su efecto posterior, hasta que no se pueda detectar más. En este sentido, aparte de necesitar una red de testigos comparables pero sin tratamiento o perturbación, los sitios son en esencia un diseño experimental que cubre de forma tan amplia como sea posible el mapa de posibilidades técnicas, tanto de

escenarios como de eventos programados y estocásticos, así como su dinámica.

Para fines de la propuesta, estos sitios se denominan sitios permanentes de experimentación silvícola [SPES], red que se diferencia de otras actuales y pasadas por su diseño, que es grueso y especializado en contestar las interrogantes de los sistemas silvícolas SP; o sea, la mínima parte de los esfuerzos de información y procesamiento se dedican a cuantificar volumen y otros atributos representan una tarea minúscula en tanto que las preocupaciones en el SP se orientan a describir la variabilidad territorial, su dinámica y su respuesta a labores silvícolas y perturbaciones naturales en el contexto de indicadores de avance de la sucesión relacionados con vigor, vitalidad, natalidad, sobrevivencia, fecundidad, composición florística de la masa, cualidades de la cama de combustibles y suelo, cualidades de hábitat de especies indicadoras pertinentes al programa de manejo regional y fenómenos catastróficos. La mayoría de estos fenómenos necesitan ser expresados en variables que no son numéricas o mesurables, sino categóricas u ordinales.

El diseño de esta red al principio puede ser mínimo, sólo con fines de calibrar los modelos para la función de producción, pero la red se irá ampliando conforme avance el frente de corta hasta convertirse en una red que capte el efecto de campo

de las labores silvícolas, las políticas de manejo y la ocurrencia de los patrones de perturbación. Esta última función de reportar efectos del manejo es importante desde el ángulo de consolidar las técnicas del SP hacia sus usuarios, la autoridad forestal y la academia.

Estos sitios se colocan al azar sobre la superficie a la que se aplicarán labores silvícolas, cualquiera que sea su propósito (producción, fomento, conservación, otros usos), en una secuencia que aporte suficientes puntos de muestreo en cada afectación (conjunto de áreas de corta designadas para intervención en la misma anualidad). Los sitios sorteados se establecen previamente al inicio de las labores silvícolas prescritas y a cualquier labor de atención en los casos de siniestros. Los sitios se remiden tan pronto termine la labor silvícola, y luego cada año durante tanto tiempo como los valores captados muestren cambios que modifiquen la interpretación silvícola; de manera tentativa, hay que tomar previsiones para cinco remediciones anuales.

Los sitios se establecen antes de la corta y se remiden inmediatamente luego de ser intervenidos, y cada año durante al menos cinco años, o hasta que ya no sea posible captar las diferencias del efecto del tratamiento. Cada conjunto de sitios de una anualidad necesita una cantidad mínima (seis) de sitios al azar que sirvan

de testigo (no se intervienen ni el sitio, ni el arbolado, ni el terreno aledaño que pueda modificar los datos de respuesta). La cantidad anual de sitios con intervención silvícola es grande (>30). Cuando se tienen más de 30 sitios con cualidades y manejo similares, no es necesario agregar más sitios en las anualidades posteriores; por la misma razón, si los nuevos sitios ocurren en escenarios diferentes a los ya vistos, y son pocos, debe haber esfuerzos de captar más sitios con esa estructura y ese régimen silvícola y de perturbación. La ocurrencia de fenómenos de perturbación suele ser errática en tiempo y lugar, por ello, cuando se detecte que estos fenómenos están por ocurrir o ya están en curso, tales escenarios deben ser agregados a la muestra de SPES, tratando de mantener rigor en la selección aleatoria entre escenarios similares y para la ubicación precisa del punto central.

Los fenómenos con poca frecuencia necesitarán modos de sorteo en campo que usen números aleatorios para elegir el paraje y el punto inicial del sitio, además de considerar el apoyo que implica el error instrumental de los aparatos de navegación tipo GPS. Como los aparatos GPS en campo dan lecturas fluctuantes, se recomienda que la aproximación a un punto nuevo con fines de SPES se haga caminando a paso firme y velocidad estable, lenta, hasta que aparezca la pareja de coordena-

das que el sorteo haya definido para ese punto. El aparato se deja reposar mientras se hace la instalación y primera medición, y al terminar se anota su lectura como se tenga en el momento, que será la coordenada para ese punto de ahí en adelante, y se usará cuando se necesite remedir.

Los sitios requeridos por el SP no tienen superficie; son puntos en un lugar, en un momento, que cubren todo el territorio durante un periodo determinado, donde se medirán los efectos de los tratamientos (fig. 16). El énfasis se da en el régimen de perturbaciones, la ocupación total del sitio, la composición de especies, la salud y regeneración del bosque, y no solamente en que esta última suceda, sino también en dónde sucede, qué tan pareja esta, de qué calidad es y qué especies son.

El diseño que se muestra en la figura 16 es uno de varios recomendables. El punto central sirve para observar los atributos del terreno y del suelo. Del árbol medible vivo más cercano se toman los atributos arbóreos, igual que de sus cuatro vecinos vivos más cercanos. Para tener control del sitio con fines de relocalización y calcular los índices de densidad y de composición de especies, los árboles centro y sus vecinos se numeran con etiquetas duraderas que no los lastimen al individuo. La numeración no necesita ser secuencial, pero cada individuo sí necesita un número único. Todos los individuos que queden seleccionados con un

factor de área basal dado (se recomienda $FAB=1$) también son parte del sitio, y se consideran los individuos muertos en pie y tocones. El punto inicial es centro de un sitio circular de 100 m^2 , de donde se observará la cobertura del sotobosque, con especial atención al renuevo de especies maderables, las cuales se etiquetan para seguimiento de establecimiento, mortalidad, incorporación y calidad de ocupación del sitio.

Conforme se vaya estableciendo la red completa de sitios, se cubrirá la región siempre y cuando los propietarios o los responsables legales de los otros predios accedan a ser medidos y a reportar labores e incidentes en su predio. En tanto no se tengan tales acuerdos con los vecinos, la

red de sitios permanentes quedará al interior del predio, pero deberá mantener el mismo tamaño de muestra que la región.

En la tabla 2 se enlistan las variables y mediciones que deben considerarse en la red de puntos sistemáticos, transectos y puntos de control. Esta red de sitios, en primer lugar, pretende alimentar de datos la construcción de la función de producción. En segundo término, pretende el seguimiento de los tratamientos silvícolas y la dinámica de las selvas productivas.

Sitios Permanentes de Experimentación Silvícola (SPES)

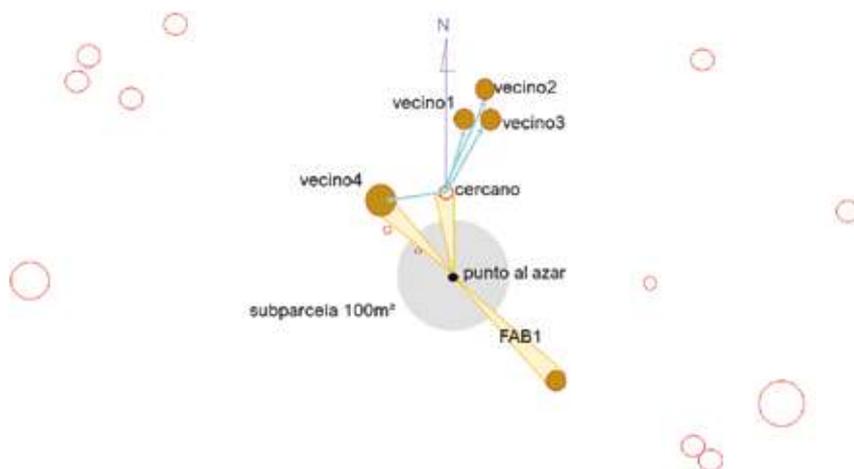


Figura 16. Diseño de la red de sitios permanentes de experimentación silvícola para el sistema patrimonial de selvas productivas de México.

Tabla 2. Información general para tomar datos de los SPES (subparcela de 100 m²).

Punto	Instancias	Indicador	
Etiqueta serial			
Coordenadas			
Tipo forestal			
Pendiente (%)			
Exposición azimut			
Altitud			
Tiempo desde disturbio	Años		
Tipo del último disturbio	Corta final	% de ocupación	
	Corta parcial	% de ocupación	
	Restauración o reforestación	% de ocupación	
	Erosión	% de ocupación	
	Fuego	% de ocupación	
	Viento	% de ocupación	
	Sequía	% de ocupación	
	Inundación	% de ocupación	
	Descortezadores	% de ocupación	
	Defoliadores	% de ocupación	
	Pudrición	% de ocupación	
Relascopio fab=1	Etiqueta (#serial continuo)		
	Vivo/muerto		
	Si muerto entonces:	Entero en pie	Firme
		Despuntado	Degradado
		Abatido	
		Tocón	
	Etapa	Vardascal	

	Juvenil		
	Maduro		
	Senil		
	Especie		
	Cavidades/corteza desprendida/epifitas/termitas		
	Despuntado/bifurcado/otros defectos		
	Heridas en la base		
	Fecundidad	Inmaduro/nula/escasa/normal/prolifica	
	Dominancia	Lobo Dominante Codominante Intermedio Dominado Suprimido	
	Defoliadores		
	Muérdago		
	Daño por viento o hielo		
	Daño animal		
	Otro tipo de ataque: especificar		
Instrumento	Relascopio factor 1		
	Puntos al azar hasta tener >30 puntos o alcanzar confiabilidad estadística >90%		
Etiqueta serial			
Sitio	Tiempo desde último disturbio		
Sitio	Tipo de disturbio		
Arbustos	Especie	Presencia	% de ocupación
Hierbas	Especie	Presencia	% de ocupación

Graminoides	Especie	Presencia	% de ocupación
Musgo o líquen		Presencia	% de ocupación
Suelo desnudo		Presencia	% de ocupación
Leñosas <1.3m alto cm	Especie		
Medidor laser	Observación		
	Circular 100 m2		
	4 sitios por cobertura no arbolada		
Transecto	Instancias		
Coordenadas			
Tiempo desde último disturbio			
Tipo de disturbio			
Camino	Estabilidad		
Cumbre	Estabilidad		
Cauce	Estabilidad		
Rivera	Estabilidad		
	Visibilidad de materiales inertes		
	Visibilidad vegetal		
	Especies presentes		
Orilla de claro	Visibilidad de materiales inertes		
	Visibilidad vegetal		
Cauces	Salida del frente de corta actual		
	Salida sin corta, testigo		
	Salida, siguiente anualidad		
	Zona agropecuaria		

Tabla 2. Información general para tomar datos de los SPES (subparcela Gadow; Gadow *et al.*, 2010). Continuación

Gadow	
A partir del punto al azar de la muestra de relascopeo:	
Seleccionar	
El árbol medible más cercano (centro)	Diámetro > 25 mm
Los 4 vecinos más cercanos al árbol	Diámetro > 25 mm
Registrar de los 5 árboles:	
Etiqueta	Si no tiene, agregar nueva etiqueta y datos del árbol (ver relascopeo)
Vivo/muerto	En su caso, causa probable
Diámetro	Hacer coincidir con datos ya anotados
Altura	Hipsómetro laser, cm
Largo de copa	Hipsómetro laser, cm
Radio de copa	Hipsómetro laser, cm
Distancia del vecino al árbol centro Azimut del árbol centro al vecino	Salida del frente de corta actual
Cauces	
	Salida sin corta, testigo
	Salida, siguiente anualidad
	Zona agropecuaria
Reportes de incidentes y disturbios	Ninguno al momento
Punto	Instancias
Coordenadas	
Tiempo desde último disturbio	
Tipo de disturbio	
Agua	Turbidez
Muestra 250 ml	Mensual
	Durante tormentas
	Durante cortas
Reportes de incidentes y disturbios	Ninguno al momento
	20 m dentro y 20 m fuera de claros
	Derrumbes medir en m
	Línea verde en m cada 5 m
	Visibilidad en m

BIODIVERSIDAD

Las intenciones sobre diversidad en el SP se traducen en un bosque meta donde se observan todas las etapas sucesionales y todos los tipos forestales (hábitats) factibles de ocurrir espontáneamente en el predio, dispersos en cantidades y acomodos que permiten su conectividad y funcionalidad. Se anticipa que algunas cualidades importantes del bosque meta ocurran fuera del predio, dispersas sobre la región aledaña, y que alguna podría tal vez expresarse en espacios territoriales amplios, nacionales o mundiales. Por ejemplo, la política sobre fuego y sobre especies legalmente protegidas es improbable que sea viable dentro del predio, pero podría serlo regionalmente. Otros temas como el carbono atmosférico son mundiales.

Los programas de manejo predial en el SP tomarán previsiones para estar informados sobre los indicadores y procesos externos, y tendrán especificaciones para vincularse con las decisiones extra-prediales. En este sentido, el SP es una de las posibles derivaciones del manejo de paisajes ecológicos. En él se considera que no debe fincarse responsabilidad al titular del predio o al profesional que tenga la responsiva del manejo forestal sobre la conservación de la biodiversidad, de las áreas y especies con protección legal, o de los altos valores de conservación. Todos estos asuntos son prerrogativa del

Estado, que ha establecido instituciones a las que ha dado autoridad y responsabilidades al respecto. El papel del programa de manejo es establecer canales de comunicación y coordinación con las instituciones relacionadas con el manejo y la conservación de la biodiversidad y los recursos naturales y, derivado de lo que se acuerde, hacer la parte que le corresponda de acciones prediales.

Ningún asunto de biodiversidad o conservación natural puede ser tratado en la escala predial sobre la cual el titular y el profesional responsable puedan tener tiempo para lograr resultados.

ESTRATEGIAS DE GOBIERNO PARA LA CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD

Desde los años 1980 el gobierno federal se ha dado a la tarea de establecer diferentes estrategias para la conservación de la diversidad biológica y el patrimonio natural de México. Ejemplo de ello son las Áreas Naturales Protegidas y los sitios Ramsar. Las ANP son zonas del territorio nacional donde los ecosistemas originales no han sido significativamente alterados por la actividad del ser humano, sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción, y sujetas al régimen previsto en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA). Dichas zonas se crearon me-

diante decreto presidencial, y en ellas se pueden desarrollar actividades delimitadas por el Reglamento del ANP (RANP), su programa de manejo (PM) y su ordenamiento ecológico.

La LGEEPA establece seis categorías de ANP: 1) reservas de la biósfera (44), 2) parques nacionales (67), 3) monumentos naturales (5), 4) áreas de protección de recursos naturales (8), 5) áreas de protección de flora y fauna (40) y 6) santuarios (18). En la actualidad existen en el país 182 ANP de carácter federal, administradas por la Comisión de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), que ocupan una superficie de alrededor de 91 millones de hectáreas de ecosistemas terrestres y acuáticos. De estas, 145 son terrestres y 37 ocupan una superficie marina y costera (Pacchiano, 2018).

