

**CRITERIOS Y RECOMENDACIONES  
PARA EL MANEJO SILVÍCOLA DE LOS  
BOSQUES DE PINOS PONDEROSA**



**“Nuestras zonas forestales representan el espacio en que las presentes y futuras generaciones vivirán y desarrollarán actividades de manera digna”**

Enrique Peña Nieto  
Presidente de los Estados Unidos Mexicanos

Martín Alfonso Mendoza Briseño  
Mary Ann Fajvan  
Juan Manuel Chacón Sotelo  
Alejandro Velázquez Martínez  
Antonio Quiñonez Silva

Comisión Forestal para América del Norte (COFAN)  
Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la  
Agricultura (FAO)  
Comisión Nacional Forestal (CONAFOR)

© Octubre, 2014

La información contenida en esta publicación puede ser reproducida, en parte o en su totalidad y por cualquier medio, con fines personales o públicos no comerciales, sin cargos ni permiso adicional, a menos que se especifique lo contrario.

Cualquier reproducción de esta información se le pide que:

- Citar el título completo de esta publicación y los autores; y Producido con el apoyo financiero de la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR)

Agradecimientos:

Los autores agradecen la iniciativa del grupo de trabajo de Silvicultura de la Comisión Forestal para América del Norte (COFAN), donde participa el Servicios Forestal de los Estados Unidos, El Servicio Forestal de Canadá y la Comisión Nacional Forestal en México por su colaboración en esta publicación.

## PUNTOS CLAVE

Los bosques de pinos ponderosa son el tipo de bosque de mayor importancia para la producción maderable en México, y son también importantes en EUA y Canadá. Estos bosques suelen estar fuertemente dominados por pinos, los cuales forman masas cercanas a puras con estructuras simples y estables, con muy ocasionales perturbaciones y poca capacidad para sostener biodiversidad u otros servicios ambientales. Su principal atributo silvícola es que requieren amplia luz directa toda su vida. Aunque casi todos establecen renuevo exitosamente en condiciones de sombra parcial, es importante abrir ampliamente el dosel para provocar regeneración, la cual aparece en abundancia y en poco tiempo aún en años de escasa semilla, si la cama de germinación tuviese una capa de materia orgánica; en caso contrario, dejar algunos años sombra de entre 20 y 40 %, mitiga el estrés ambiental usual en el espacio abierto y permite al renuevo establecerse uniformemente y en abundancia.

Cuando el objetivo es de producción maderable, el régimen silvícola, para responder a la elevada exigencia de luz de los ponderosa, hay que mantener densidades bajas donde todos los árboles sean dominantes o codominantes, ya sea por poca espesura natural, o como resultado del régimen de aclareos. Estos pinos son susceptibles a sobresaturación extrema y a barrenación de yemas, fenómenos prevenibles silvícolamente; otras preocupaciones frecuentes no necesitan ser prioritarias aprovechando que los ponderosa resisten bien el fuego y son poco afectados por descortezadores, relativo a lo que pasa con el resto de especies del bosque de pinos ponderosa. Su capacidad de mantener muy bajas densidades donde los espacios libres se ocupen de gramíneas mantenidas con fuego frecuente da lugar a entornos de baja productividad maderable pero muy alta capacidad de sostener fauna cinegética y alta calidad de agua. La amplia zona de distribución del grupo, sus múltiples especies y variedades hacen esperar que pueda adaptarse a posibles cambios ambientales como los provocados por el cambio climático.

Esta obra tiene como intención ofrecer herramientas e ideas prácticas con aplicación a la gestión de estos extensos e importantes bosques de Norteamérica, enfatizando las situaciones mexicanas principalmente.

## PRESENTACIÓN

Esta obra es una herramienta práctica que se ha pensado específicamente para bosques de pinos del grupo ponderosa. El contar con estos documentos de apoyo ha sido una iniciativa del Grupo de Silvicultura de la Comisión Forestal para América del Norte. Las prescripciones de este documento tienen el beneficio del conocimiento publicado, y al día de hoy mantienen especificaciones cercanas al estado del arte. Empero, lo valioso de esta obra, es que contiene una lista selecta de recomendaciones de quienes han estudiado y cultivado estos bosques.

En tal contexto, lo que sigue son recomendaciones para situaciones comunes de manejo de bosques maderables.

# CONTENIDO

Puntos clave	5
Presentación	6
Fundamentos conceptuales	8
Distribución y comunidades donde aparecen los pinos ponderosa	12
Reproducción	15
Crecimiento	19
Modelos	22
Salud y resiliencia	24
Ecología de los ponderosa	25
Silvicultura recomendada	30
Regeneración	30
Cortas intermedias	33
Fuego	37
Sanearamiento	37
Atención a recursos asociados	38
Resiliencia	40
Tendencias en la silvicultura de los pinos ponderosa	41
Literatura citada	45
Anexo	48
Parámetros de modelos silvícolas	48
Integrantes del Grupo de Trabajo de Silvicultura	62
Canadá	62
Estados Unidos	63
México	64

## FUNDAMENTOS CONCEPTUALES

La silvicultura es un arte, una tecnología y una ciencia de larga historia y tradición mundial. Como la silvicultura tiene sus antecedentes en la Edad Media europea, de donde emanan todas las corrientes de pensamiento silvícola de importancia en el mundo, mucho de su contenido excede de los modos racionales y sistemáticos de conocimiento integrado surgido de la crítica científica actual. La silvicultura hoy sigue teniendo fuertes raíces en tradición, costumbre, legislación y corrientes culturales locales de cada región donde se practica esta forma de guiar a los bosques.

Si meramente se tratara de un proceso racional para generar madera o cualquier otro producto, servicio, o canasta de ellos, o para evitar ciertos riesgos o molestias provenientes de ambientes forestales, la silvicultura en breve plazo tendería a ser reemplazada por esquemas agronómicos como los usados en cultivos perennes, como las huertas frutales. En gran medida, las tecnologías recientes de producción eficiente en plantaciones y en huertas leñosas ya son altamente agrícolas, agronómicas, e incluso agrarias. Esta eficiencia nacida del diseño agronómico anula la viabilidad en el mercado para todos los bosques naturales y artificiales formados con pinos del grupo ponderosa, que es el interés de este documento. Ni la extensión, ni la productividad, ni la estabilidad del proceso productivo de estos bosques podrían compararse con la correspondiente de las especies y regiones altamente competitivas en la escala mundial. Pensar que en Chihuahua o en British Columbia pueda haber plantaciones de pino ponderosa rindiendo anualmente a razón de  $80 \text{ m}^3/\text{ha}$ , es un techo realista para eucalipto, pero inalcanzable para pino ponderosa; el rendimiento comercial en gran escala tendría que ser al menos de  $35 \text{ m}^3/\text{ha}$  anuales para ser competitivo con plantaciones como las brasileñas (Fearnside, 1998).

La historia reciente de la silvicultura mundial apunta a que algo se debe hacer con los millones de hectáreas de bosques naturales como los de los pinos del grupo ponderosa, no solo por ser extensos y esencialmente inagotables, sino por la oportunidad de generar una variada canasta de productos y servicios tanto comerciales como de interés público. Esta oportunidad se dinamiza al combinarla con la filosofía propia de la dasonomía, que a diferencia de la agricultura, pretende no cancelar la variabilidad natural, sino gobernarla. Es en este sentido que la silvicultura deja de ser una estructura de conocimiento estrictamente racional, para

convertirse en una forma de pensar, de hacer, de vivir con las variadas respuestas que grandes extensiones forestales tienen respecto a los estímulos ambientales y a las labores y políticas culturales de la silvicultura.

Otro factor que precisa las cualidades recomendables de los sistemas silvícolas para los bosques donde desarrollan los pinos del grupo ponderosa, es el patrón de tenencia de la tierra. En el caso canadiense y norteamericano, si bien existen formas de propiedad individual y corporativa, el grueso de la superficie forestal con ponderosa es de propiedad pública. En el caso mexicano prácticamente todo el bosque de ponderosa, igual que todo tipo de bosques, es propiedad privada irrestricta, de la cual se tienen dos modalidades: pequeña propiedad (de individuos o familias), y propiedad de grupos (ejidos y comunidades).

La ausencia de propiedad de gran extensión en manos de personas y empresas, o propiedad corporativa multinacional y sobre todo la ausencia de propiedad pública en México imprime fronteras de viabilidad a la silvicultura. Por ejemplo, las limitaciones se ven en el hecho de tener que necesariamente cumplir objetivos de dar dividendos frecuentes al propietario, grupo o persona, haya o no utilidades económicas, e independientemente de las necesidades de inversión y flujo de dinero en efectivo que tenga la empresa. Además, las operaciones día a día de una empresa silvícola mexicana deben ser financiadas con recursos propios o subsidios, no mediante instrumentos del mercado financiero o bancario, como es usual en otros giros económicos. Esto último no es un requisito ni legal ni físico, pero sí es una costumbre que hace innecesario estudiar formas de silvicultura que impliquen flujos de efectivo de muy largo plazo, o requieran aportaciones de capital. Esta situación va de la mano con los fines públicos que la ley y la sociedad esperan del bosque no se podrán dar plenamente sino en la limitada capacidad de la escala de espacio, tiempo y capital del productor silvícola mexicano.

El tipo de tenencia también repercute indirectamente en cierto perfil del silvicultor, y para el caso mexicano, la casi totalidad de silvicultores son los mismos propietarios y poseedores de bosque. Esta función múltiple de ser dueño de la tierra, titular y responsable legal del aprovechamiento forestal, empresario silvícola, gerente de operaciones forestales, obrero forestal y hasta asistente del ingeniero forestal, crea una mentalidad singular donde las decisiones importantes de silvicultura se mezclan

con consideraciones del empresario, la estacionalidad del autoempleo, altibajos en el patrimonio de la empresa, y actitudes erráticas hacia los trámites legales. Los tratamientos silvícolas que se propongan tienen mayor posibilidad de ser realizados cuando combinan criterios múltiples que atienden los varios motivos del productor.

Crear un catálogo de posibilidades tecnológicas silvícolas para los bosques de pinos del grupo ponderosa, en el contexto mexicano en especial, pero también en el resto de subcontinente norteamericano, es un proceso de exploración del conocimiento y la tradición forestal regional que pretende crear jerarquías de lo que es viable y aconsejable hacer con estos bosques en los contextos naturales, culturales y legales que predominan en el escenario actual.

Este trabajo concierne a *Pinus arizonica* Engelm., *P. durangensis* Martínez, *P. engelmannii* Carrière, *P. ponderosa* Douglas ex P. Lawson & C. Lawson, *P. jeffreyi* Balfour, *P. cooperi* B.E. Blanco, así como las especies asociadas en el mismo tipo forestal donde aparecen las especies ponderosa. Más que atender las cualidades taxonómicas, en este documento lo relevante es el comportamiento ecológico, sanitario y productivo de las especies que conviven en bosques del norte de México.

La gran dispersión geográfica natural de las especies del grupo ponderosa ofrece un abanico amplísimo de materiales genéticos, pero usar responsablemente toda esta biodiversidad útil implica cuidados extremos en la selección de especies y origen geográfico de las semillas o propágulos acorde al sitio a donde se desea ponerlos (figura 1).



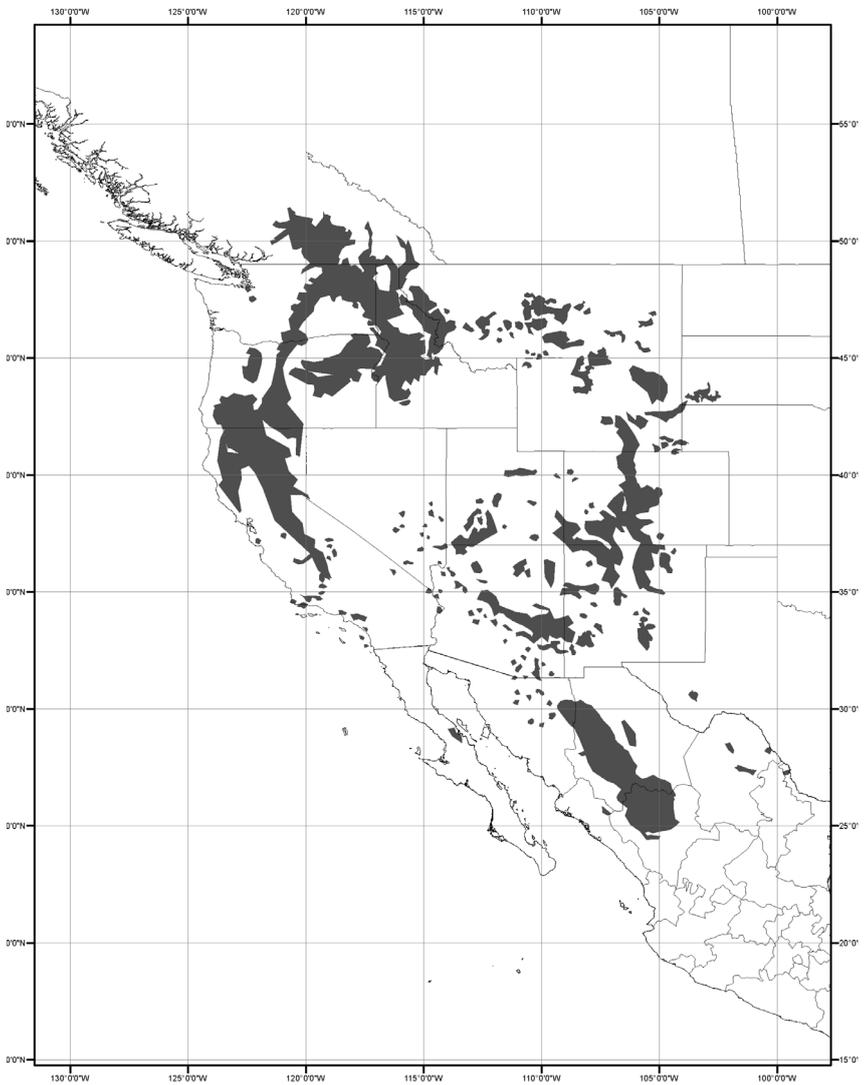
Figura 1. Conos de *Pinus durangensis*.

## DISTRIBUCIÓN Y COMUNIDADES DONDE APARECEN LOS PINOS PONDEROSA

Los ponderosa son parte del elenco de bosques templados de coníferas de las sierras, en especial la Sierra Madre Occidental. *Pinus ponderosa* típico es parte del bosque de pinos costeros de la costa del Pacífico, incluyendo Baja California. *P. ponderosa* var *scopulorum* es abundante como parte de las coníferas mezcladas de las Montañas Rocallosas de EUA y Canadá (figura 2).



A



**B**

Figura 2. Distribución de los bosques de pinos ponderosa en México, A (Inventario Nacional Forestal y de Suelos, CONAFOR, 2012), y Norteamérica, B (Oliver y Ryker, 1990).

La composición de estos bosques cambia con la región. En las Montañas Rocallosas el ponderosa se asocia a otros pinos (Oliver y Ryker, 1990), entre ellos el lodgepole (*Pinus contorta* Dougl. et Loud.), y el pino blanco occidental (*Pinus monticola* Douglas ex D. Don). También es normal ver asociados a los ponderosa a otras coníferas (*Pseudotsuga*, *Picea*, *Tsuga*, *Abies*, *Larix*). La vegetación de sotobosque también es característica de cada región (Daubenmire, 1968).