Del total de ANP, 111 cuentan con un programa de manejo publicado en el Diario Oficial de la Federación. Además, en el año 2015 los bosques tropicales de Calakmul en Campeche fueron declarados como bien mixto, y a la reserva de la Biósfera El Pinacate y Gran Desierto de Altar, así como al Archipiélago de Revillagigedo se les asignó la categoría de bienes naturales por la UNESCO (Pacchiano, 2018).

En muchas ocasiones, dentro de las reservas existen importantes superficies de selvas altas y medianas con gran poten-

cial de especies para el aprovechamiento maderable. Ejemplos de esta situación se observan en los estados de Chiapas, Campeche y Quintana Roo, en los que reservas de la biósfera [RB] ocupan importantes superficies de selvas altas y medianas productivas: RB Montes Azules, RB Calakmul y RB Sian Ka'an, respectivamente (figs. 17, 18, 19). En estas selvas se desarrollan importantes especies maderables comerciales como la caoba (*Swietenia macrophylla* King), el cedro (*Cedrela odorata* L.), la ceiba (*Ceiba pentandra* (L.) Gaertn.), maculis (rosa morada en Jalisco, *Tabebuia rosea* (Bertol.) DC.), sak chacah o mano de león (*Dendropanax arboreus* (L.) Decne. & Planch.), canshán, sombrerete o amarillo (*Terminalia amazonia* (J.F. Gmel.) Exell y granadillo o Cholul (*Dalbergia stevensonii* Standl), entre otras.

También existen ANP estatales, municipales, comunitarias, ejidales y privadas; todas ellas reconocidas como instrumentos importantes para la conservación de la biodiversidad. Pero no es objetivo del SP manejar las selvas de estas áreas, su manejo corresponde al gobierno federal, estatal o municipal (según corresponda), que debe elaborar y hacer cumplir los programas de manejo, en los que ojalá se tome en cuenta el aprovechamiento de los recursos maderables.

Por otro lado, producto de la preocupación de los países y de las organizacio-

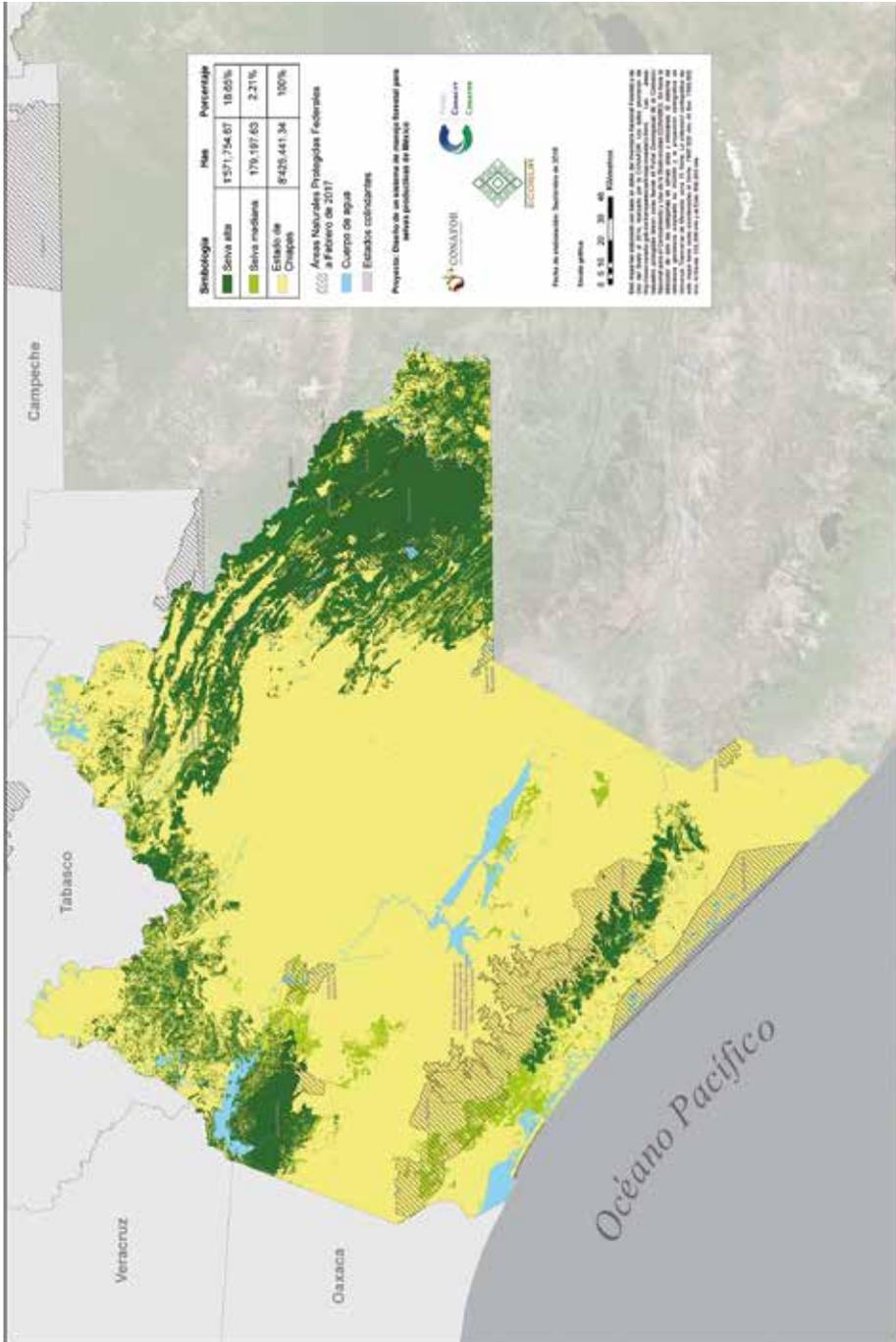


Figura 17. Selvas altas y medianas productivas dentro de la Reserva de Montes Azules, Chis. Elaboración propia.

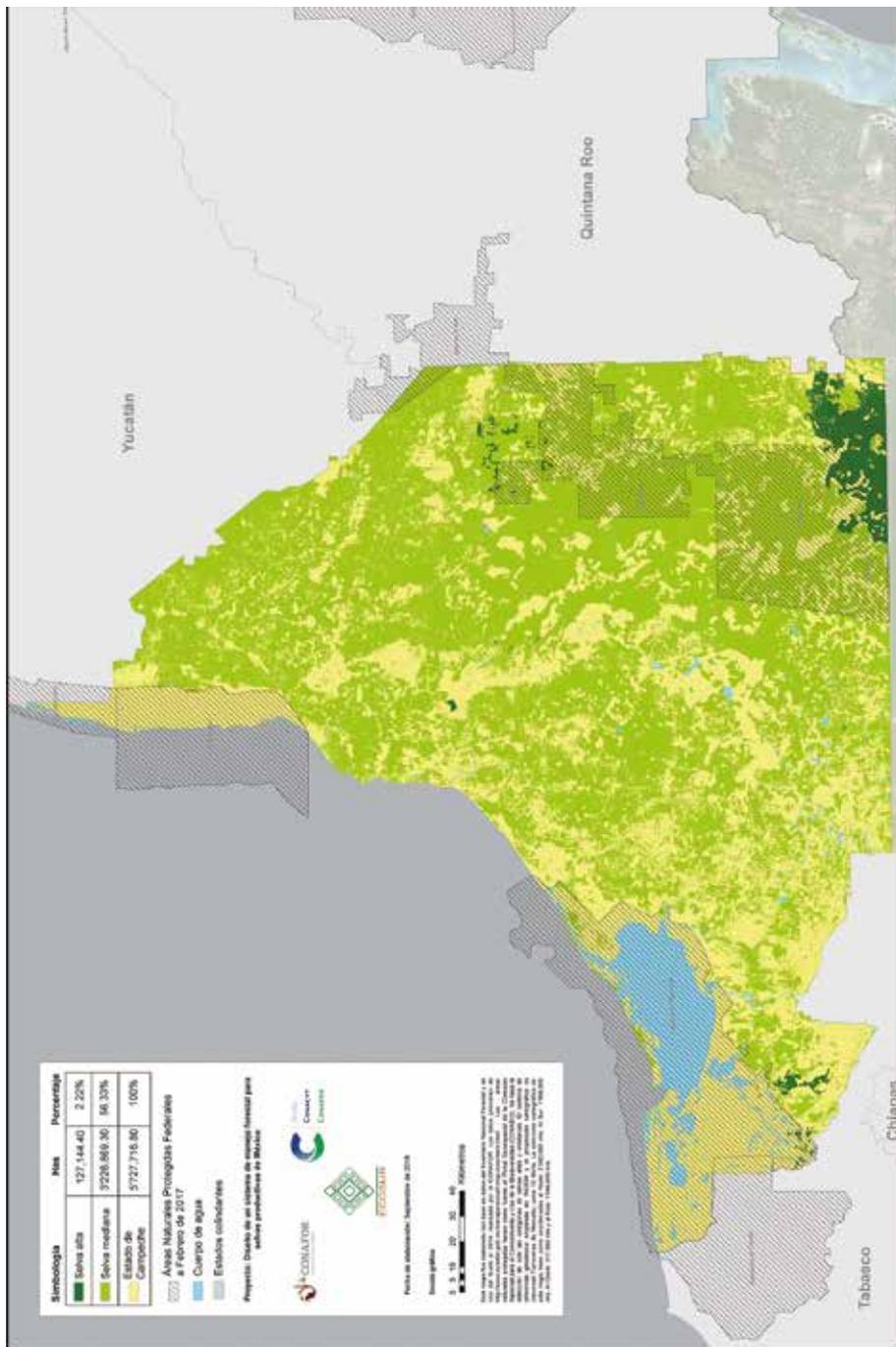


Figura 18. Selvas altas y medianas productivas dentro de la Reserva de Calakmul, Campeche. Elaboración propia.

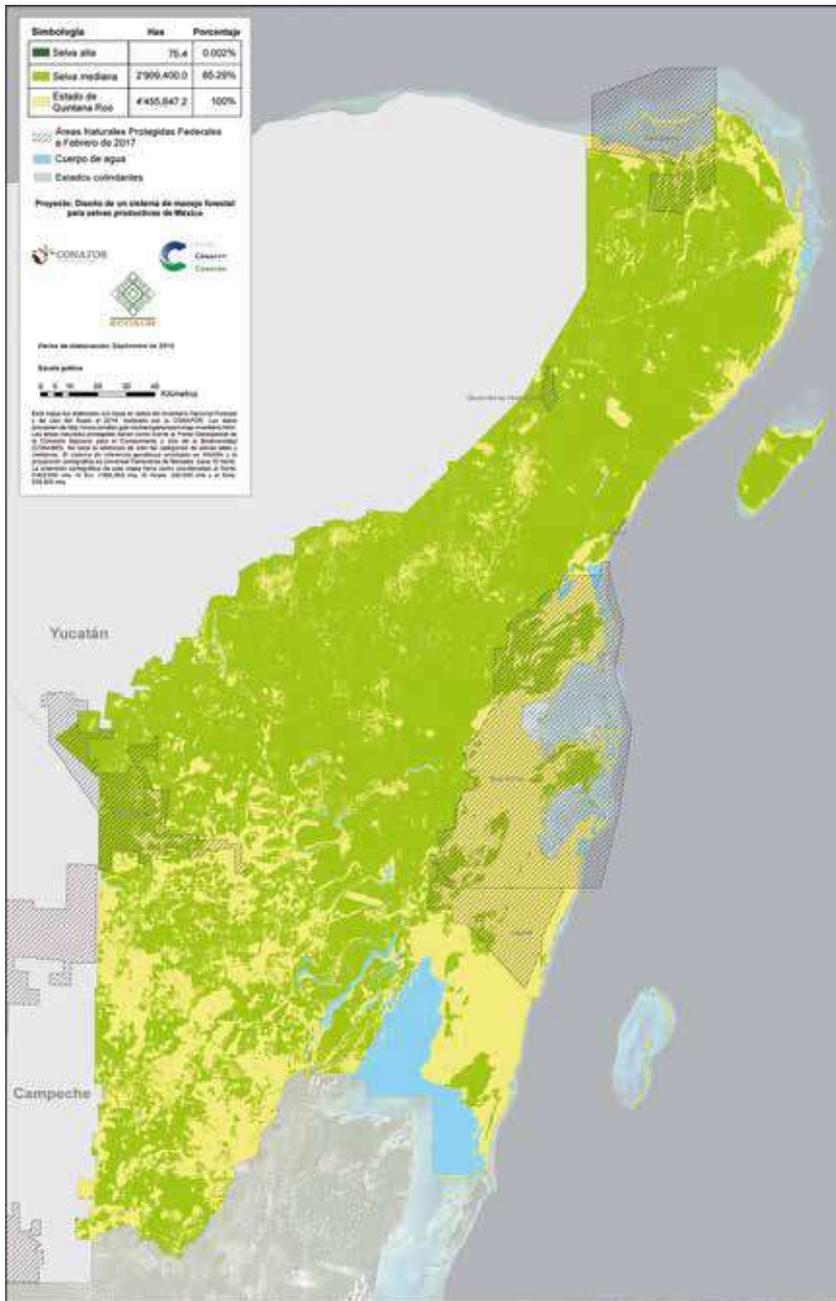


Figura 19. Selvas altas y medianas productivas dentro de la Reserva de Sian Ka'an, Quintana Roo. Elaboración propia.

nes no gubernamentales ante la creciente pérdida y degradación de los hábitats de las aves acuáticas migratorias, en 1971 se firmó en la ciudad de Ramsar, Irán, el primer tratado con carácter intergubernamental e internacional para la conservación de los recursos naturales de los humedales: la Convención Ramsar (SEMARNAT, 2013); pero el tratado entró en vigor en 1975 (Ramsar, 2013). México se adhirió a este convenio hasta el año de 1986; a través de la CONANP, atiende 138 sitios Ramsar (SEMARNAT, 2013), con una superficie total de casi nueve millones de hectáreas, que incluyen manglares, pastos marinos, humedales de alta montaña, arrecifes de coral, oasis, sistemas cársticos y sitios con especies amenazadas (SEMARNAT, 2013), lo que ubica al país como el segundo lugar a nivel mundial, tanto por el número de sitios designados como por la superficie incorporada.

En octubre del 2019 se publicó la Lista de Humedales de Importancia Internacional, los cuales forman parte de una nueva categoría en el plano nacional; la comunidad internacional reconoce su valor no sólo para el o los países donde se encuentran, sino también para la humanidad en general. Para esta fecha, se han designado como sitios Ramsar internacionales 2,372 humedales, con una superficie total de 253,603,511 hectáreas. En el caso de México, hoy cuenta con un total de 142 sitios

Ramsar en una superficie de 8,657,057 hectáreas, de los cuales 48 están en los estados del proyecto, con una superficie de 2,689,408 (fig. 20).

La mayoría de los sitios registrados albergan especies con algún estatus considerado por la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 (González-Ocampo, Cortés-Calva, Íñiguez Dávalos y Ortega-Rubio, 2014). De manera contraria a esta situación, en casi el 80% de los territorios fuera de las ANP que están en manos de ejidatarios o comuneros, de las casi 300 especies arbóreas tropicales reportadas (Ibarra-Manrique *et al.*, 2002), un número muy mínimo de ellas se encuentran en algún estatus en la NOM-059-SEMARNAT-2010 o en CITES (tabla 3).