En la Sierra Madre Occidental el primer ponderosa que aparece del lado norte es *Pinus arizonica* y, gradualmente hacia el sur de la sierra, va combinándose y siendo reemplazado por *P. durangensis*, que a su vez se mezcla con *P. cooperi*. Otras especies asociadas en el dosel arbóreo suelen ser de los géneros *Quercus*, *Arbutus*, *Juniperus*, y pinos como *P. lawsonii*, *P. chihuahuana*, *P. ayacahuite*, principalmente en los sitios más secos, soleados, de pendiente moderada a escarpada. Ocasionalmente se presentan *Pseudotsuga*, *Picea* y *Abies*, en sitios que son mucho más húmedos, protegidos y de topografía quebrada. La mayoría de masas son dominadas por una sola especie, con poca presencia de las otras.

En Chihuahua predomina *Pinus arizonica* en todos los tipos forestales en que vive. En Durango sólo en la parte más septentrional *Pinus arizonica* está presente ocupando algunos sitios ligeramente inclinados, pero de topografía suave. *Pinus cooperi* forma masas cercano a puras en las partes de exposición cenital, sobre todo en las partes más altas de la sierra. En las porciones donde hay pendientes y están un poco protegidas el pino dominante es *Pinus durangensis*. En la porción transicional hacia la zona de pinos pobres (*Pinus lawsonii*, *P. chihuahuana*) y otros taxa de hábitos xéricos (*Juniperus*, *Arbutus*, *Quercus*, *Arctostaphylos*).

Hay en los sitios de mejor suelo masas con fuerte dominancia de *Pinus engelmannii*. Otras coníferas de hábitos méxicos (*Picea*, *Abies*, *Pseudotsuga*, *Pinus ayacahuite*) se encuentran en las barrancas y lugares húmedos y protegidos de los vientos. Los lugares altamente expuestos al sol, sea por exposición sur, o por estar en parteaguas o zonas altamente afectadas por siniestros también predomina la mezcla de coníferas xéricas, junto con *Arbutus*, *Juniperus* y algunos *Quercus*.

## REPRODUCCIÓN

La reproducción es estrictamente por semilla, la cual, luego de ser liberada por conos al abrir, se dispersa por viento gracias al ala de la que van provistas. La distancia extrema de caída de lluvia de semillas es de aproximadamente una altura de árbol (30 m), más la influencia del viento, topografía y obstáculos (Oliver y Ryker, 1990).

La producción de semillas es abundante todos los años, además de presentarse años semilleros con cierta periodicidad (4 a 7 años). No se necesita producción abundante de semilla para repoblar plenamente un sitio, pese a la pérdida que pueda haber por consumo animal. La semilla necesita luz directa del sol para germinar. En la penumbra del bosque es raro que las semillas germinen debido a las diferentes condiciones de calidad de luz que se presenta en suelo forestal.

Los ponderosa, cuando dominan, la misma especie vuelve a ocupar el sitio en eventos de reemplazo de rodal por perturbación natural o tratamientos silvícolas de regeneración, tanto en el caso mexicano como en el caso del ponderosa costero de EUA. En las montañas Rocallosas, ponderosa es sólo una etapa seral temprana (Alexander, 1986) que regresa a lodgepole pine (*Pinus contorta*) si el disturbio o tratamiento es drástico en abrir el dosel ampliamente. En cambio si se dan condiciones de sombra parcial y ambiente más cálido en el suelo, lo normal es que la regeneración que domine sea la de la etapa subsecuente, generalmente formada de abetos como *Pseudotsuga mensiesii* (Mirb.) Franco.

Las plántulas necesitan suelo orgánico y sombra parcial (de 20 a 40 %), humedad abundante, inviernos benignos y suelo mineral fértil a no más de 15 cm de profundidad (figura 3). En ausencia de una capa orgánica se corre el riesgo de que se congele el agua del suelo, matando las plántulas; este fenómeno es más común en las hondonadas donde podría darse inversión de temperatura del aire superficial cuando se ha removido el dosel de arbolado adulto, lo cual indica que para reproducir pinos ponderosa en estos ambientes, es mejor retener una parte considerable de ese dosel (40 a 60 %). Empero, si hay capa orgánica en el suelo y condiciones de cierta pendiente y heterogeneidad del sitio por maleza, rocas o relieve, la reproducción de todos los ponderosas es abundante, generalizada y vigorosa todos los años, incluso con cero cobertura del dosel alto. Usar acolchados aplicados artificialmente

podría de alguna manera subsanar el problema de congelamiento del agua del suelo. El reclutamiento exitoso de brinzales termina en cuanto cierran las copas de los que llegaron primero.



Regeneración exitosa con sombra parcial



Dominancia apical vigorosa

Cama orgánica natural



Acolchado cuando no hay cama orgánica suficiente



Figura 3. Materia orgánica y acolchado somero del suelo mineral, con sombra parcial generan abundante y vigorosa regeneración de *Pinus durangensis* en El Salto, Durango. Fotos: MMendoza.

Las condiciones de grandes aperturas podrían derivar en invasión de pastos y perjudicar el establecimiento del pino y otras especies arbóreas. La apertura más grande donde desarrollan plenamente los pinos ponderosa es de 300 m; si fuera mayor, podrían presentarse fallas en la ocupación y, algunos individuos aislados, se desarrollarían como lobos frondosos, solitarios, prolíficos, profusamente plagados en sus yemas y con un desarrollo de altura menor que árboles comparables del interior del bosque.

La apertura más pequeña donde al menos un brinzal se puede establecer y desarrollar sin impedimentos hasta su máxima dimensión, es de 15 m. Por ejemplo, para *Pinus arizonica* del centro de Chihuahua (zona San Juanito a Creel), la mínima área basal de masas juveniles a maduras que produciría renuevo viable y fuerte es de 6m<sup>2</sup>, aunque el renuevo débil empieza a aparecer a los 12 m<sup>2</sup>. Estos datos permiten elegir un cierto punto extremo de densidad residual en aclareos para no provocar renuevo no deseado.

Para *Pinus arizonica* el mejor renuevo ocurre en ambientes planos o exposiciones sur donde la pendiente fuese menor a 15 %, si bien la especie es suficientemente plástica para regenerarse en cualquier situación de pendiente y exposición (Figuras 4 y 5).



Figura 4. Condiciones sombreadas y su efecto en la ramificación de la copa del renuevo de *Pinus cooperi* en Durango.  
Foto: MMendoza



Figura 5. Condiciones soleadas y su efecto en la frondosidad y vigor del follaje del renuevo de *Pinus cooperi* en Durango.  
Foto: MMendoza.

# CRECIMIENTO

El desarrollo de pinos ponderosa obedece de forma marcada a la disponibilidad de luz. La interferencia entre vecinos empieza poco antes de que las copas se toquen. Los niveles de interferencia pueden ser considerables sin eso provocar muertes debido a la competencia, pero la interferencia tendrá efectos marcados en la arquitectura de la copa pues donde las copas se toquen, ambas dejan de crecer; una rama que esté sombreada irá perdiendo follaje y eventualmente se escindirá en forma natural (figura 6).