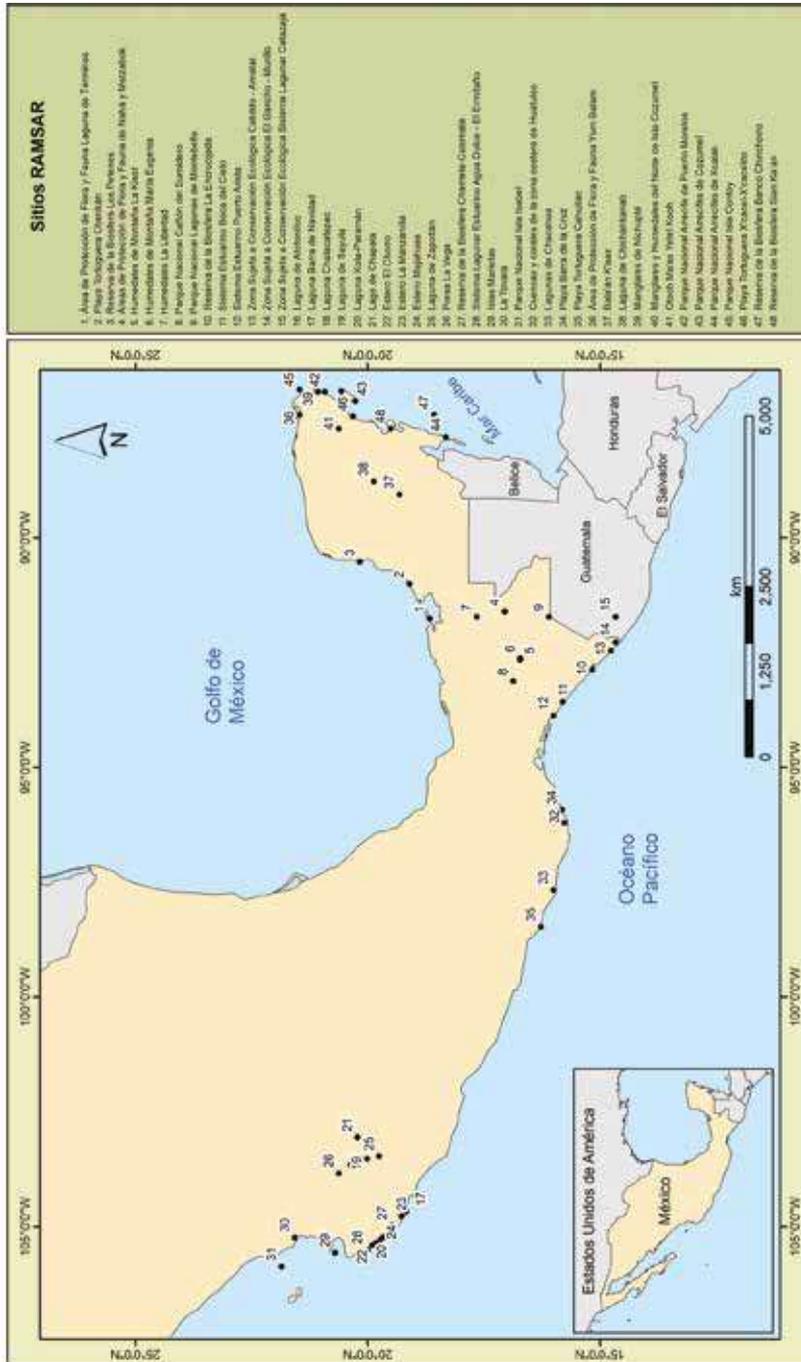


Figura 20. Selvas altas y medianas productivas dentro de la Reserva de Calakmul, Campeche. Elaboración propia.

Tabla 3. Especies maderables comerciales enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 o en CITES.

Especie	Nombre(s) común(es)	Distribución	Estatus	Fuente
<i>Vatairea lundellii</i> (Standl.) Killip ex Record	amargoso, canyultitlé, palo de picho, sacacera, tinco	Camp., Chis., Oax., Tab., Ver., Yuc.	Peligro extinción	NOM-059-SEMARNAT-2010
<i>Calophyllum brasiliense</i> Cambess.	barí, leche amarilla, Santa María, leche María	Camp., Chis., Jal., Q. Roo., Nay., Oax., Mich., Tab., Ver., Yuc.	Amenazada	NOM-059-SEMARNAT-2010
<i>Astronium graveolens</i> Jacq.	amargoso, jobillo, quebracho, yagabiche	Camp., Chis., Jal., Oax., Q. Roo, Gro., Tab., Yuc.	Amenazada	NOM-059-SEMARNAT-2010
<i>Dalbergia stevensonii</i> Standl.	corazón azul, rosul	Chis.	Amenazada	NOM-059-SEMARNAT-2010
<i>Guaiacum sanctum</i> L.	guayacán, guayacán real	Chis., Nay., Yuc., Camp., Oax., Q. Roo	Amenazada	NOM-059-SEMARNAT-2010
<i>Pouteria amigdalina</i> (Standl.) Baehni	zapote faisán	Camp., Chis., Q. Roo	Vulnerable	IUCN 2019-1
<i>Simira salvadorensis</i> (Standl.) Steyerl.	palo de rosa, chakte-kok	Camp., Chis., Gro., Jal., Oax., Mich., Q. Roo., Tab., Ver., Yuc.	Vulnerable	IUCN 2019-1
<i>Roseodendron donnell-smithii</i> (Rose) Miranda				
<i>Cedrela odorata</i> L.	cedro, cedro rojo	Camp., Col., Chis., Gro., Jal., Mor., Nay., Oax., Pue., Q. Roo, SLP., Sin., Tab., Tab., Ver., Yuc.	Sujeta a protección especial	NOM-059-SEMARNAT-2010
<i>Swietenia humilis</i> Zucc.	caoba, caoba del Pacífico, caobilla	Col., Chis., Jal., Nay.	Protegida	CITES 2019: Apéndice II y IUCN 2019-1: vulnerable
<i>Swietenia macrophylla</i> King	caoba, caoba de hoja ancha, cobano, punab (maya)	Camp., Chis., Q. Roo, Tab., Ver., Yuc.	Amenazada	CITES apéndice II
<i>Acosmium panamense</i> (Benth.) Yakovlev		Camp., Chis., Chih., Gro., Oax., Q. Roo, Tab., Ver., Yuc.	Amenazada	NOM-059-SEMARNAT-2010

Especies protegidas

Es normal que las especies y otras formas de biodiversidad aparezcan y desaparezcan por motivos naturales, pero no es normal que acciones humanas evitables alteren esta dinámica. Sin conocimiento previo es imprudente desechar el papel y la importancia de cada especie, aun las declaradas como amenazas o nocivas. La respuesta política ante tal situación ha sido crear legislación y normatividad para “proteger” las especies que necesitan ser conservadas. El criterio mexicano para su inclusión en la NOM-059-SEMARNAT-2010 parte de la denuncia ciudadana, cuyos méritos examinan y validan expertos designados oficialmente. La Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) es la entidad que atiende la lista de especies, y la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) es la autoridad que sanciona las entradas y salidas de la lista.

De lo anterior se deduce que la lista de especies protegidas tiene un encuadre legal que define su manejo y su hábitat. No es suficiente que se intente el manejo de las especies protegidas dentro de los predios de aprovechamiento maderable, por más tecnificado y actualizado que sea; los responsables legales y técnicos del aprovechamiento forestal deben establecer contacto con la autoridad (SEMARNAT) y con sus bases científicas (CONABIO) para saber cuáles especies de las residen-

tes en el predio están protegidas, y qué medidas son obligatorias en los procedimientos de uso de esas tierras. Tales medidas se han de incorporar al programa de manejo, y también se establecerán las vías de comunicación para coordinar acciones conjuntas o validarlas dentro del predio.

El tema de las especies protegidas es incómodo de tratar debido a los mecanismos de cumplimiento de las normas obligatorias, que por origen no provienen del conocimiento de la especie, y porque las causas del deterioro de esas especies no se vinculan con asuntos que las leyes puedan remediar o evitar. Las recomendaciones no se sujetan a análisis o modificación, sino que son requisitos que restringen las opciones que un programa de manejo puede planear. Ejemplo de este manejo es el cedro rojo (*Cedrela odorata* L.), una de las especies con mayor importancia comercial en el trópico mexicano. En el año 2011, la especie se incluyó en la NOM-059-SEMARNAT-2010 en la categoría de protección especial (Pr). Sin embargo, estudios recientes indican que *C. odorata* no cumple con el puntaje requerido para ser incluida en alguna de las categorías de riesgo que propone la NOM-059-SEMARNAT-2010 (Ruiz-Jiménez *et al.*, 2018). Por otro lado, la caoba (*Swietenia macrophylla* King), la especie más emblemática en las selvas productivas de México, aunque no se encuentra enlistada en la

NOM-059-SEMARNAT-2010, es de las pocas que tienen recomendaciones por parte de la CONABIO para su exportación (Noguez *et al.*, 2017). Aunque pareciera que la caoba tiene una ficha detallada y exigente, los requisitos de información son mínimos, y podrían resumirse en:

- ▶ Medir y reportar las áreas ocupadas por la especie dentro del predio.
- ▶ Estimar por muestreo el tamaño la población, reportando de ella diversos atributos (número de árboles, área basal, volumen, incremento del diámetro durante el pasado).
- ▶ Proponer su cosecha: superficies, anualidades, volúmenes.

Es extraño que estos elementos no consideren el resto del elenco vegetal y animal, o el ambiente en que se desarrollan. Tampoco se pide nada respecto a identificar las causas de la dinámica y saber si estas son negativas, de origen humano, o evitables. Como información, su ventaja es que, al ser cuantitativa, es fácil de verificar y validar, pero no pide nada concreto sobre cómo manejar la especie y la dinámica de sus poblaciones. Los lineamientos para su intervención se reducen a proponer un cierto valor de diámetro mínimo de corta (55 cm), y que esta no exceda 90% de los árboles cortables. Tales instrucciones aplican para todo el país, sin fecha de caducidad, ni están sujetas a excepción o

modificación. Como única medida para el seguimiento, en algunos casos se pide re-medir una red de sitios permanentes para establecer una comparación del renuevo adicional que aparezca en sitios cortados respecto a los no cortados; no se plantean previsiones para el caso de que la regeneración no se presente cuando se desea o se necesita, pero podría suponerse que tal tipo de peticiones son plausibles en revisiones posteriores.



ANGÉLICA NAVARRO-MARTÍNEZ

Ing. David Del Ángel Santos explicando los aspectos técnicos del sistema patrimonial a los ejidatarios del ejido Naranjal, Quintana Roo.

Capítulo VI. Justificación teórica

El manejo forestal es un asunto multi-dimensional en atributos y criterios de éxito, por lo que no resulta sencillo elegir la tecnología o evaluar su desempeño, pero esto es posible si se mantiene un poco de rigor.

POSTURA LEGAL

El SP estará sujeto al pleno cumplimiento de la normatividad y de las leyes vigentes, en especial la NOM-152-SEMARNAT-2006, la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS, 2018) y su reglamento, así como la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA, 1988). De acuerdo con estos instrumentos jurídicos, se considera que el bosque que se va a manejar está en terrenos forestales que son propiedad de ejidos y comunidades, así como de pequeños propietarios.

Dentro de las restricciones legales, los métodos del SP interpretarán, cada uno a su conveniencia, las intenciones políticas, culturales y filosóficas emanadas de la jurisprudencia en materia forestal. Tal interpretación empieza por considerar que el bosque es de utilidad pública, y que la ley y el marco normativo tienen la intención de perpetuar la presencia de sus atributos forestales del bosque. Como el

SP ocurre en zonas maderables productivas, dicha intención se limita a tales extensiones territoriales, actuales o futuras.

ESTRATEGIA FINANCIERA

Todos los métodos de manejo en el SP buscan optimizar el bienestar que los beneficios económicos brindan al productor, sin menoscabo del bienestar social (equidad tipo Pareto). Por lo tanto, la meta de tales métodos es crear un calendario de acciones para un ciclo de corta que mejore el valor de la venta del predio a consecuencia de su manejo, incluso si no existe la intención de vender. La venta sucede de la misma manera si se trata de propiedad privada individual o social (ejido, comunidad), porque su fin es la toma de decisiones para el manejo forestal, y por tanto las pérdidas ante el impacto de la normatividad agraria pueden obviarse.

La realidad ecológica que explica las teorías actuales sobre sucesión forestal coincide con la lógica de la gestión responsable de los recursos naturales que desde tiempos de Martin Faustmann, en la Europa del siglo XIX (Faustmann, 1849), planteaba la preeminencia de la tierra como fuente de riqueza futura; pero los beneficios de los frutos de la tierra se

cancelan mientras exista un bosque en las condiciones actuales. A veces el bosque actual es valioso, como los conocidos bosques superavitarios de EE.UU. en los tiempos de la llegada de los primeros europeos, o los bosques mexicanos de los que Rodríguez-Caballero (1959) y muchos otros expertos forestales se lamentaban en México, debido a su condición de sobresaturados, extracortables, decréditos, de nula o negativa acumulación adicional de productos o valor, propensos a plagas, enfermedades, carencias nutricionales, con fecundidad declinante (Mendoza, 1994). El bosque viejo no crece en biomasa, productos o valor, pero lo acumulado en siglos implica una montaña de riqueza que nadie había intentado cosechar.

Para la gran mayoría de las tierras productivas mundiales la escena usual del bosque primario es de bosques deficitarios, jóvenes, muchas veces abiertos o de bajas existencias, alta dinámica, pocos productos disponibles para su cosecha. Estos bosques deficitarios caben perfectamente en la lógica de la liquidación acelerada que permite que las cosechas futuras se puedan tener más pronto. Tal política de manejo forestal implica sacrificios porque se cosechan aceleradamente pocos productos, de bajo valor, y se compromete nuevamente el terreno en una nueva generación forestal que no dará beneficios cuantiosos sino hasta su cose-

cha final, y este tiempo perdido también es desalentador. Pero si la situación actual del monte fuese tan mala, el sacrificio de cosecharla y esperar la nueva cosecha sería una postura razonable y sensata.

Si se pretende registrar el desempeño del manejo forestal como valor de la tierra, cabe aclarar que el carácter nacional y general de esta obra hace necesario que las consideraciones de valoración financiera se fundamenten en el beneficio a la sociedad; por tanto, se usará la tasa social de descuento para convertir todas las cifras monetarias en unidades comparables en algún punto de la línea de tiempo (el presente, en la mayoría de los análisis). Al momento de la aplicación del SP a un predio concreto en cierto lugar y momento, los parámetros generales de análisis cambiarán a aquellos que realmente estén vigentes y a la mano, de manera local. Es importante advertir que el uso de la tasa social implica supuestos que facilitan el análisis, pero en casos concretos se requieren tratamientos silvícolas acordes con cada situación, al menos para considerar el costo de la transacción, la inflación, los impuestos y subsidios, el riesgo, la dinámica y las interacciones entre el valor de productos, insumos, materias primas y demás factores de la producción. Elegir la tasa anual de crecimiento neto para un análisis general puede considerar aspectos que el analista crea rele-

vantes. La situación actual y la evidencia general disponibles hacen que la tasa se ubique en una banda estrecha de valores, de entre los cuales se recomienda 3% anual de crecimiento neto, lo cual es razonable para cualquier inversión alterna al alcance del empresario (silvicultor, propietario del bosque).

Este objetivo general implica que la suma neta de productos, la derrama de dinero durante el proceso de producción, los efectos y la influencias ambientales, la satisfacción del consumidor y los beneficios indirectos de la actividad forestal maderable en un programa de manejo forestal eficiente darán una suma que mejora en no menos de 3% el valor que la sociedad recibe de tal actividad. Por tanto es económicamente más recomendable ese programa de manejo respecto a otros planes, que no hacer nada con el terreno o vender el predio para dedicarlo a la misma u otra actividad, mientras el propietario original usa los recursos de esa venta en mejores cosas.

La consideración de tales interacciones entre los factores de la producción, la tasa de descuento y las preferencias del inversor implica una postura matemáticamente insoluble para la fórmula de Faustmann (1849). Por tal motivo no existe un calendario de labores silvícolas definido para el rodal o para la unidad mínima de manejo, sino para el total del predio y

para el periodo de planeación (ciclo de corta). Si no hay una solución analítica para el régimen silvícola del rodal, en lugar de definir calendarios de intervención y regímenes silvícolas independientes para cada unidad mínima de manejo, se usará algún algoritmo de búsquedas numéricas con el cual construir un plan de cortas cercano a óptimo y satisfactorio según los criterios múltiples del empresario y su contexto económico, tecnológico y normativo. Se recomienda el algoritmo Tabú (Glover y Laguna, 1997), pero está bien usar cualquier otro similar.

De acuerdo con el SP, el objetivo de la gestión del bosque es generar una corriente de beneficios económicos para los hogares de los propietarios y poseedores del bosque, que sea del mayor valor factible de obtener, dado el entorno biológico, económico y legal. Este valor no implica ingresos constantes ni permanentes para el hogar del empresario, ni mucho menos para la empresa. La gestión responsable buscará un ritmo alto de rendimiento económico, sin llegar a extremos de alto riesgo y variabilidad; de hecho, aunque los empresarios deben estudiar la preferencia respecto a riesgos y rendimientos, tentativamente pueden partir de que la certidumbre es prioritaria sobre la rentabilidad. También es un supuesto razonable diversificar el patrimonio del productor, no sólo en cuanto a que los productos forestales provenientes de ese predio tomen

control de más tramos de la cadena de valor (u otros con los que se tengan relaciones económicas), sino especialmente en lo que se refiere a contar con un portafolio de rendimientos estables que combine inversiones en distintas áreas de la economía mundial, incluida una dosis cuantiosa de inversión en renta fija (documentos de deuda emitidos por los gobiernos nacionales).

El ejidatario no necesita ser administrador, directivo, trabajador o proveedor de su empresa, si bien todo eso estará abierto al interés de quienes así lo deseen; lo esencial es que el manejo del bosque no busque empleo, derrama, o integración. Lo anterior permite definir el valor esperado de la renta del suelo (*sensu* Faustmann 1849) como el indicador fundamental del desempeño de las acciones del manejo forestal y la silvicultura.

ESTRATEGIA EN LA CONDUCCIÓN DE PROGRAMAS DE MANEJO CON EL SISTEMA PATRIMONIAL

El bosque natural con recursos maderables del trópico mexicano implica una dotación patrimonial inicialmente cuantiosa ante el exceso de las demandas que la sociedad ha impuesto a estas tierras durante los últimos cien años. Por tanto, no es necesario poner en práctica ni la mejor tecnología que el estado del conocimiento permite, ni es racional aplicar

recursos humanos y económicos para mejorar las selvas productivas, cuando la extracción de los productos de mayor valor ya ha aportado su parte proporcional al constante crecimiento del patrimonio nacional.

Después de décadas de manejo sistemático y tecnificado, la selva residual está presente en amplias regiones del país ecológicamente apropiadas. Dicha selva tiene una cobertura densa de múltiples especies de árboles y otros organismos. En tanto que las demandas por madera y sus derivados nunca han sido en México tan grandes como el promedio de consumo en el resto del mundo, podemos pensar que el futuro de las selvas productivas de los mexicanos que las poseen y las usan, así como de las personas del mundo que reciben beneficios de estas, tendrá una matriz variada y rica donde aplicar las nuevas capacidades tecnológicas logradas para usar racionalmente estas selvas para sus múltiples propósitos. De lo anterior se desprende la idea de que la meta del manejo forestal racional se encaminará a **controlar la dinámica del total de especies** existentes o potencialmente presentes, en el contexto de las metas últimas del manejo forestal mexicano. La propuesta es manejar las selvas como un todo, y no especies en lo individual.

Todos los métodos de manejo que cumplan los criterios del SP necesitan establecer un modelo de la dinámica del bosque que pueda generar pronósticos de las distintas cantidades de productos y beneficios que cierta tecnología (sistema silvícola) podría crear bajo diferentes combinaciones plausibles de los factores de producción, entorno probabilístico y lineamientos de política de manejo forestal. Por defecto, se espera que la dinámica espontánea del bosque conduzca de la mejor forma al establecimiento del bosque meta, si no se tuviera aún.

Con base en las ideas anteriores, los programas de manejo forestal, antes de ser redactados, deben considerar lo siguiente:

1. Plan o programa de manejo: es un calendario de acciones propuestas que considera el qué, dónde, cuándo, quién y para qué de las acciones. Nunca es una promesa de resultados de situación residual o de rendimiento de productos, y menos un pronóstico de beneficios o ganancias.
2. El programa implica un costo al arranque, sin visos ni certezas de que pueda recuperarse. Un plan pequeño es mejor que uno extenso y complejo, si fuera barato, y sería mejor si no hubiera alguno e incluso así se realizaran las acciones recomendadas por un buen

plan, que necesariamente debe tener al frente la promesa de beneficios cuantiosos por encima de no planear.

3. En los recursos naturales, no planear y no realizar acciones de cultivo o manejo mantiene la situación y dinámica previas en el terreno con cubierta forestal, y por tanto otorga una corriente de beneficios, productos y servicios gratuitos. Cualquier acción y política de gestión forestal deben generar beneficios por encima de sus costos, efectos indirectos e incidentales, e inconformidades de terceros, en lo referente a los beneficios de cosechar lo disponible y espontáneo. Dicho de otra manera: lo forestal es forestal incluso si no se cultiva ni maneja y, al ser espontáneo, no deja de ser útil, pero se vuelve gratuito para el productor (cero costos), y sería gratuito o barato para el consumidor si el productor le transfiriera esa ventaja. Entonces, el manejo del bosque es una actividad suntuaria para atender demandas que no son naturales.

4. El manejo del bosque maderable es el mismo que se aplica en cualquier actividad económica, sea de producción, distribución o consumo; las reglas, la tecnología, los principios y las prácticas forestales son las mismas de la gestión de cualquier empresa.

Las leyes mexicanas superiores (constitución, agraria, forestal, desarrollo rural) declaran, en su conjunto, que el bosque y otros terrenos con cubierta natural son importantes y de interés público, y con esa base se justifica que las actividades de aprovechamiento se regulen legalmente. Al mismo tiempo, los recursos forestales constituyen un negocio privado que da soporte a una industria y un sector económico pequeño, pero con alta visibilidad política en México. Para operar este negocio, los interesados deben cumplir las restricciones normativas que tienen que ver con el interés público y el bien común.

Entonces, si bien en una situación ideal los programas de manejo forestal no deben existir porque no son obligatorios en otros tipos de uso del suelo forestal, como la ganadería extensiva, por causa del interés público se vuelve obligatorio que al menos existan programas de manejo del nivel mínimo legalmente aceptable: el marcado en la NOM-152-SEMARNAT-2006. A conveniencia y convicción de algunos productores forestales, ciertos programas de manejo se diseñan de tal forma que generen resultados deseados que no serían posibles sin tales acciones. Aquí es donde cabe el uso amplio e intenso del conocimiento y la tecnología forestales. La gran mayoría de los propósitos de la actividad productiva forestal se acota drásti-

camente a sus propias exigencias, que generan limitaciones por la enorme cantidad de tierras, tiempo y recursos (factores de la producción). En tanto que leyes como la agraria impiden el dominio pleno de suficiente terreno y tiempo, la planeación del aprovechamiento forestal en México es un lujo innecesario y no factible. Cualquier intento de manejo del bosque debería entonces conducirse enérgicamente hacia sus expresiones mínimas. La estrategia mexicana de facto debe ser de liquidación de excedentes, con la diversificación de inversiones de esos excedentes en inversiones alternas fuera del ámbito forestal y rural.

ASUNTOS CULTURALES

Como es bien sabido, las selvas productivas (al igual que otras tierras naturales) son hogar frecuente de grupos campesinos. Por excepción, estos grupos son forestales o tienen una cultura compatible con la gestión de espacios territoriales silvestres, pero la actividad forestal comercial es ajena a ellos, poco comprendida, de poca constancia, en general, en la postura de los dueños hacia su tierra o hacia el negocio forestal. Estos asuntos suelen solventarse mediante capacitación, cambios culturales y con la presencia de prestadores de servicios técnicos forestales en la localidad, que eventualmente pueden llegar a ser miembros de la

misma comunidad. Tal visión tiene expectativas halagüeñas de realización, como evidencian los casos de los ejidos Noh Bec, Petcacab y Tres Garantías, en el estado de Quintana Roo, que se consideran ejemplos exitosos de manejo forestal.

Los temas de organización de la comunidad chocan y se entrelazan con las costumbres sobre la autoridad gubernamental local y con las organizaciones para la producción y el comercio de productos forestales. Resolver adecuadamente estos asuntos consume buena parte del proceso creativo del profesional forestal, y el éxito de la gestión podría depender más de su tino para convivir con los esquemas culturales y organizaciones campesinas, que de las decisiones dasonómicas. Por ejemplo, en los últimos años la dificultad en la consecución de un certificado CITES para la exportación de la madera de caoba ha ocasionado la pérdida del interés por parte de los compradores y, con ello, el perjuicio en la oportunidad de mejora en los ingresos económicos de los ejidos certificados como Caoba, Tres Garantías y Noh Bec, en el estado de Quintana Roo.

Por otro lado, desde hace décadas existe una corriente cultural internacional que siente aprecio por los grupos sociales que habitan en las tierras forestales tropicales (incluidas las tierras con selvas productivas). La influencia política y la capacidad económica de estos grupos es innegable,

y conviene que su actuar sea incluido en las consideraciones de planeación y operación de los aprovechamientos en selvas productivas, incluso si los volúmenes, el valor o la extensión territorial no fueran de gran tamaño.

ESTRATEGIA ECOLÓGICA

El SP tiene su origen en el fracaso mundial de la silvicultura tropical y en el intento de regular el bosque con la finalidad de recuperar el volumen o la biomasa con controles de diámetro mínimo, ciclo e intensidad de corta. Tal propósito se vuelve inalcanzable cuando los parámetros se especifican a nivel de especie, y no a partir del total de componentes del bosque. Dicho fracaso contrasta con la experiencia ancestral corroborada por la investigación ecológica de los últimos 50 años, sobre la necesidad de desocupar espacio antes de esperar renuevos (Negreros *et al.*, 2014, Snook y Capitanio, 2017). La idea central que sostiene la dinámica de las masas arboladas radica en que los árboles buscan y necesitan la luz directa del sol; si bien algunos resisten mejor las carencias de luz, todo árbol nació para ocupar algún espacio en el dosel más alto, pero físicamente no caben más de los que el espacio permite para cierta talla. Mientras el dosel alto exista, no hay posibilidades de que los individuos que nacen abajo se establezcan e incorporen.

Resolver el problema del espacio ocupado es más importante, urgente y prioritario que enfrentar otros problemas, como el origen del germoplasma, pues con la longevidad amplia de las especies arbóreas bastan unas pocas ocasiones favorables para tener cantidades sobradas de semillas, propágulos y cama de germinación; pero sin luz directa, con los colores normales del espectro solar, no habrá arbolado sano y vigoroso debajo del arbolado que ya ocupa el terreno.

Las cualidades del azar implícitas en el manejo de las mezclas de múltiples especies arbóreas y otros organismos acompañantes, así como la ocurrencia circunstancial de siniestros de varios tipos que configuran cualidades estructurales de los rodales, dan lugar a un patrón de cambio sucesional. Esta mecánica de cambios mueve los patrones de perturbación, que generalmente van en el sentido de los propósitos del manejo, y por ello es mejor dejar correr sin control las fuerzas de la perturbación. Cuando un evento azaroso desvíe la trayectoria de una masa forestal fuera del catálogo de estructuras deseadas, hay que remediarlo. Cuando no ocurren los eventos de perturbación esperados, la silvicultura intervendrá con los cambios necesarios para dar paso a la siguiente etapa sucesional tal como esté programada. Los tratamientos silvícolas no implican cultivo, y al requerir inversión

cuantiosa y recursos para ejecutarlos, hay que minimizarlos; estos deben ser vistos como el remedio ante situaciones ecológicas anómalas, y como un reemplazo de las fuerzas de perturbación naturales.



ANGÉLICA NAVARRO-MARTÍNEZ

El sistema patrimonial propone manejar la dinámica del total de las especies a nivel regional.

Referencias

- Angel-Pérez, A. L. del y Mendoza-Briseño, M. A. (2004). Totonac home gardens and natural resources in Veracruz, Mexico. *Agriculture and Human Values* 21, 329-346. <https://doi.org/10.1007/s10460-004-1219-9>.
- Apodaca-Martínez, M., Curiel-Alcaraz, G. M., Mendoza-Briseño, M. A., Vargas-Mendoza, M., Valdez-Hernández, J. I. y Platas-Rosado, D. E. (2014). El plan costa como una mejor opción de manejo de especies forestales tropicales de Jalisco. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 5(22), 10-25.
- Brown, J. K. (1974). Handbook for inventorying downed woody material. *Gen. Tech. Rep. INT-16*. Ogden, UT: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Intermountain Forest, and Range Experiment Station. Recuperado de: <https://www.fs.usda.gov/treesearch/pubs/28647>.
- Curiel A., G. M. y Mendoza-Briseño, M. A. (24-26 de octubre 2007). Método de Ordenación Plan Costa de Jalisco. En: Ríos, R. (comp.), *Talleres Regionales. Aspectos Técnicos del Manejo Forestal Sustentable*. Morelia: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- Faustmann, M. (1849). Calculation of the value which forest land and immature stands process for forestry. In: Faustmann and the Evolution of the Discounted Cash Flow (Linnard comp.) Document 42, Commonwealth Forestry Institute, Oxford, UK.
- Franklin, J. (2013). Principles of Ecological Forestry. University of Washington. <https://www.youtube.com/watch?v=uf7Rblu7kXc&t=16s> [consultado el 6 de enero del 2020].
- Gadow, K. von, Nuutinen, T. y Kellomäki, S. (2010). Adaptive Design of Forested Landscapes. In: Gadow, K. von y Pukkala, T. (eds.), *Designing Green Landscapes* (pp 3-30). Springer.
- Glover, F. y Laguna, M. (1997). *Tabu search*. Norwell, MA: Kluwer Academic Publishers.
- González-Ocampo, H. A., Cortés-Calva, P., Íñiguez Dávalos, L. I. y Ortega-Rubio, A. (2014). Las áreas naturales protegidas de México. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes* 60, 7-15.
- Ibarra-Manrique, G., Villaseñor J. L., Durán R. y Meade, J. (2002). Biographic analysis of the tree flora of the Yucatan peninsula. *Journal of Biogeographic* 28, 17-29.
- Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS). (2018). Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión.
- Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente. (1988). Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión.