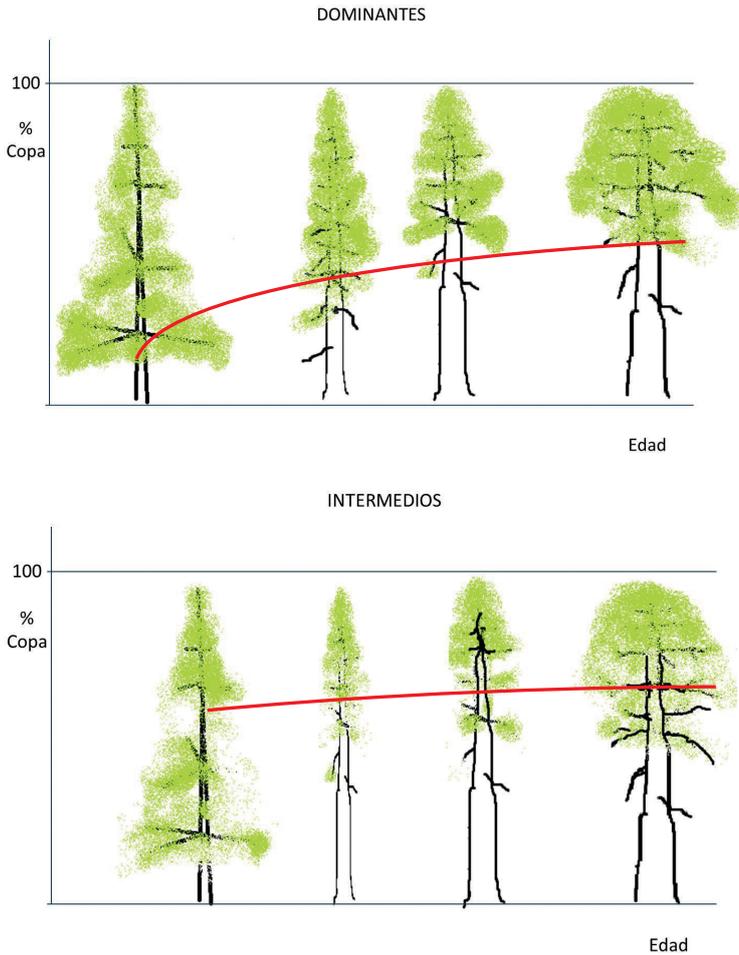


Figura 6. Dominancia a diferentes etapas de desarrollo y su efecto en el porcentaje de copa.

Los árboles que lindan hacia claros permanentes suelen tener copas tipo bandera, o sea con ramas largas y frondosas que persisten sin caer por largo tiempo, pero del lado sombrío tienen copas cortas tanto como los árboles del interior. Este efecto de orilla gradualmente disminuye hacia el interior de la masa densa, perdiéndose a unos 30 m dentro del bosque. Los árboles en esta zona de interfase hacia los espacios abiertos son de menor porte, sufren constantemente de tensión por varios factores ambientales fluctuantes y su anatomía adolece de deformaciones debido a esa tensión (figura 7).



Figura 7. Árboles de orilla de *Pinus arizonica* en Chihuahua. Photo A.Quiñonez.

El crecimiento reportado por investigación concierne sólo a las masas de ambiente interior, y es necesario calcular el monto de área de influencia de los claros permanentes y temporales para deducir estas estimaciones a niveles razonables apropiados al entorno más fluctuante y desfavorable del ambiente de orilla. Lo mismo habrá que hacer con estimaciones de salud, sanidad y riesgos de plagas, enfermedades, daño animal, daño meteorológico y probabilidad de muerte, que son más elevados que en el bosque interior. El manejo de ambientes transicionales y de interfase será a futuro un asunto que la silvicultura deberá desarrollar para ofrecer opciones adecuadas a los objetivos distintos de estos sitios cada vez más frecuentes conforme se va fragmentando el paño continuo de bosque mexicano y estadounidense.

La longevidad extrema de los pinos ponderosa rebasa de 300 años en los ambientes más propicios, pero generalmente es de 150 años en la mayoría de sitios en producción. A esas edades los diámetros más grandes que suelen verse rondan en 1.3 m (Amilcar, 2005), y la densidad máxima en 30 m<sup>2</sup> de área basal (Chacón, 1998).

## MODELOS

Aunque hay una amplia variedad de publicaciones sobre modelado de cualidades cuantitativas de los pinos ponderosa y sus bosques, sólo hay un modelo completo capaz de modelar la respuesta a tratamientos silvícolas, y que responde a los requerimientos de rendimiento decreciente que son indispensables en la evaluación financiera de regímenes silvícola. El modelo en cuestión, llamado Modelo Arizonica, es una calibración de Mendoza (1985), Islas et ál. (1988) e Islas y Mendoza (1989), del modelo Prognosis (Wykoff et ál., 1982), que siendo para coníferas mezcladas de las Montañas Rocallosas, por ello incluye a *Pinus ponderosa* en su cobertura. La adaptación de Mendoza no sufrió ningún proceso de validación, como ha sido el caso, por ejemplo, de SICREMARS (Valles, 2007). En el caso de Prognosis, los elementos estadísticos están expuestos en Mendoza (1985), y su estructura está resumida en el Anexo.

El modelo SICREMARS fue desarrollado por Valles (2007), para *Pinus cooperi* Blanco de la parcela permanente de experimentación silvícola Cielito Azul, San Dimas, Durango. Esta parcela, establecida en 1966 contiene un diseño experimental, con 6 tratamientos de intensidad de corta y 6 repeticiones de una hectárea cada una, con remediciones en 1979, 1982, 1986, 1993, 2004. SICREMARS, aunque es de poca utilidad para los fines de este documento por depender de datos de un solo rodal de edad ya bastante avanzada cuando se estableció, podría ser un referente para futuros modelos que hereden de él cualidades como el meticuloso proceso de construcción, que ha sido suficientemente útil como para justificar hasta la fecha dos versiones, y ha sido validado contra datos independientes. En el Anexo se muestra la versión 2 de SICREMARS.

Aunque aún no está publicado, existe en proceso de construcción un caso notable de modelo para especies múltiples y cobertura regional en Durango, conocido como Sistema Biométrico (Vargas et ál., 2012a, Vargas et ál., 2012b). Al momento se han reportado algunas ecuaciones para la UMAFOR 1006 San Dimas, y UMAFOR 1008 El Salto.

Notable en este modelo, es su cuidadosa construcción estadística, su amplia base de datos de sitios permanentes (aún no remedidos), y análisis troncales, y el riguroso examen de validación. Por ahora lo disponible son las ecuaciones para la cubicación de árboles y trocería en pie, así como ecuaciones para índice de sitio (Anexo).

A falta de modelos de simulación completos y disponibles, sigue siendo práctico usar parámetros preliminares fundados en gráficas de densidad. Para este fin existe publicada una guía de densidad para *Pinus durangensis* (Chacón, 1998), y una versión más actual (figura 8) se ofrece en Centeno (2013). También notable es la tabla de densidad de Zepeda (2011) para *Pinus arizonica*.

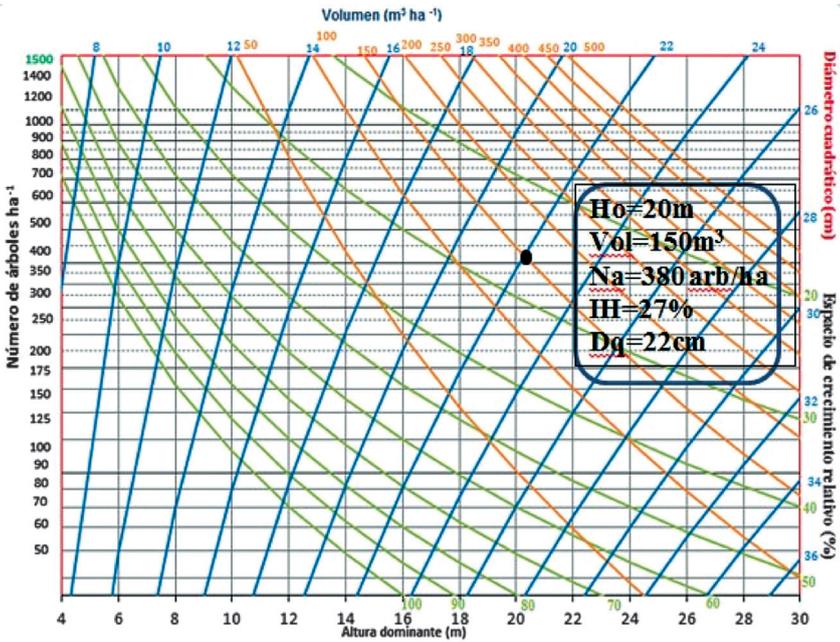


Figura 8. Diagrama de densidad para *Pinus durangensis* del Ejido La Ciudad, Pueblo Nuevo, Durango. Centeno (2013).