- Mendoza-Briseño, M. A. (1994). *Conceptos básicos de manejo forestal*. México: UTHEA.
- Mendoza-Briseño, M. A., Fajardo, J. J. y Zepeta, J. (2005a). Landscape based forest management, a real-world case study from Mexico. *Forest Ecology and Management* 209(1,2), 19-26.
- Mendoza-Briseño, M. A., Fajardo, J. J. y Zepeta, J. (2005b). Manejo de paisaje, una interpretación práctica. *Bois et Forêts des Tropiques* 285(3), 47-54.
- Mora, Franz. (2017). A structural equation modeling approach for formalizing and evaluating ecological integrity in terrestrial ecosystems. *Ecological Informatics* 41, 74-90. <https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2017.05.002>.
- Navarro-Martínez, A., Mendoza-Briseño, M. A., Negreros-Castillo, P. y Mallén-Rivera, C. (2020). Selvas productivas de México: Retrospectiva de su dasonomía. México: El Colegio de la Frontera Sur, Comisión Nacional Forestal.
- Negreros-Castillo, P., Cámara-Cabrales, L., Deval, M. S., Fajvan, M. A., Mendoza-Briseño, M. A., Mize, C. W. y Navarro-Martínez, A. (2014). *Silvicultura de las selvas de caoba en Quintana Roo México: Criterios y recomendaciones (Silviculture of the mahogany forest of Quintana Roo, Mexico, Criteria and recommendations)*. Zapopan: Comisión Forestal para América del Norte, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Comisión Nacional Forestal, Recuperado de: https://www.fs.fed.us/nrs/pubs/jrnl/2014/nrs_2014_negreros-castillo_ESP_001.pdf. doi:10.13140/RG.2.1.2813.5440.
- Negreros-Castillo, P., Mendoza-Briseño, M. A., Navarro-Martínez, A., Mize, C. W. y Cámara-Cabrales, L. (2018). Peninsular Silvicultural Method. Slash and burn shifting agriculture means forest lands remain forested. *International Forestry Working Group Newsletter*. Society of American Foresters. International Society of Tropical Foresters. Recuperado de: <http://www.orrforest.net/saf/Sept2018.pdf>.
- Noguez L., J., Reidl, P. R., Benítez-Díaz, H., Madrid-Zubirán, S., Ríos-Rodríguez, R., Argüelles-Suárez, L. A., Pineda-Rivera, M., Abardía-Moros, F., Flores-Heredia, A., Mauricio L., J. M. y Ramírez-Maldonado, H. (2017). Guía complementaria para elaborar programas de manejo forestal sustentable y documentos técnicos unificados que incluyan aprovechamiento de caoba (*Swietenia macrophylla* King) en el marco de las disposiciones de la CITES. México: Conabio.
- Oliver, C. D. y Larson, B. C. (1990). *Forest Stand Dynamics*. New York: McGraw Hill.
- Pacchiano A., R. (2018). Sin precedentes, el cuidado de nuestras Áreas Naturales Protegidas. *Nuestro Ambiente* 19, 4-5.
- Ramsar. (2013). The Ramsar Convention on Wetlands, <https://www.ramsar.org/about-the-convention-on-wetlands-0>.

- Rodríguez-Caballero, R. (1959). *Discusión de fórmulas para el cálculo de la productividad maderable y exposición del método mexicano de ordenación de montes de especies coníferas. Monografía Forestal del Estado de Michoacán.* Comisión Forestal del Estado de Michoacán.
- Ruíz-Jiménez, C. A., de los Santos-Posadas, H. M., Parraguirre-Lezama, J. F. y Saavedra-Millán, F. D. (2018). Evaluación de la categoría de riesgo de extinción del cedro rojo (*Cedrela odorata*) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 89, 938-949.
- SEMARNAT. (2013). *Estrategia mexicana de comunicación, educación, concienciación y participación (CECOP) en humedales 2010-2015.* México.
- Snook, L. y Capitanio, R. (2017). Natural regeneration of valuable timber species after three different clearing treatments in forests. Conference Ecological and Social Dimensions of Tropical Biodiversity Conservation. Mérida, Yucatán. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/320182985_Natural_regeneration_of_valuable_timber_species_after_three_different_clearing_treatments_in_forests.
- Torres-Rojo, J. M. (1989). The use of relaxation to solve harvest scheduling problems with flow, wildlife habitat, and adjacency constraints. Tesis de doctorado. Oregon State University, Corvallis, OR.
- Vester, H. F., y Navarro-Martínez, M. A. (2007). *Fichas ecológicas. Árboles maderables de Quintana Roo.* Chetumal: ECOSUR, COQCYT, Gobierno del Estado de Quintana Roo.
- Zepeda B., E. M. (2011). *Manual de campo para la aplicación de aclareos en bosques naturales.* Zapopan: Comisión Nacional Forestal, Universidad Autónoma Chapingo.



MARTÍN MENDOZA BRERO

Legado biológico.

Anexo I. Especificaciones, instrumentos y protocolos del inventario de prescripción

LEVANTAMIENTO DE DATOS DEL ARBOLADO CON DIÁMETRO IGUAL O MAYOR A 7.5 CM

En cada uno de los sitios de muestreo de 500 m² se levantarán los datos siguientes:

- ▶ *Nombre del predio.* Se escribe el nombre del ejido en el cual se realiza el estudio.
- ▶ *Jefe de brigada.* Se anota el nombre del responsable de la brigada encargada del levantamiento de datos en el sitio.
- ▶ *Fecha.* Se anota el día, mes y año (dd-mm-aaaa) que corresponda a la fecha de registro.
- ▶ *Número de sitio.* Se asigna un número correlativo a cada sitio, el cual se marca con una tarja y cinta fluorescente; dicha tarja o baliza se ubica en el centro del rectángulo formado por el sitio.
- ▶ *Coordenadas.* Se anotan las coordenadas UTM del punto que corresponde al centro del sitio.
- ▶ *Pendiente.* Se registra la pendiente del terreno al inicio de la línea del inventario, en porcentaje (%).
- ▶ *Orientación.* Se registra la orientación del avance de la línea de muestreo, si la hubiera.
- ▶ *Tipo de vegetación.* Se registra la vegetación de acuerdo con la clasificación de Miranda y Hernández (2014) en:
 - ▶ selva alta,
 - ▶ selva mediana,
 - ▶ selva baja.
 - ▶ Otros tipos de vegetación, aunque tengan menor importancia productiva, también se registran, y lo mismo para los sitios que por azar caen en coberturas no productivas o no forestales:

- ▶ manglar,
 - ▶ palmar,
 - ▶ acahual,
 - ▶ matorral,
 - ▶ pastizal,
 - ▶ humedal,
 - ▶ zonas agropecuarias y urbanas, e
 - ▶ infraestructura (camino u otras).
- ▶ *Condición de la vegetación.* En este registro se consideran las condiciones de la vegetación en tanto primaria, secundaria-acahual, secundaria-que-madal.
- ▶ *Suelo.* Se registra el tipo de suelo de acuerdo con la clasificación maya para el caso de la península de Yucatán; Fao para el resto de las zonas tropicales.
- ▶ *Prescripción.* Es la acción de intervención en la masa forestal. Según el criterio del técnico, esta puede ser: no corta, corta parcial, corta final u otro tratamiento.
- ▶ *Secuencia del registro.* La información de cada uno de los árboles se levanta en la dirección de las manecillas del reloj, a partir del centro de la línea, en dirección del avance de la brecha. Cada individuo es un registro y lleva

un identificador único, que usualmente es un número secuencial.

- ▶ *Especie.* Se anota el nombre común local de cada árbol. Cuando no sea posible identificar al individuo, se le asigna la palabra desconocido al momento del registro. Posteriormente, en gabinete se le asigna el nombre científico con base en un listado ya cotejado con fuentes bibliográficas confiables y ejemplares de herbario.
- ▶ *Diámetro normal (DN o DAP).* El diámetro del tronco a una altura de 1.30 m, a partir de la base del árbol en la parte superior de la pendiente, en el sentido del fuste (no es la vertical sobre el pie del árbol sino la distancia sobre el fuste mismo si estuviera inclinado), se obtiene utilizando una cinta diamétrica, con aproximación a mm.
- ▶ *Altura de fuste limpio (AFL).* La altura de fuste limpio (altura a la primera rama) tiene una influencia relativa en el cálculo de datos, ya que se mide en cm; este dato se obtiene con una vara telescópica de fibra de vidrio.
- ▶ *Altura total árbol.* Esta variable se mide en cm desde la base del árbol hasta lo más alto de la copa.
- ▶ *Condición fitosanitaria.* El estado fitosanitario del arbolado se determi-

na a simple vista, considerando cuatro categorías:

- 0 sano,
- 1 leve,
- 2 severo,
- 3 muerto

Las categorías de leve y severo, son calificadas considerando que leve significa un daño que no amenaza la integridad del individuo; mientras que severo implica un daño que afecta el desarrollo del árbol.

► *Forma*. La forma del fuste puede ser:

- recto, cilíndrico.
- irregular, ovoide o tablado, pero con posibilidad de obtener trozas de calidad comercial.
- con torceduras, curvaturas y/o nudos muy pronunciados que demeritan la calidad del producto desde el punto de vista industrial.

► *Epífitas*. Se registra el número de plantas epífitas (orquídeas, bromelias, anturios, cactáceas, etc.) observadas sobre cada individuo registrado.

► *Número de parásitas*. Se registra el número de plantas parásitas observadas en cada individuo registrado, en caso de que se observen.

► *Grupo de árboles interactuantes (GAI)*. Corresponde al número serial siguiente de una unidad mínima de tratamiento silvicultural.

► *Estado de madurez*. Se refiere a los estados de desarrollo del arbolado de acuerdo con la clasificación siguiente:

- Renuevo,
- Juvenil,
- Maduro,
- Senil.

Tratamiento para el GAI se define:

- No corta,
- Corta parcial,
- Corta final.

► *Marqueo visual*. Consiste en indicar, para cada individuo del grupo, en el supuesto probable o improbable de que se deba aplicar una corta parcial, la recomendación del tratamiento que se le va a aplicar entre los tres siguientes:

- **No corta**: se aplica a todos los individuos cuya remoción no se anticipa que cambie la vida del árbol meta.
- **Corta**: propóngase para individuos que interfieren significativamente sobre el árbol meta en el

presente. El rigor que define cuándo la interferencia es significativa será una instrucción dada por el analista en gabinete, con previa recomendación del profesional forestal de más experiencia regional.

► **Árbol meta:** es aquel individuo de cualquier especie que se identifica con las mejores características de ubicación en el terreno, sanidad y forma, y representa la mejor ocupación del sitio; estos árboles son individuos que se recomienda retener y favorecer.

LEVANTAMIENTO DE DATOS DEL ARBOLADO DE 2.5 A 7.4 CM

Dentro de cada sitio rectangular de 500 m², se establece un sitio cuadrado de 25 m², en el que se levantan datos de los individuos con diámetros de 2.5 cm a 7.4 cm. Estos subsitios se ubican a partir del punto central del sitio de 500 m², se miden 5 m hacia el lado oeste y 5 m hacia el lado norte. En este sitio se miden todas las variables posibles de medir, y se toman las observaciones para arbolado inventariable (el medido en el sitio de 500 m²), según los formatos disponibles en el anexo 2.

LEVANTAMIENTO DE DATOS DE REGENERACIÓN

Se considera como regeneración todos los individuos de especies arbóreas con alturas mayores a 25 cm y diámetros me-

nores a 2.5 cm. Para este grupo de individuos se registra el nombre de la especie y el número de individuos. En el formato de campo se consideran seis grupos, los cinco primeros consideran la altura de la plántula: 1) 26 cm a 50 cm, 2) 51 cm a 75 cm, 3) 76 cm a 100 cm, 4) 101 cm a 125 cm, 5) 126 cm a 150 cm, en la sexta categoría se considera a los individuos de más de 150 cm de altura y diámetros de hasta 2.4 cm.

► **Registro de especies en estatus.** A partir de la normatividad ambiental, se considera el registro de especies en estatus, así como la presencia de fauna y cuerpos de agua permanentes o temporales.

► **Registro de material combustible.** Con el propósito de contar con datos para estimar la carga de combustibles forestales (ton ha⁻¹) y su distribución en el monte, se establece un transecto de 20 m de longitud, dirigido con rumbo aleatorio (fig. 21). A lo largo del transecto se medirá el diámetro de todo el material combustible leñoso en el punto en que intercepte la línea; se caminará del lado izquierdo viendo desde el centro la parte final. La información se registra de manera consecutiva para no alterar la disponibilidad original de los combustibles.

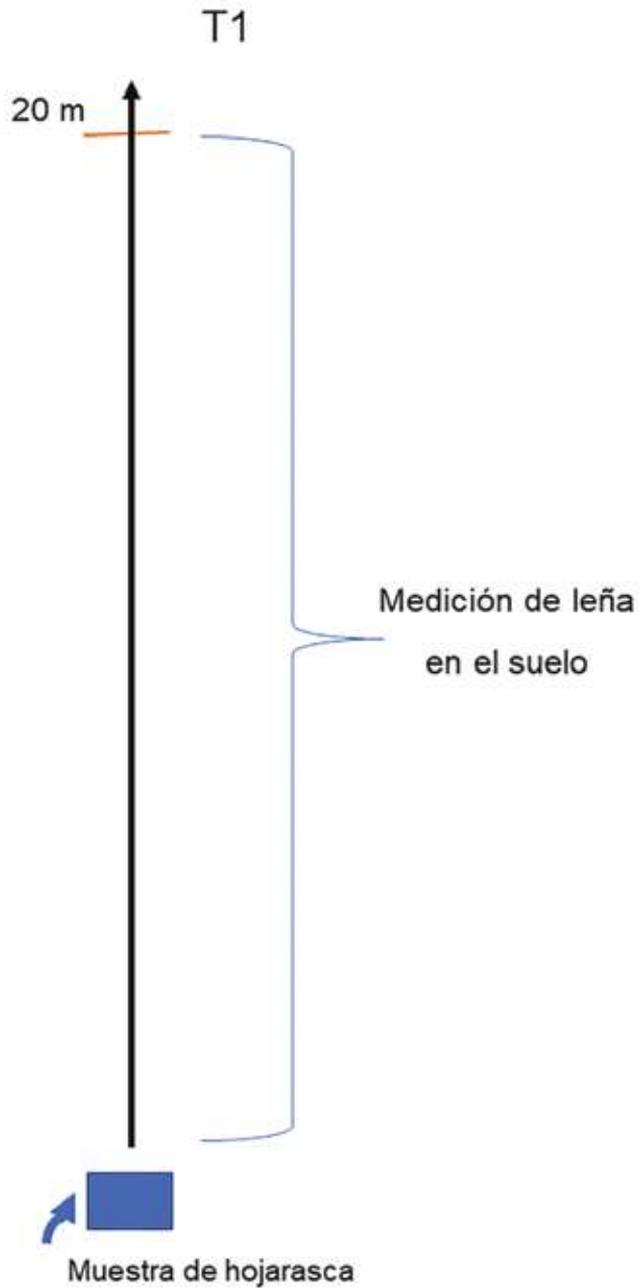


Figura 21. Diseño del transecto para el muestreo de combustibles forestales. Elaboración propia.