## SALUD Y RESILIENCIA

Los ponderosa en su etapa de establecimiento son susceptibles a descortezadores (*Dendroctonus rizophagus* Thomas & Bright) del cuello y partes bajas del fuste.

En sitios de alta densidad o sombreados, el renuevo exhibe deformaciones del desarrollo de copa, las cuales son en parte producto del ambiente, y en parte resultado de los barrenadores de yemas (*Eucosma*). Problemas de yemas y copas redondeadas en juveniles suelen ser comunes en *Pinus arizonica*, como producto de sitios pobres con ausencia de suelo o suelo poco desarrollado, en los cuales además de falta de materia orgánica se sufre de toxicidad de fierro y aluminio. Esta condición es abundante en las mesas de la sierra de Chihuahua.

Todos los ponderosa son susceptibles a descortezadores y barrenadores en su etapa juvenil (latizales), pero es más raro ver estos problemas en fustales maduros. En cambio, los pinos xéricos que están mezclados con los ponderosa, o están en sitios cercanos, son altamente susceptibles toda su vida, tal vez por efecto de la pobreza de los sitios donde predominan estas especies más rústicas.

## ECOLOGÍA DE LOS PONDEROSA

La dinámica de los ponderosa y especies acompañantes puede resumirse en los efectos de gradientes de luz y sombra. Los mejores modelos de simulación silvícola (v.gr. SICREMARS, Sistema Biométrico Dgo), apoyan sus estimaciones de crecimiento en datos de la copa, o variables asociadas. El largo de la copa y otros parámetros que constituyen la parte motriz de los índices de densidad, competencia e interferencia, indirectamente están vinculados a la anatomía de la copa, pero por ser simplificaciones, mucho de su enorme variabilidad estadística ocurre debido a que las cifras no terminan de cuantificar los atributos fundamentales, como por ejemplo la frondosidad o el color del follaje, la simetría de la superficie foliar, su conicidad (dominancia apical), los entrenudos grandes y de dimensiones poco variables, la retención foliar, el ángulo de inserción de las ramas (tiende a caer con la edad), o la poda natural. Los índices, en su mejor expresión, logran captar suficiente del proceso de crecimiento y muerte del arbolado a consecuencia de la aglomeración del arbolado, pero esta cualidad no parece suficiente motivo para fijar criterios silvícolas, y por tanto, a continuación se propone que la explicación de la dinámica de las masas juveniles sea a partir de la diferenciación de copas por efecto de la dominancia en cada dosel presente en la población arbórea, o mezclas de poblaciones de varias especies.

En el caso extremo de que un árbol de cualquier tamaño y etapa de desarrollo dispusiera de tan poco espacio que moriría por competencia con sus vecinos, en menos de ese monto de terreno ocupado, no es posible pensar en viabilidad para la presencia de árboles. El arbolado que ocupa un poco más de terreno podría sostener una copa viable y seguir vivo, pero sin alcanzar el potencial de crecimiento y salud máximos posibles. A mayor espacio libre, la deformación de la copa iría pasando de dominado a intermedio, a codominante, y finalmente dominante. El árbol intermedio sería uno de menor altura que sus vecinos, lo que le permite luz directa sólo unos momentos al medio día, pero las restricciones a su desarrollo horizontal harían de la copa un caso extremo que se reflejaría en una copa marcadamente más corta de lo normal, que sería la copa del dominante. El codominante es en cambio un árbol de la misma altura que el dominante, pero con irregularidades en la expansión de copa por interferencia de los vecinos, deformaciones menores que no afectan su largo normal o frondosidad.

El dominante es el árbol que ha crecido toda su vida libre de obstáculos para expandir sus copa y por tanto tiene la altura máxima que a su edad y sitio se puede alcanzar, su copa es simétrica, cónica o por lo menos con una clara dominancia apical, y los entrenudos son completos en todas direcciones horizontales, tal que la copa sostiene una superficie continua de follaje, simétrica, de proyección redonda sobre el suelo.

La dominancia tiene efecto directo en mortalidad, salud, crecimiento y anatomía del árbol. La dominancia define la calidad del árbol (figura 9). Toda el área de proyección de copa se puede considerar ocupada, y si el árbol es codominante o dominante, o sea, es un árbol de alta calidad, la ocupación se dirá que es plena.

En la medida de que entre los árboles ocurran espacios no ocupados por las copas, éstas crecerán preferentemente en esa dirección. Por ejemplo, será normal que los árboles en masas densas que linden con claros permanentes, los árboles de la periferia tendrán poco o nada de copa del lado interior y sombrío del bosque, y copas largas, incluso hasta el suelo, del lado del claro. Por la exposición a viento y variabilidad ambiental, estos árboles de orilla crecerán menos en altura que el resto del arbolado interior, aún si tuvieran más área foliar que los árboles normales dominantes dentro de la masa.

Los árboles crecidos en abierto, o árboles lobo reciben luz directa mientras está el sol sobre el horizonte, pero su crecimiento en altura es menor que lo normal de su edad debido al desgaste que implica crecer en un ambiente cambiante y hostil. No obstante, los lobos son árboles frondosos, ramudos, con ramas hasta el suelo, generalmente simétricos, y con constantes problemas de barrenación de yemas.

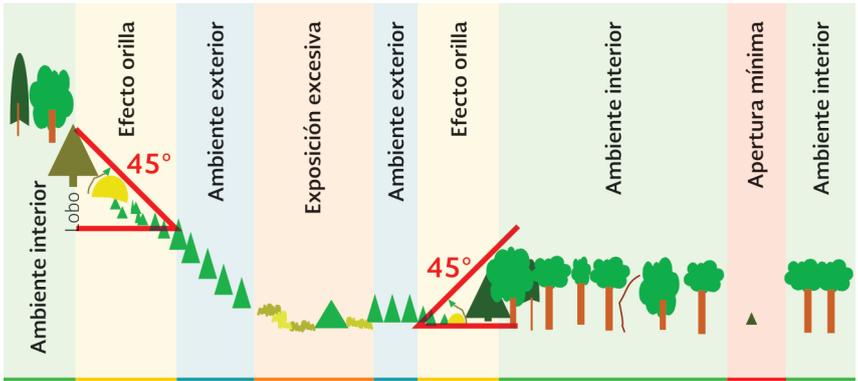
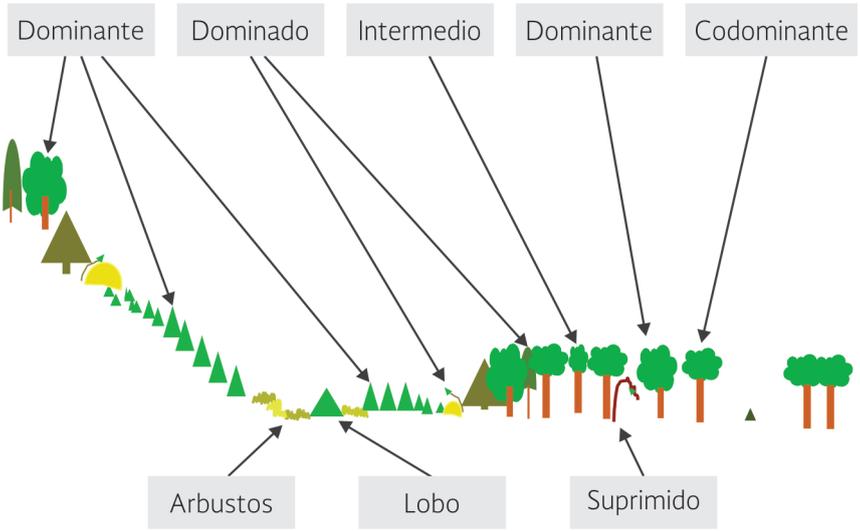


Figura 9. Efecto de orilla y gradiente de exposición a ambientes extremos desde la zona de bosque interior hacia la zona excesivamente expuesta.

Al interior del bosque, cuando hay ocupación plena o aún mayor que plena, la dispersión de semillas en el suelo no permite establecimiento de regeneración, en parte, porque la luz de penumbra activa mecanismos químicos en la semilla que le impiden germinar, y en parte, porque las semillas que llegan a germinar, las plántulas mueren eventualmente. En los pocos puntos donde se filtran rayos de sol, podría establecerse algún individuo, pero desarrollará pobremente; si la condición de este individuo fuera suficiente para sobrevivir muchos años, a veces más de 70, no alcanzará la altura del arbolado maduro nunca, y pasados algunos años (en *Pinus arizonica* 15, en otros 5), será imposible la recuperación del individuo aún si se liberara y tuviera luz y espacio para crecer.

Las copas incompletas, asimétricas, con follaje ralo de color cenizo en lugar del verde intenso del arbolado normal, son indicadores de mal vigor de los árboles sombreados. Examinando de cerca estos individuos y, comparando con los que viven a plena luz solar, las yemas se verán de menor tamaño y la yema apical será similar en tamaño a las de las ramas, lo que, a falta de clara dominancia apical conduce a que las ramas laterales se acerquen o puedan estar más altas que el líder. Las ramillas de arbolado sombreado son más delgadas, oscuras, con brácteas numerosas muy cercanas entre sí, comparadas con las de ramillas en arbolado vigoroso, que están más espaciadas y de color más intenso, naranja o rojizo.

El tamaño más pequeño de apertura de dosel que hace viable a un individuo establecerse y desarrollarse plenamente hasta madurez, es de 15 m, y este es el tipo de espacio recomendable si se quisiera usar silvicultura de selección individual con estas especies. En la medida de que el espacio disponible con luz directa aumenta, más de un individuo se puede establecer, lo cual, debido a la abundancia de semillas y buena cama de germinación, sucede tan pronto alguna apertura de dosel que aparece en forma natural, accidental o prescrita, o sea, los grupos de renovación son coetáneos y con pocas especies dominando, aún si son muchas las especies presentes en el vuelo y en el sotobosque. Tan pronto la regeneración alcance a sombrear el sitio, dejarán de ingresar nuevos individuos al grupo de renovación.

El grupo de brinzales más grande que el temperamento de los ponderosa permite tener, es rumbo de 300 m de ancho, aunque afecta la dirección del viento, la exposición y la capa orgánica del suelo. En claros más grandes, aún si hubiera banco de semillas, o se sembrara o se plantara, se tendrían condiciones adversas en el centro y las plántulas no se establecerán o morirán. Los individuos escasos que logren establecerse en el centro de claros grandes, desarrollarán como árboles lobo.

El papel de la periferia arbolada y las estructuras del terreno, si fuera accidentado, más la presencia de hierbas, arbustos, leña gruesa, hojarasca y capa de materia orgánica en el suelo, hace que esta variabilidad sirva de aislante térmico y de superficie irregular que hace improbable que el agua del suelo se congele cuando la temperatura del aire baja de cero grados Celsius. Sin esta variabilidad el establecimiento de arbolado ocurrirá de forma caótica, y en casos extremos el sitio es invadido y retenido por pastos que impedirán establecimiento de árboles.

## SILVICULTURA RECOMENDADA

Las especies del grupo ponderosa tienen, como se ha descrito arriba, temperamento y comportamiento similares, lo cual no debe hacer olvidar que el grupo cubre buena parte del subcontinente norteamericano y lo lógico es, que las poblaciones estarán adaptadas genéticamente a su entorno local.

En este sentido, lo que sigue es una guía de tipo general para todas las especies, excepto indicaciones que se señalen explícitamente para alguna de ellas. Al usar la guía será importante que los esquemas de la empresa forestal y de las autoridades que dictaminan y que vigilan la aplicación de las normas, lo hagan, cada quien dentro de su esfera de responsabilidad, y permitan que sea el criterio del profesional el que de las precisiones requeridas para prescripciones de situaciones concretas de sitio y objetivos de manejo.

El caso más común de régimen silvícola será el que se describe a continuación, y la especie dominante será la especie local o la especie que se desee introducir y que tenga preferencias por el tipo de latitud, pendiente, exposición, tipo de suelo y elenco acompañante. Por ejemplo, en las mesetas de Chihuahua se esperan ver una docena de especies maderables ampliamente dominadas por *Pinus arizonica*. En la parte alta de la sierra de Durango sería algo similar pero dominaría *P. cooperi* en zona plana, *P. durangensis* en pendientes con buen suelo y humedad. En la parte de transición hacia las encineras y masas de táscate y hacia los valles interiores de Chihuahua y Durango habrá que esperar un régimen similar pero con *P. engelmannii*.

### Regeneración

Las especies del grupo ponderosa, si bien están adaptadas a la región de donde provienen, ostentan una rusticidad y plasticidad amplia que permite exitosamente reproducirlas por varios métodos, y lograr excelentes resultados en producción maderable, así como materializar otro tipo de objetivos de manejo.

Defínase según dicte la regulación de la corta, el monto de superficie a regenerar anualmente, y divídase en tantas cortas de grupo como se desee tener en tamaño. La corta mínima será de 20 m, y la máxima de 200 m de ancho. La forma de la corta puede ser redonda, rectangular o irregular. Se elimina todo el arbolado del dosel superior. En cortas mayores a 60 m se recomienda dejar islas sin cortar conteniendo legados biológicos (especies no comerciales, o arbolado muerto, leña, sotobosque), en una cantidad que puede ser desde 10 % hasta 60 %. Dejar árboles padre o alguna cantidad de dosel superior en calidad de sombra o protección, puede servir para asegurar un reparto más completo de la lluvia de semillas, y también prevenir congelamiento del suelo, empero en el grueso de situaciones de Durango y Chihuahua, el cortar todo el dosel dentro de un espacio limitado que evite condiciones de alta exposición en el centro, es la recomendación por defecto.

La cama de germinación debe tener una capa de más de 2 cm de grueso, pero no más de 15 cm, de humus, hojarasca, y cualquier material orgánico. Se debe dejar de 60 ton/ha mínimo, hasta 150 ton/ha de leña gruesa. No debe haber más de dos manchones de suelo desnudo exponiendo cada uno más de 10 m<sup>2</sup>.

La preparación de sitio es por escarificación de manchones de 2 m<sup>2</sup>. Se prepararán suficientes manchones para cobertura plena cuando el renuevo llegue a madurez. Se incluye en la meta de regeneración la retención de renuevo preexistente y algunos grupos de arbustos o hierbas perennes que hubiere si ellos le dan diversidad al rodal. Opcionalmente la preparación puede ser por fuego, que es recomendable como forma de reducir leña fina y hojarasca excesiva, a fin de tener la meta deseada (2 cm, máximo 5 cm).