► **Muestreo de suelo.** En el sitio también se levantará información referente a la capa de hojarasca en el suelo, y se estimará su profundidad (mm), peso seco de la hojarasca y del humus, desde la superficie libre hasta ver suelo mineral en una subparcela de 30 cm por 30 cm de superficie (fig. 10).

► **Inventario de caminos, cumbres, riveras, orillas y claros.** Estos lugares necesitan registrarse como transectos, y se distribuirán en los diferentes tipos forestales y series de ordenación de la manera siguiente: 30 caminos, 30 cauces y riveras (en caso de que existan), 30 cumbres (o la parte proporcional si fueran escasas), 30 claros forestales, 30 orillas. Los puntos iniciales de los transectos se eligen al azar sobre la sumatoria longitudinal de cada clase de terreno (claro, camino, cauce). Los transectos son de 20 m de largo divididos en tramos de 5 m. En los caminos, riveras y cauces, los transectos se ubican en ambos lados; en claros, son perpendiculares a la orilla y se internan al rodal arbolado al menos 5 m más, adicionales a su longitud normal de 20 m. En los cauces se registran los puntos con deposición/erosión, así como la cubierta vegetal. En claros y riveras, igual que en todos los sitios de 100 m², se registra la visibilidad.

ACTIVIDADES PARA EL APROVECHAMIENTO FORESTAL MADERABLE EN EL SP

Para contar con una mayor comprensión de las actividades técnicas relacionadas con el aprovechamiento forestal maderable en el SP, a continuación se describen con sus especificaciones.

Elementos previos

Antes de empezar con las actividades de ejecución, es necesario contar con un programa de manejo forestal autorizado, y con la documentación legal del predio que establezca la identidad del titular y su responsable técnico, así como con el listado de actividades planeadas para el ciclo de corta. En forma paralela a la ejecución del programa de manejo, se llevará una crónica de eventos que expliquen los cambios en el bosque, en particular lo relacionado con los siniestros y las mermas, con el fin de alimentar la evaluación de logros del programa de manejo (PM) y acumular elementos para cuando se necesite un nuevo PM o se decida cambiar o cancelar el actual, si fuera necesario.

Delimitación del área de corta (fig. 22)

Para realizar el aprovechamiento de los volúmenes autorizados de acuerdo con el programa de manejo forestal, dentro del área forestal permanente (AFP) del pre-

dio, es necesario delimitar físicamente el área de corta anual (ACA), programada conforme a la autorización correspondiente. Para realizar esta actividad, el técnico de campo, en compañía de una brigada de brecheros, identifica los vértices unidos a través de una brecha.

El equipo de campo mínimo consta de un GPS, una brújula, machetes y limas. Con esta actividad se:

- ▶ Establecen los límites de la operación forestal para el ejercicio programado.
- ▶ Controlan las actividades de las brigadas o grupos de trabajo dentro de la superficie programada.

- ▶ Sistematiza la localización de los árboles que serán aprovechados o beneficiados con tratamiento intermedio (monte).

La delimitación del área de corta permite realizar las actividades de aprovechamiento y los tratamientos previstos dentro de la superficie que la autoridad correspondiente ha autorizado para tal fin. Esta acción evita incurrir en una falta administrativa. Es importante mencionar que el objetivo y la meta de la brigada es abrir de 3 a 4 km de brecha por día, rendimiento que puede ser influenciado por las características del terreno, el acceso y las condiciones de la vegetación.



Figura 22. Delimitando el área de corta en el ejido Kancabchen, Quintana Roo.

Monteo y tarjeo

En el SP hay tres tipos de tratamientos silvícolas: corta final (reemplazo del rodal), corta parcial y no corta. La corta final ocurre por la remoción total del arbolado en el 10% del área de corta anual designada para tal prescripción; mientras que los tratamientos de corta parcial y no corta se prescriben, en su conjunto, para el 90% del área de corta anual remanente.

Monteo para delimitación de claros de corta total

Si bien la delimitación de los claros de corta total puede hacerse en cualquier parte del área de corta, esta debe sujetarse a la superficie prevista, que es mayor a 1/2 ha y menor a 2 ha, y con una separación entre claros de una distancia equivalente a la suma de la altura total de los dos árboles más altos. Es opcional buscar que en los claros se concentre la mayor cantidad de árboles con el mayor desarrollo, lo que mejora la expectativa de la cosecha. Con base en lo anterior, se considera óptimo el monteo en toda la superficie del área de corta (opción funcional en áreas de corta menores a 250 ha), de arbolado comercialmente atractivo como el tzalam (*Lysiloma latisiliquum* L. (Benth.)), de diámetros óptimos para aserrío. En primera instancia, estos árboles se montean y georreferencian; posteriormente, la información se analiza en un SIG y se usa para ubicar los sitios de concentra-

ción de arbolado y, de esta manera, se definen las áreas de corta total (claros). Los árboles monteados que no quedan dentro de las áreas de corta total se revisan en campo para determinar si cumplen los requisitos de ser sujetos a tratamientos de corta intermedia definida aquí como corta parcial, o si cumplen con las características de árbol meta; de este modo se definen las brechas de acceso a las áreas de corta parcial y los sitios para la corta total.

Monteo de árboles meta

Una vez delimitados los claros de corta total y los caminos secundarios, quedará en el área de corta el 90% de la superficie, donde podrá definirse la pertinencia de aplicar tratamientos de corta parcial o determinar la no corta. Las dos opciones se hacen sobre árboles meta que primeramente deben ser ubicados o monteados. El objetivo de monteear árboles meta se relaciona con la necesidad de promover una mejor condición de desarrollo del bosque al eliminar todo árbol vecino que interfiera con el árbol meta.

El tarjeo es una actividad administrativa mediante la cual el operador que ubica los árboles en el proceso de monteo va creando una red de brechas que une los árboles monteados y lleva un control del arbolado hasta la orilla de la brecha. Este control se señala en balizas a las que se hace un corte de cara plana para indi-

car el número de árboles enlazados en la brecha; el sistema es bien conocido en la región de la Península de Yucatán, ya que permite que otras personas reubiquen los árboles con facilidad.

Recepción del moneo (fig. 23)

El moneo se realiza con dos propósitos diferentes: 1) conocer la ubicación del arbolado con dimensiones comerciales (más de 40 cm de DN) y delimitar los claros de corta total, e 2) identificar los árboles meta afectados por su interacción con el arbolado aledaño que requieren de un tratamiento intermedio para favorecer su crecimiento y desarrollo, a la vez que beneficiar su posición social, durante el ciclo de 20 años o posteriores. En este

caso los árboles que se van a eliminar y que afectan al árbol meta se marcan con pintura y se toman sus datos de registro, los cuales formarán parte de los insumos para la relación de marcaeo.

Esta labor está a cargo del jefe de monte y del auxiliar de campo, quienes reciben los árboles con las medidas cortables seleccionados en cada cuadrante. La finalidad es facilitar el aprovechamiento forestal y verificar la existencia de árboles de las distintas especies, lo que agiliza al prestador de servicios técnicos el control del arbolado total de cada cuadrícula, y facilita la estimación del volumen del total del arbolado moneado.



RUBÉN UUI CHI

Figura 23. Ubicando arbolado comercial en el área de corta, ejido Kancabchen, Quintana Roo.

Ubicación y delimitación de claros de corta total (figs. 24 y 25)

Con el apoyo de una brigada de cuatro personas, se realiza la delimitación del polígono de cada uno de los claros de corta total, señalando los vértices mediante balizas y pintura en los bordes o límites de cada claro.

Los claros para el tratamiento de corta total tendrán una superficie mínima de media hectárea y máxima de dos hectáreas, si su forma fuera circular o cuadrada. En otros casos, lo importante es que en el sentido de la pendiente (digamos mayor a 20%), y una orientación este-oeste, la amplitud máxima sea de 60 m, o lo necesario para que el centro de la corta

no reciba luz directa del sol en el curso del día, y tenga sombra parcial a ciertas horas (al menos dos). Durante la definición de estos claros se identificarán grupos de árboles (GAI) sobremaduros o con individuos sin perspectiva futura de desarrollo.

Para esta actividad se procurará cumplir con las siguientes características en el tratamiento de corta total:

- ▶ Los claros podrán crear ambiente matarrasa (luz directa irrestricta).
- ▶ La distancia entre claros es no menor de 20 m o dos alturas de árbol.



Figura 24. Ubicación de claros de reemplazo del rodal en el área forestal permanente del ejido Kancabchen, Quintana Roo.

► La elección de una superficie de corta total considera de manera total o parcial los siguientes criterios:

a) Presencia de arbolado sobremaduro.

b) Ausencia de arbolado incluido en la NOM-059-SEMARNAT-2010 (*Cedrela odorata* (L.) y *Astronium graveolens* Jacq.). Por la misma razón, es deseable que en la cercanía de la corta existan árboles fecundos de estas especies y de otras que sean raras, y el programa de manejo declare que deben ser promovidas.

c) Los límites del área (claros) de corta total se marcarán con pintura amarilla en los árboles a la orilla del claro.

d) El programa de manejo especificará el tiempo necesario y las condiciones que deben cumplirse para justificar una labor complementaria

de liberación del renuevo. Esta labor amplía el espacio sin dosel superior para que los renuevos de orilla no desarrollen síntomas de debilidad por sombra.

Para fines de comprensión, el tratamiento de corta final en el SP se entiende como la selección en grupos y el reemplazo del rodal. No se puede considerar como corta selectiva en el sentido de cortar árboles deseados para la cosecha final. En otro sentido, el SP acepta cortas parciales cuando su finalidad y criterios son el cultivo y la mejora de la masa residual. Si hubiera un criterio más importante que los demás que definen el SP, y lo separan de la tecnología silvícola actual y anterior, es precisamente que no es aceptable en ningún caso el uso de la corta selectiva como forma de cosecha final, y menos como forma de provocar el renuevo y empezar un nuevo rodal.



Figura 25. Definiendo y delimitando la superficie de un claro en Kancabchen, Quintana Roo.

Ubicación preliminar de caminos secundarios (fig. 26)

Los caminos secundarios permiten unir los claros de corta total con los caminos primarios, que para este caso serán permanentes; por ello su delimitación depende de la ubicación de los claros. La apertura de los caminos secundarios puede llevarse a cabo de manera manual con motosierra, o bien con maquinaria especializada para ello. Como el uso de estos caminos es temporal, no se les aplica relleno ni nivelación, pero durante la temporada de lluvias podrían deteriorarse, entonces hay que darles mantenimiento mediante el relleno de las áreas

lodosas con piedra y sascab. Los productos maderables que se deriven de la apertura de los caminos secundarios se aprovechan y se seleccionan como madera para palizada o producción de carbón.

Con la finalidad de definir la orientación y línea base del monte, se localizarán y ubicarán los caminos existentes en el área de corta. Esta actividad está a cargo del jefe de monte y sus dos auxiliares de campo, y se realiza en dos días de trabajo, durante los que se ubican los caminos secundarios conectados al camino principal, los cuales deben ser rehabilitados.



RUBÉN UUC CHI

Figura 26. Ubicación de caminos forestales en el área de corta anual del ejido Kancabchen, Quintana Roo.

Limpeza de claros de corta total (fig. 27)

Una vez que se ubican y localizan los claros, se procede a la limpieza del área de corta. Dicha actividad consiste en el aprovechamiento de madera en rollo, palizada y leña para carbón, que puede cortarse con el apoyo de herramientas manuales (machetes y motosierras). Los desperdicios generados por la limpieza del claro se pican y dispersan en el área, o bien se apilan dentro del bosque para su

rápida degradación o como refugio de fauna silvestre, según defina la prescripción en el programa de manejo. En todos los casos debe verificarse en el programa de manejo la meta de combustible residual y de árboles muertos en pie antes de proceder al control de desperdicios. Los árboles cortados de los diámetros más gruesos se elaboran en trocería comercial, y los árboles de diámetros delgados se convierten en palizada, o bien, en raja para carbón vegetal.



RUBÉN UU CHI

Figura 27. Control de desperdicios en el área de corta anual, ejido Kancabchen, Quintana Roo.

Trazo de micrositios (fig. 28)

La preparación del sitio en la zona de la corta final se hará mediante la quema prescrita, y debe dejar entre 0.5 y 2 cm de materia orgánica que cubra el suelo, y el resto, excepto la leña gruesa, (diámetro > 25 cm) se removerá. A juicio del técnico que prescribe la preparación del sitio de regeneración, también se puede hacer a través de métodos mecánicos, como el apilamiento de residuos no extraídos con maquinaria pesada, pero resulta suficiente hacer la operación con herramientas manuales. Lo importante es cortar y esparcir residuos hasta lograr la superficie deseada para recibir el renuevo, y dejar la cantidad más cercana posible a la meta proveniente del modelo de combustibles en el programa de manejo.

En esta modalidad deben obtenerse suficientes micrositios apropiados para el establecimiento del renuevo de especies deseables, en los cuales haya al menos un punto (digamos un círculo de 0.5 m) de suelo desnudo, rodeado de material vegetal y organismos que provean sombra parcial y un poco de humedad. Como meta debe haber un micrositio favorable cada 3 m. Habrá control de malezas y enredaderas que compitan contra el renuevo que vaya apareciendo, con la frecuencia que el criterio del profesional prescriba. El control deseable es también mecánico (manual en este caso); se aceptan controles químicos pero no se recomiendan.

La extracción de biomasa del sitio no lo debe dejar sin una capa suficiente de material orgánico y leñoso. Antes de la corta, deben quedar al menos dos centímetros de humus y hojarasca de forma continua sobre el sitio. No debería haber más de 10 puntos de más de 4 m² cada uno, con suelo desnudo, pero es aceptable otra cantidad si antes de la corta ya hay abundante suelo desnudo. La cobertura del claro con residuos vegetales picados y dispersos formarán un colchón delgado que mantendrá condiciones adecuadas de humedad, para evitar que el suelo se deshidrate y se erosione. Los micrositios permitirán los trabajos de reforestación, y se elegirán las mejores condiciones de suelo para establecerlos.