Para evitar pasto se debe retener maleza que no sea gramínea, y si hubiera presencia o riesgo de invasión de él, se planeará evitar el uso de fuego y tratar de tener sombra y la mayor densidad posible de arbolado. En sitios invadidos por pasto se puede pensar en preparación mecánica que lo remueva y exponga las raíces al aire.

Para los ponderosa la presencia de muérdago enano (*Arceuthobium*) en cualquier cantidad de arbolado atacado, o severidad del ataque, es inaceptable. En tales casos la corta será en aperturas de más de 70 m, sin un solo árbol infectado remanente. Los renuevos de la orilla serán revisados bianualmente para detectar y podar muérdagos en ellos. El muérdago en masas juveniles o maduras que no estén programadas para regeneración es mejor ignorarlo excepto los árboles que tengan niveles de infestación mayor a 3 en la escala MRS (Geils, *et ál.*, 2002), los cuales deben preferentemente ser cortados en el aclareo más próximo.

Dado que los ponderosa no son tan susceptibles como otros pinos y encinos que lo acompañan, la presencia ligera de muérdagos que no afecte a este grupo es aceptable como modo de retener estructuras y procesos ecológicos normales del bosque.

Los manchones de renuevo de cualquier tamaño se visitan cada 3 años y se prescribe liberación, es decir, cortar los adultos periféricos que sombreen al renuevo antes de que haya efectos de dominancia en ellos y causen daños mayores cuando se derriben.

El arreglo espacial y cantidad de renoveras es el medio para definir estructura de rodal. En casos de manejo intensivo, raramente se pasará de la etapa de iniciación (copas sin tocarse), durante todo el turno, si bien en objetivos de producción de biomasa o celulosa podría dejarse mucho del turno estar en situaciones de exclusión moderada (copas con interferencia parcial que no genere arbolado suprimido). La densidad abierta, pero suficiente para tener una cobertura plena al momento inicial del establecimiento, en especial si se trata de arbolado plantado, puede facilitar conseguir este tipo de objetivos sin tener que aplicar tantas cortas intermedias para regular esa densidad.

Por otra parte, al aplicar repetidamente cortas de regeneración en espacios poco separados, a la larga, en unos 100 o más años, podrá formar estructuras complejas de diversificación las cuales derivarán a masas maduras y viejas. Esto sucederá por acumulación de material leñoso en el suelo y cuando el grueso del inventario nutricional del suelo haya sido movido hacia la biomasa viva y muerta, más la presencia de arbolado de todas dimensiones y algunos con edades cercanas a la longevidad máxima de la especie y sitio, aunque el componente visual

más notorio y distintivo de etapas tardías es la presencia de grupos de renuevo.

## **Cortas intermedias**

La densidad se puede controlar en cualquier etapa que dicte el esquema de regulación de la corta. Se trata de ampliar los espacios de expansión tridimensional de la copa para que todos los árboles remanentes puedan seguir creciendo sin impedimentos hasta el siguiente ciclo de corta, pero no abrir espacios que den lugar a regeneración, a menos que eso sea parte de la prescripción.

En los criterios de marqueo se sigue el siguiente orden de prioridad a dejar:

- ¡ Árboles dominantes y codominantes
- ¡ Cobertura plena (puede excederse, pero no rebasar de 120 % de ocupación),
- ¡ La cobertura mínima aceptable es de 80 %, pero aún en densidades menores se debe cortar algo si hubiera grupos cuyas copas se toquen o los árboles muestren señales anatómicas de interferencia entre ellos.
- ¡ Composición mezclada similar a la normal para el tipo forestal de ese sitio.

Si lo prescribe el régimen silvícola o método de regulación, es posible dejar sin tratar las masas juveniles en forma indefinida, pero no es aconsejable rebasar de densidades que generan individuos intermedios o dominados. Tampoco se debe sobresaturar la masa (>120 %) a riesgo de exponerla a un largo estancamiento por inanición (en especial *Pinus arizonica* y *P. durangensis*. Figura 10), hasta que es transformada por algún factor severo de perturbación, de los cuales los más comunes son los descortezadores y el fuego.



Figura 10. Masa de *Pinus durangensis* de Madera, Chihuahua, en la etapa característica de masa sobresaturada. Foto: A.Quiñonez.

Para fines cuantitativos se puede decir que el régimen de mayor producción, crecimiento y rendimiento maderable para los pinos ponderosa, inicia con una masa de renuevo cubriendo plenamente el sitio, manteniendo el total de la población en niveles de competencia tales que todos los árboles sean dominantes o codominantes. Esta condición podría iniciar a la edad de 3 años en sitios productivos (10 en los menos productivos, pero aún viables para producción maderable persistente), en etapa de monte bravo.

Si hubiera árboles padre, o dosel de protección de cortas sucesivas en zonas de renuevo que han cerrado copas, esta es la etapa más tardía en que debieran removerse para no seguir deteniendo el desarrollo de la masa nueva. La liberación del renuevo incluye cortar los árboles adultos de la orilla ampliando el espacio de desarrollo del renuevo lo suficiente para que incluso los renuevos de la orilla tengan suficiente luz; una altura de árbol sería la distancia razonable de liberación de las orillas.

Tomando como ejemplo *Pinus arizonica* en Chihuahua, el renuevo ya liberado, para iniciar un régimen de máximo vigor, crecimiento y producción de madera, puede sufrir un preclareo con machete dejando rumbo de 12 m<sup>2</sup> de área basal mínima a la edad de 10 años, pero sin haber casos de interferencia fuerte (arbolado de dominancia intermedia) en ningún punto del rodal, no importa si al controlar estos sitios se pudiera bajar de la meta general para el rodal.

A partir de esa edad, dependiendo de la intensidad de manejo, se puede volver a intervenir con aclareos con tanta frecuencia e intensidad de corta como se necesite para mantener el nivel de dominancia entre dominante y codominante, lo cual corresponde a ir aumentando el área basal de 12 m<sup>2</sup> del preclareo, hasta alcanzar entre 20 y 24 m<sup>2</sup> a la edad de 50 años. Dejar ciclos de corta mayores a 15 años en la mayoría de sitios, significaría permitir niveles de interferencia que crearían un estrato intermedio entre los dominantes y codominantes, lo que aparte de abatir la productividad de la masa, la expone a factores como el ataque de defoliadores y barrenadores de yemas, incluso descortezadores y, si se quisiera evitar eso aumentando la intensidad de corta y haciendo más estrictos los criterios de marcaje para retener solo los mejores individuos, habría demasiado espacio desocupado por demasiado tiempo hasta la siguiente intervención. En cambio, si el ciclo fuese menor a 10 años se enfrentaría el problema de bajo volumen de remoción por hectárea en cada entrada, o se estaría descapitalizando la masa para hacer autofinanciables los aclareos comerciales.

Este régimen, pensado para *Pinus arizonica* en sitios fértiles, puede modificarse a escala para sitios pobres y para las otras especies del grupo ponderosa.

Dejar la mezcla completa de especies arbóreas y sotobosque que corresponden al tipo de vegetación propio de los pinos ponderosa, es una política que causa mínima merma a la producción, pero mejora las posibilidades de que más rodales lleguen a niveles altos de productividad y rendimiento maderable porque la mezcla, aunque esté dominada por una o pocas especies arbóreas, será más resiliente a factores de perturbación y, para amplias zonas forestales como las de Durango y Chihuahua, en el plazo largo, la estrategia de masas de buena salud deberá rendir mejores resultados que la política de monocultivo o de bosques simplificados. El dejar una composición similar a la mezcla

inicial, incluyendo el sotobosque, también es un mecanismo genérico que retiene funciones que esas especies tienen; algunas de esas funciones son relevantes a la salud de la masa comercial, como sería el caso de encinos, ailes y otras especies cuya presencia permite en el suelo un mejor balance nutricional y de sus cualidades eléctricas y acidez. En el caso de herbáceas, presencia de algunas como los helechos indica una situación más favorable para el arbolado de pino por balancear la química del calcio y otros elementos nutricionales. Recurrencia de fuego y otras políticas silvícolas con su influencia también modulan muchas de estas funciones, por lo que las prescripciones de tratamientos principales y complementarios deben considerar estas interacciones.