RUBÉN JUI CHI

Figura 28. Trazo de micrositios en el área de corta anual, ejido Kancabchen, Quintana Roo.

Aplicación de tratamientos intermedios

Espejeo

El espejeo es una actividad llevada a cabo sólo en el tratamiento de corta parcial, y consiste en hacer, con un machete, un pequeño corte (espejeo simple) en la base del tocón. La marca indica a los monteadores que el árbol ha sido elegido para cortarse. El espejeo se realiza a todos los árboles que se van a cortar, incluidos los árboles de diámetros delgados para palizada y carbón vegetal.

Marqueo de corta parcial

Esta actividad se realiza únicamente en el área de tratamientos de corta parcial. Los árboles marcados son todos aquellos que serán removidos para promover beneficios al árbol meta. Es importante considerar que los tratamientos intermedios no deben generar grandes aperturas de dosel, ya que se busca beneficiar al árbol meta y no promover la regeneración.



RUBÉN UJU CHÍ

Figura 29. Marcando el arbolado a extraer.

Para llevar a cabo este trabajo, el anotador de la cuadrilla avanza en una línea recta dentro del área de corta anual; mientras que los asistentes caminan a su izquierda y derecha cubriendo una banda de 10 m de cada lado. Es importante mencionar que los árboles meta identificados sin una relación con sus vecinos, con suficiente espacio (>80%) para alcanzar el máximo desarrollo de copas, sin que se toquen, deberán ser liberados de otros que interfieran con su crecimiento. En esta revisión también pueden existir áreas sin la presencia de árboles meta, las cuales se identifican como áreas vacías, cuyos registros generan pixeles de información hasta cubrir la superficie. Enseguida se identifican los árboles cuyas copas se interfieren

en un grado mayor (GAI, fig.30), según la indicación del responsable técnico. Dicha instrucción deriva de la intensidad de extracción definida en el programa de manejo, y tiene que ver con el nivel de las interacciones entre árboles vecinos. Podrían tolerarse mayores diferencias en la dominancia y menor distancia entre copas vecinas si el ciclo de corta fuese breve (10 o menos años), y viceversa. La meta general es contar con varios árboles juveniles dominantes, con buenas condiciones de vigor y vitalidad en cada sitio de ocupación, tal que existan altas posibilidades de que al menos uno de ellos llegue a ocupar plenamente el sitio cuando alcance su talla máxima (árbol meta).



ANGÉLICA NAVARRO-MARTÍNEZ.

Figura 30. Grupo de árboles interactuantes en la selva mediana subperennifolia de Quintana Roo.

Los árboles que interfieren con el árbol meta se marcan en su base con pintura para señalar que son aprovechables (fig. 31). Si rebasan las dimensiones y cualidades (especie, calidad, defectos) para trocearía de productos primarios, se registra su posición con GPS, se limpia un sendero de 1 m de ancho hasta el carril de arrime, y se deja una estaca etiquetada para señalar la posición de ese individuo. El registro de los árboles marcados se realiza con balizas en las que se anota el número de árboles posibles de localizar en la línea o en el sendero abierto (fig. 32).

La brigada para esta actividad constará de cuatro a cinco personas que recorrerán un tramo de 100 m lineales por

persona; además se requiere la participación de un técnico y un jefe de monte.

El marqueo se aplica únicamente en el tratamiento de corta parcial; el sello indica que el árbol debe ser derribado o eliminado porque afecta o interfiere en el óptimo desarrollo del árbol meta identificado. El equipo requerido en esta actividad es un GPS, tablas de campo, cinta diamétrica o forcípula, barra telescópica y flexómetro; además de lápices, formatos de campo, machetes, pintura en aerosol y martillo con los datos del registro del prestador técnico forestal responsable del aprovechamiento.

Los espacios del área de corta anual que no se cortaron de manera total reci-



RUBEN LUI CH

Figura 31. Marcando árboles meta en el área de corta anual de Kancabchen, Quintana Roo.



RUBÉN DU CHI



Figura 32. Seleccionando sitios de corta parcial e indicando número de árboles meta.

birán un aclareo ligero que elimine apenas el suficiente arbolado para que los árboles meta afectados por el arbolado aledaño tengan espacio horizontal suficiente para expandir sus copas sin obstáculos de los vecinos. En caso de duda, se eliminan árboles para favorecer especies e individuos de mejor calidad y vigor. Esta actividad se realiza con la supervisión del técnico responsable del aprovechamiento, y consiste en valorar las características y condiciones de cada uno de los árboles monteados y marcados. De cada individuo se registran los datos de especie, diámetro y altura de fuste limpio, y se marca; la actividad se realiza dentro del área de corta donde se aplicarán tratamientos intermedios.

En el tratamiento intermedio se busca reducir el número de individuos deformados, dañados, enfermos o suprimidos que actualmente son competencia de individuos con alta perspectiva de desarrollo, pero que en un futuro brindarán materia prima forestal para el predio; además, han de servir para mejorar las condiciones de los árboles meta. También se eliminarán los árboles bien formados, sanos y de buena posición que compitan con un vecino catalogado como árbol meta. El tratamiento podrá aplicarse en donde no se requiera el tratamiento de corta total.

Apertura y mantenimiento de caminos (fig. 33)

Se trata de una actividad técnica-silvícola que se realiza de forma manual, con maquinaria especializada, o con la que se utiliza durante el proceso de extracción. Se procura rehabilitar los caminos secundarios existentes en el área de corta. De acuerdo con su distribución en el ACA, se permitirá diseñar los carriles de arrime o de extracción, y la distribución de los sitios de carga de la madera en monte.

Los caminos facilitan los recorridos de vigilancia durante la época de sequía en la que con frecuencia ocurren incendios forestales; así como el traslado del personal en los momentos críticos de estiaje. Para esta actividad sólo se requieren las prescripciones de obra nueva o rehabilitada

que fueron elegidas en el programa de manejo. Para las indicaciones de ejecución en campo, la cuadrilla técnica llevará un GPS, machete, limas, motosierras, cascos y lentes. La brigada consta de un técnico de campo y cinco personas de apoyo.



RUBÉN LUI CH

Figura 33. Mantenimiento de caminos en el área forestal permanente del ejido Kancabchen, Quintana Roo.

Trazo y apertura de carriles de arrime (fig. 34)

La apertura de carriles de arrime se realizará en caso de que se requieran arrastrar troncos gruesos derivados de tratamiento intermedio. En el caso de la corta total, los caminos secundarios llegarán al límite de cada claro. El carril de arrime se ubica primero en el mapa y posteriormente se traza en el campo, con la intención de que se pueda usar en ciclos posteriores. El ancho de los carriles es de 3 m y la aper-

tura se realiza de manera manual. El trabajo del campo requiere de una brigada de cuatro personas dirigida por el técnico forestal, que además debe poner la dirección de los carriles de arrime. La brigada se compone de un motosierrista acompañado por una persona, más el que va tirando la basura, y dos macheteros que abren los carriles. El rendimiento esperado de cada brigada es de 500 m por jornada diaria de trabajo.



RUBÉN UUI CHI



Figura 34. Apertura de carriles de arrime en el área de corta del ejido Kancabchen, Quintana Roo.

Derribo y troceo (fig. 35)

El derribo y el troceo son actividades coordinadas por el jefe de monte. La planificación de la apertura de carriles de extracción facilita dichos trabajos. Estas actividades se llevan a cabo de manera manual, con el apoyo de equipo de corte (motosierras). Personal capacitado en uso de motosierra realiza el derribo y el troceo, aplicando técnicas de derribo direccional y procurando el menor daño posible a los árboles residuales y a la re-

generación natural. En los claros de corta total, el cuidado en el arbolado residual es en los límites del propio claro. En el derribo de árboles de corta parcial, es importante el derribo direccional, para evitar daños en el árbol meta.



Figura 35. Derribo direccional en tratamientos de corta total en el ejido Kancabchen, Quintana Roo.

Arrime y extracción (fig. 36)

El arrime dentro del claro de corta total podrá hacerse con arrastradores o con motogrúa; aunque el SP sugiere el uso de cables aéreos. En el caso de los tratamientos intermedios, esta actividad se realizará cuando se requiera derribar y aprovechar un árbol grueso que no pueda ser movilizado por los trabajadores. Si el predio no cuenta con maquinaria propia, se recurre a los contratistas para que realicen la extracción, y si el terreno lo permite, se usan tractores forestales de

bajo impacto o tractores agrícolas adaptados para arrastrar troncos. Es importante dejar de usar tractores articulados, a la brevedad, y cambiar a tecnología de bajo impacto. En terrenos con pendientes mayores a 20% se recomienda el uso de cables aéreos, pero la motogrúa puede usarse temporalmente hasta que se cuente con maquinaria actual y eficaz. El arrastre del arbolado se realiza con fustes completos y sin ramas, para evitar daños a árboles residuales aledaños.



RUBÉN UUI CHI



Figura 36. Extracción y arrime de arbolado cortado en el área de corta anual, ejido Kancabchen, Quintana Roo.

Saneo y dimensionado (fig. 37)

Para realizar el saneo de las maderas en rollo con sámago, y dar la calidad y las dimensiones requeridas para la comercialización, el personal asignado debe trasladarse a los claros de corta total o a los

patios de transformación y almacenamiento (bacadillas), con instrucciones para elaborar las piezas de trocería y maximizar la recuperación del valor de los productos.



Figura 37. Saneo y dimensionado del arbolado en el área de corta, ejido Kancabchen, Quintana Roo.

Medición y cubicación (fig. 38)

Esta actividad está a cargo de un cubicador y un documentador asignados por la asamblea ejidal. Participa también el comprador, bajo el entendido de que esta tarea se lleva a cabo una vez que la madera esté debidamente saneada y numerada. La finalidad de la actividad es determinar el volumen real extraído para cada especie

en toda la superficie del área de corta. Con apoyo de una calculadora, el personal asignado realiza la cubicación de cada troza, y las clasifica por especie. El control se lleva en formatos de campo para trozas; de esta forma se vigila que no se exceda el volumen autorizado por la SEMARNAT.

RUBÉN JUJCHI



Figura 38. Cubicación de la madera.

Carga y transporte (fig. 39)

Una vez cubicada y numerada, la trocería queda lista para cargarse y transportarse en camiones tipo rabón, desde las áreas de concentración, hasta los patios de

transformación y almacenamiento, donde se entregará a las personas con quienes se realice la comercialización de los productos resultantes de dicho aprovechamiento.

RUBÉN JUJCHI



Figura 39. Carga y transporte de las trozas producto de la extracción forestal.

Documentación (fig. 40)

Para el transporte y/o almacenamiento de la materia prima forestal, se realiza el amparo de la documentación legal tal y como lo determinan los artículos 93, 94,

95 y 96 del Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable; para ello se usa el código de identificación autorizado para el aprovechamiento maderable del predio.



Figura 40. Documentación.

Informe anual

El informe anual se rinde en el primer bimestre del año (enero y febrero), y se hace en dos partes: 1) informe anual del programa de manejo forestal mediante formato FF-SEMARNAT-058 SEMARNAT-03-011, y 2) escrito libre sobre el

informe anual de las actividades de aprovechamiento forestal en cumplimiento a las disposiciones en materias de impacto ambiental. El documento completo deberá tener el acuse de recibo de la PROFEPA y de la SEMARNAT.

SECUELA DE CÁLCULO DEL VOLUMEN REPORTADO SEGÚN LA NOM-152-SEMARNAT-2006 PARA LA FORMULACIÓN DEL PROGRAMA DE MANEJO AUTORIZADO

Lo primero que se hace en relación con los datos de campo es la captura. En este proceso se diseña una base de datos, por ejemplo en Excel o Access (Microsoft Office). En el curso de la captura se aplican los filtros necesarios que aseguren la calidad de los datos para declarar que son confiables y representativos. Se empieza el procesamiento con el acomodo de los datos de tal manera que el árbol sea la unidad de registro y todo atributo se asocie e identifique con un árbol de la muestra, incluida la clasificación de las tierras a las que el árbol pertenece por su ubicación. Si todo dato se asocia con un árbol, el orden en la base de datos es irrelevante, pero para fines de simplificación, se clasifica primero por especie y luego según las distintas categorías territoriales: serie de ordenación, cuartel, afectación, UMM.

El paso siguiente es calcular el diámetro, la altura y la condición (vivo o muerto) futura del arbolado. En tanto se carece de modelos dinámicos que reporten estos datos, por acuerdo con la SEMARNAT se usa una constante que asume no mortalidad, no incorporación, no crecimiento en altura, no daños nuevos ni defectos, y

crecimiento lineal de 4 cm en 20 años para todas las especies. El volumen total se calcula de cada árbol mediante una ecuación específica y disponible en la literatura para las diferentes especies; se prefieren las ecuaciones de los sistemas biométricos promovidos por la CONAFOR, aunque es mejor esperar a que tales modelos se validen con muestras representativas independientes. El cálculo se repite para los datos actuales y los esperados al final del ciclo de corta.

Se calcula el área basal del árbol y el factor de conversión para estimar el volumen actual y futuro a su equivalente, así como el número de árboles por hectárea. Si se usaron sitios de dimensiones fijas, dividir la hectárea entre la superficie del sitio dará el factor de conversión buscado. Se suman las cifras de todas las variables dasométricas por hectárea para obtener subtotales de cada UMM, afectación, cuartel y serie. Este cálculo primero se usa para el volumen total inicial, luego para la remoción, y por diferencia se tiene el residual. También por diferencia se obtiene el incremento en volumen, que al ser por ciclo, hay que convertirlo a incremento neto volumétrico anual.

El volumen de remoción proviene de las recomendaciones de marqueo visual, pero si los subtotales no corresponden con las políticas administrativas definidas por el analista, algunas prescripcio-

nes de campo se cambian para cumplir tales demandas. Los cambios pueden darse en la intensidad de la corta parcial (que a su vez implica criterios de marcaeo visual más/menos exigentes respecto al árbol meta), y también en la cantidad y el tamaño de cortas de reemplazo de rodal. El resultado de este primer plan de cortas debe ser factible como solución inicial y punto de arranque de la búsqueda de mejores soluciones, en un proceso posterior que ocurre durante la regulación de corta. Por supuesto, todas las soluciones al plan de cortas que durante la regulación se vayan construyendo deben ser viables como requisito de cualquier solución mejorada.

Conviene enfatizar que los datos históricos ayudan a interpretar los reportes de campo del inventario en materia de eventos planeados (como el aparecer del renuevo), y de perturbaciones (fuego, plagas, enfermedades, erosión, deposición, clima extremo, deficiencias nutricionales, daños mecánicos y defectos del arbolado, etc.). El analista considera esta interpretación al aceptar o modificar las prescripciones visuales.

Es claro que si los caminos y otro tipo de infraestructura en el bosque son rodales y tienen su particular inventario, prescripciones y régimen silvícola, el dato de volumen de corta en caminos sigue la misma ruta de cómputo del volumen de remo-

ción comercial. Hasta este punto, se tiene una sábana de datos con encabezados que nombran cada variable, y en la que cada registro representa un árbol de la muestra. Los datos fundamentales son:

- ▶ Etiqueta del árbol,
- ▶ Sitio de muestreo y subparcela (si la hubiera),
- ▶ Serie,
- ▶ Afectación,
- ▶ Cuartel,
- ▶ UMM,
- ▶ Especie,
- ▶ Vivo o muerto,
- ▶ Defectos y lesiones,
- ▶ Dominancia,
- ▶ Tratamiento silvícola prescrito visualmente (no corta, corta parcial, corta total),
- ▶ Grupo interactuante,
- ▶ Árbol meta (si, no),
- ▶ Marcaeo visual (favorecer, dejar, cortar),
- ▶ Área basal (m^2/ha),
- ▶ Incremento ($m^3/ha/año$),
- ▶ Diámetro,

- ▶ Altura (total, fuste limpio),
- ▶ Volumen inicial,
- ▶ Volumen final,
- ▶ superficie UMM (con y sin infraestructura)

Con estos datos se genera la información requerida en el Cuadro Único requeridos por la NOM-152-SEMARNAT-2006, y al hacer la clasificación por terreno y prescripción, se obtienen los subtotales y totales de cada variable:

- ▶ UMM y adscripción a cuarteles y afectaciones (anualidades),
- ▶ Superficie total, de infraestructura y neta productiva por UMM,
- ▶ Volumen en pie (inicial) por hectárea y por UMM,
- ▶ Volumen de incremento por hectárea y por UMM,
- ▶ Volumen de residual por hectárea y por UMM,
- ▶ Volumen de remoción por hectárea y por UMM,
- ▶ Volumen de infraestructura por hectárea y por UMM,
- ▶ Área basal inicial por hectárea.

Datos adicionales solicitados por la NOM-152-SEMARNAT-2006 provienen de

otras fuentes, y generalmente se refieren a la historia del aprovechamiento. Pero dicha información resulta ampliamente redundante, en especial la requerida en las tablas de la 3 a 7, por lo que en el SP se omite un mayor desglose del procedimiento para evitar confusiones.



RUBÉN UJI CHI

Baliza con información sobre un claro de corta total o para reemplazo del rodal.

TRANSECTO DE CLAROS Y ORILLAS: 40 M LARGO

Colocar al azar sobre el claro un punto de arranque en la orilla, con un transecto de 20 m hacia el centro del claro y 20 m hacia el bosque interior. El primero será llamado **claro**, y el segundo **orilla**. Registrar del sitio y de cada árbol cuya copa intercepte el transecto, todas las variables que sean viables de la lista de arbolado adulto y renuevo. Las coordenadas corresponden al punto inicial de ambos transectos. Si sólo fue factible medir uno de ellos, anotar la omisión del otro con código nulo (n).

Ambiente claro () orilla ()

No. transecto _____ Coordenadas _____

Arbolado igual o mayor a 7.5 cm

Tramo	Especie	Código especie	DN (cm)	AFL (m)	AT (m)	Cond. fitosanitaria	No. epifitas	No. parasitas	GAI	Estado madurez	Tratamiento	Marqueo visual	Prioridad



Informando al Ing. León Jorge Castañeros Martínez, Director General de la CONAFOR sobre el sistema patrimonial de manejo forestal.

Índice de figuras

Figura 1. Marco teórico del sistema patrimonial para selvas productivas de México. Fuente: Elaboración propia.	18
Figura 2. Selva mediana en el ejido Kancabchen, Quintana Roo. Fotografía Rubén Uu Chi.	19
Figura 3. Principales componentes del sistema patrimonial. Fuente: elaboración propia.	20
Figura 4. Secuencia general del procedimiento de planeación del sistema patrimonial de manejo forestal para las selvas productivas de México. Fuente: elaboración propia.	21
Figura 5. Diferentes tipos de vegetación tropical en México potenciales de manejo forestal patrimonial. a) selva alta, b) selva mediana, c) selva baja, d) palmar, e) manglar y f) matorral. Fotografía: Angélica Navarro-Martínez	24
Figura 6. Ejemplos de tipos forestales. a) claro, b) bosque de orilla, c) bosque de interior, d) rivera, e) cumbre, f) camino. Fotografía: Angélica Navarro-Martínez	25
Figura 7. Grupo de árboles interactuantes (GAI) en el municipio de José María Morelos, Quintana Roo. Fotografía: Rubén Uu Chi.	32
Figura 8. Selva mediana subperennifolia, Calakmul, Campeche. Fotografía: Angélica Navarro-Martínez.	48
Figura 9. Modelo teórico para el sistema patrimonial de manejo forestal para selvas productivas de México. Elaboración propia.	52
Figura 10. Ejemplos de legados biológicos en selvas productivas de México: raíces, árboles caídos, quebrados y muertos en pie, hojarasca, tocones, hongos descomponedores de la madera. Selva productiva del ejido Xhazil Sur y Anexos después del huracán Dean en 2017. Fotografías: Angélica Navarro-Martínez.	54

Figura 11. Claro de dosel para agricultura de roza, tumba, quema. Fotografía: Rubén Uu Chi	61
Figura 12. Tratamiento de remplazo del rodal para favorecer el desarrollo del bosque meta en el ejido Kancabchen, Quintana Roo. Fotografía: Angélica Navarro-Martínez	67
Figura 13. Corta parcial para el control de la densidad de acuerdo con SP. Área Forestal Permanente del ejido Kancabchen, Quintana Roo. Fotografía: Angélica Navarro-Martínez	69
Figura 14. Sistema de cable aéreo en uso en Jalisco desde 2015. Fotografía: Martín Mendoza Briseño	87
Figura 15. Diagrama del sitio y subsitios de muestreo para toma de datos de inventarios forestales en selvas productivas de México. Elaboración propia.	105
Figura 16. Diseño de la red de sitios permanentes de experimentación silvícola para el sistema patrimonial de selvas productivas de México.	112
Figura 17. Selvas altas y medianas productivas dentro de la Reserva de Montes Azules, Chis. Elaboración propia.	119
Figura 18. Selvas altas y medianas productivas dentro de la Reserva de Calakmul, Campeche. Elaboración propia.	120
Figura 19. Selvas altas y medianas productivas dentro de la Reserva de Sian Ka'an, Quintana Roo. Elaboración propia.	121
Figura 20. Ubicación de sitios RAMSAR en los estados de Campeche, Chiapas, Jalisco, Nayarit, Oaxaca y Quintana Roo. Elaboración propia.	123
Figura 21. Diseño del transecto para el muestreo de combustibles forestales. Elaboración propia.	147
Figura 22. Delimitando el área de corta en el ejido Kancabchen, Quintana Roo. Rubén Uu Chi.	149

Figura 23. Ubicando arbolado comercial en el área de corta, ejido Kancabchen, Quintana Roo. Fotografía: Rubén Uu Chi.	151
Figura 24. Ubicación de claros de reemplazo del rodal en el área forestal permanente del ejido Kancabchen, Quintana Roo.	152
Figura 25. Definiendo y delimitando la superficie de un claro en Kancabchen, Quintana Roo. Fotografía: Rubén Uu Chi.	153
Figura 26. Ubicación de caminos forestales en el área de corta anual del ejido Kancabchen, Quintana Roo. Fotografía: Rubén Uu Chi.	154
Figura 27. Control de desperdicios en el área de corta anual, ejido Kancabchen, Quintana Roo. Fotografía: Rubén Uu Chi.	155
Figura 28. Trazo de micrositios en el área de corta anual, ejido Kancabchen, Quintana Roo. Fotografía: Rubén Uu Chi.	156
Figura 29. Marcando el arbolado a extraer. Fotografía: Rubén Uu Chi.	157
Figura 30. Grupo de árboles interactuantes en la selva mediana subperennifolia de Quintana Roo. Fotografía: Angélica Navarro-Martínez.	158
Figura 31. Marcando árboles meta en el área de corta anual de Kancabchen, Quintana Roo. Fotografía: Rubén Uu Chi.	159
Figura 32. Seleccionando sitios de corta parcial e indicando número de árboles meta. Fotografía: Rubén Uu Chi.	160
Figura 33. Mantenimiento de caminos en el área forestal permanente del ejido Kancanthen, Quintana Roo. Fotografía: Rubén Uu Chi.	161
Figura 34. Apertura de carriles de arrime en el área de corta del ejido Kancabchen, Quintana Roo. Fotografía: Rubén Uu Chi.	162
Figura 35. Derribo direccional en tratamientos de corta total en el ejido Kancabchen, Quintana Roo. Fotografía: Rubén Uu Chi.	163
Figura 36. Extracción y arrime de arbolado cortado en el área de corta anual, ejido Kancabchen, Quintana Roo. Fotografía: Rubén Uu Chi.	164

Figura 37. Saneamiento y dimensionamiento del arbolado en el área de corta, ejido Kancabchen, Quintana Roo. Fotografía: Rubén Uu Chi.	165
Figura 38. Cubicación de la madera. Fotografía: Rubén Uu Chi.	166
Figura 39. Carga y transporte de las trozas producto de la extracción forestal. Fotografía: Rubén Uu Chi.	166
Figura 40. Documentación. Fotografía: Rubén Uu Chi.	167

Índice de tablas

Tabla 1. Principales atributos de los métodos de manejo forestal en el sistema patrimonial.	41
Tabla 2. Información general para tomar datos de los SPES (subparcela de 100 m ²).	113
Tabla 3. Especies maderables comerciales enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 o en CITES.	124

Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) y la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) por el financiamiento brindado a través del Fondo Sectorial para la Investigación, el Desarrollo y la Innovación Tecnológica Forestal mediante el proyecto de investigación aplicada “Diseño de un sistema de manejo forestal para selvas productivas de México”, clave 292577.

Al Ing. León Jorge Castaños Martínez, Director General de la CONAFOR. Al Ing. Mario Antonio Mosqueda Vázquez, Coordinador General de Producción y Productividad de la CONAFOR, y a su equipo de trabajo, Dr. Filemón Manzano Méndez, Gerente de Manejo Forestal Comunitario, Ing. Luis Antonio Aceves Montaña, Subgerente de Silvicultura y Manejo Forestal, y la Ing. Maribel Pineda Rivera del Departamento de Aprovechamiento Forestal Maderable, por su disponibilidad y respuesta a las solicitudes de información durante la primera etapa del proyecto. Al M.C. Julio César Bueno Talamantes, Titular de la Unidad de Educación y Desarrollo Tecnológico. De manera muy en especial al Ing. Abel Santos Juárez Cortéz, Gerente de Desarrollo y Transferencia de Tecnología, por el apoyo brindado en todo momento.

A las Gerencias Estatales de la CONAFOR en Chiapas, Campeche, Quintana Roo, Oaxaca, Jalisco y Nayarit por su apoyo en el desarrollo de diversas actividades del proyecto. En especial a los Representantes legales, ingenieros Antonio Lazcano Soto (Chiapas), Román Uriel Castillo Carballo (Quintana Roo), Oscar Mejía Gómez (Oaxaca) y de los estados de Campeche, Jalisco y Nayarit, por su disposición y apoyo para este proyecto y su interés en el manejo y la silvicultura de las selvas productivas mexicanas.

A la M.C. Guadalupe Sánchez Reyes, del programa de Joven Construyendo el Futuro, por todo el apoyo brindado en actividades de logística relacionadas con las diferentes actividades de capacitación y transferencia de la segunda y tercera etapa del proyecto.

Un agradecimiento especial a los ejidos y ejidatarios que han creído en este grupo de trabajo y han aceptado el reto de la aplicación de un nuevo método para el manejo y aprovechamiento de sus selvas. Particularmente, a los ejidos Kancabchen, Candelaria II, el Naranjal y Lázaro Cárdenas, en el estado de Quintana Roo que ya cuentan con un Documento Técnico Unificado (DTU) autorizado para el aprovechamiento forestal maderable con el Método Silvícola Peninsular (MSP). Asimismo, al ejido Nuevo Becal, en el estado de Campeche con aprovechamiento maderable autorizado con Plan Costa (PC). A los ejidos Los Lagartos y La Esperanza del municipio de José María Morelos y, Betania y Chan Santa Cruz de Felipe Carrillo Puerto, que han sometido a revisión o tienen en preparación sus DTU's con este método y a los que quedan por venir (Tulum, San Juan de Dios y Prof. Graciano Sánchez, todos del estado de Quintana Roo, que también han manifestado su interés por conocer y probar el MSP en el manejo de sus selvas productivas.

Este trabajo nunca se hubiera podido llevar a cabo sin la participación de los profesionales forestales que integran, junto con los autores de esta obra, el grupo de trabajo del proyecto CONACYT-CONAFOR 292577, ingenieros, en orden alfabético: Alfredo M. Huchin Chablé, Gonzalo Curiel Alcaraz, Juan Manuel Herrera Gloria, Paulino Rosales Salazar y Ramón Cabral Espinoza y Rubén Uu Chi, este último siempre muy entusiasta y dispuesto a colaborar con información solicitada. Todos compartieron sus experiencias y amplios conocimientos en el manejo de las selvas productivas de México, así como documentos, material fotográfico y búsqueda de información a través de visitas en las diversas regiones tropicales que abarca el proyecto en Nayarit, Jalisco, Oaxaca, Chiapas, Campeche y Quintana Roo.

Agradecemos también a todos los profesionales forestales del trópico mexicano que han aportado con sus experiencias e ideas a esta propuesta a través de las reuniones y talleres que realizamos durante la segunda y tercera etapa del proyecto. Asimismo, agradecemos a la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA) y la Comisión Nacional para el Uso y Conocimiento de la Biodiversidad (CONABIO) por sus ideas.

Sistema patrimonial de manejo forestal para selvas productivas de México
se terminó de imprimir el 20 de junio de 2021 en los talleres de SEPRIM,
calle Siembra núm. 1, bodega 5, colonia San Simón Culhuacán, delegación Iztapalapa,
C. P. 09800, Tel. 55.54.43.7754, CDMX.

Diseño, diagramación de interiores e ilustraciones: Rina Pellizzari Raddatz.

Corrección y cuidado editorial: Dorian Reyes Mendoza.

El tiraje constó de 1000 ejemplares.

Esta obra describe de manera amplia y profunda los aspectos relevantes del sistema patrimonial (SP) de manejo forestal para las selvas productivas de México.

Se exponen de manera detallada los antecedentes, los componentes y la secuencia de pasos que se siguen en la definición de un programa de manejo forestal de acuerdo con los criterios y las cualidades del sistema patrimonial; así como sus alcances.

Asimismo, se discuten las implicaciones de que, en el caso de México, el bosque se encuentre bajo la propiedad de ejidos y comunidades rurales, lo que implica tomar en cuenta el bienestar de los propietarios y la identidad tropical con base en la ecología y la dinámica de desarrollo del bosque, desde la etapa de iniciación a partir de la ocurrencia de un disturbio catastrófico hasta la etapa de bosque viejo.

Finalmente, se muestran ampliamente los atributos del SP, los parámetros y las especificaciones técnicas de los métodos que lo integran, así como la estrategia para la conducción de los programas de manejo forestal con dicho sistema.

ISBN: 978-607-8767-31-1



9 786078 767311