Estas indicaciones abarcan los elementos suficientes para el manejo de los ponderosa en todas las calidades de estación cuando el propósito es de eficiente producción maderable, o de minimizar riesgos y fluctuaciones respecto a masas mezcladas sanas, vigorosas, aptas para producción múltiple. Para fines distintos es esperado que el profesional use su criterio y experiencia para modificar parámetros y adecuar las labores a los fines concretos y a las situaciones que enfrente. Por ejemplo, en el caso de buscar mantener la mayor cantidad de escenas sucesionales y sus servicios ambientales, se podría tolerar una carga elevada de biomasa por varios siglos hasta ir conformando suficientes rodales de etapas sucesionales tardías. En este caso, se podrían lograr eventualmente áreas basales cercanas al máximo conocido que, para los pinos ponderosa, ronda en 45 m<sup>2</sup>/ha (Schubert, 1974). Esta cifra contrasta con las áreas basales en bosques productivos, que en las mejores calidades de estación estaría llegando a rumbo de 30 m<sup>2</sup>/ha, a la edad del turno de máximo rendimiento medio, y tal vez 16 m<sup>2</sup>/ha en los sitios pobres que se consideren aún maderables comerciales.

Si la producción maderable tuviera un lado financiero que fuese prioritario, las densidades máximas y turnos de máximo rendimiento medio bajarían a lo recomendado para el ambiente financiero esperado, que para fines de bosques en México implica plazos largos (>30 años), con tasas reales de descuento entre 1 y 5 % anual, lo cual reduce el turno físico de rumbo de 50 años a alguna cifra entre 15 y 35 años, y correspondientemente, se verían diámetros finales bajar de 40 a 25 cm en las mejores calidades de estación.

## **Fuego**

Los ponderosa están adaptados a fuego moderado, y el régimen de recurrencia suele ser menor a 5 años. El profesional deberá considerar variaciones alrededor de esta cifra para adecuar a las condiciones precisas que se estén manejando, en el entendido de que la recurrencia reportada que se considera normal va desde uno a 15 años.

Hay que prescribir quemas si el fuego espontáneo tuviera un régimen más esporádico. La meta a dejar es de consumir todo el combustible de 10 y 100 hr, nada del combustible más grande, y dejar de 5 a 2 cm de hojarasca, sin agregar nada de suelo expuesto y menos sitios calcinados.

En el evento de incendios severos extensos, el arbolado morirá pero el establecimiento de renuevo será abundante, de alta calidad y pronto cubrirá el sitio quemado sin necesidad de mejoramiento al sitio. Las labores al suelo sólo se deben contemplar para aquellos puntos quemados donde, debido al fuego, se haya generado serio potencial de erosión, o de afectación a estructuras o intereses del productor.

## **Saneamiento**

Las labores de saneamiento serán las indicadas por la autoridad sanitaria cuando se haya ordenado atender algún brote detectado. Fuera de eso, el manejo de la salud forestal será en forma preventiva mediante los tratamientos silvícolas y calendarios de corta definidos para fines de producción comercial.

## ATENCIÓN A RECURSOS ASOCIADOS

El cuidado de la biodiversidad en bosques maderables en producción implica atención a varios niveles:

- ¡ Ver que las especies, poblaciones y procesos ecológicos propios del tipo forestal y de las etapas sucesionales productivas estén presentes, y estar pendiente de que las labores silvícolas no estén limitando la presencia, abundancia o funcionalidad de esos valores asociados.
- ¡ Armonizar las acciones en el bosque en producción con las intenciones de acciones en los terrenos vecinos en relación a las poblaciones, especies, paisajes y procesos ecológicos.
- ¡ Especial atención debe darse a designar el borde del bosque como zona transicional con el más bajo nivel de visibilidad posible con los materiales que lo forman (arbustos, hierbas altas, arbolado ramudo).
- ¡ Cuando exista interés del titular del aprovechamiento forestal en procesos ecológicos o especies que sólo ocurren en escenas sucesionales tardías, o cualquier otro escenario no productivo, podrá reservarse una porción del predio para desarrollar en él la secuencia sucesional hasta lograr suficiente presencia de esas especies, procesos y paisajes.

Por el momento (2012) se considera emblemáticas las siguientes especies, aunque no son habitantes cotidianos del bosque de pinos ponderosa, sino vecinos y usuarios ocasionales de cubierta vegetal térmica, perchas y otros recursos del bosque:

- ¡ Cotorra serrana (*Rhynchopsitta pachyrhyncha*)
- ¡ Gorrión serrano (*Xenospiza baileyi*)
- ¡ Lobo (*Canis lupus baileyi*)
- ¡ Oso negro (*Ursus americanus*)
- ¡ Carpinteros (*Picidae*)

No hay prescripciones específicas para cuidar de las especies emblemáticas, fuera de la política general de mantener amplios espacios continuamente arbolados y en condiciones cercanas a silvestres.

Por resultados de los estudios arqueológicos, se sabe que los habitantes americanos prehispánicos mantenían regímenes de fuego frecuentes en los bosques de los ponderosa, dando lugar a bosquetes de arbolado de grandes dimensiones, cortezas gruesas aislando térmicamente y permitiendo al árbol sobrevivir al fuego rasante. Entre los grupos arbóreos, debido al fuego y abundante luz se propició la presencia de gramíneas. Este entorno es propicio a venados y otros grandes herbívoros, que a su vez atraían grandes depredadores, y esta fauna tiene una gran importancia cinegética que podría alentarse si a cambio se sacrificara la productividad maderable, que en aquellos tiempos era esencialmente irrelevante comparada con el valor de la fauna. El arbolado de grandes dimensiones podría tener hoy un alto valor y productos que son de alta calidad maderera y alta apreciación por parte del mercado, pero su largo lapso de gestación y escaso inventario en pie, los haría no competitivos respecto a los regímenes más eficientes de tipo técnico o financiero si se sostuviera sólo en el objetivo maderable.

El reducir de forma importante, más del 50 % la cobertura del suelo por parte del arbolado, y permitir el establecimiento de gramíneas anuales y perennes, especialmente si se les ayuda con fuego frecuente, ligero y superficial, también tendría como resultado un aumento de la cosecha potencial de agua limpia de alta calidad para casi cualquier fin (consumo humano, uso doméstico, industrial, recreación en cuanto a pesca, natación, y otros usos). En la medida de que se mantienen regímenes silvícolas de uso pleno del sitio, la cosecha de agua disminuye exponencialmente y merma la calidad del líquido, aumentando la variación estacional.

## RESILIENCIA

Los bosques de ponderosa son comunidades con un acervo genético sumamente variado que exitosamente ha colonizado una amplia porción de las sierras del subcontinente norteamericano. Esta riqueza genética permite, si fuese manejada intencionalmente, acomodarse a muchos de los cambios ambientales naturales y provocados, como es el caso particularmente preocupante hoy en día del cambio climático mundial.

Los bancos de germoplasma como el sostenido en Oregon, EUA serán importantes como opciones de adaptación a factores de perturbación que excedan las capacidades de los bosques naturales (Ryan, 2012). La plasticidad y rusticidad de los pinos del grupo ponderosa los hace buenos candidatos para usar en plantaciones para recuperar sitios degradados. En el caso de ambientes transicionales y zonas bajas de la sierra, así como en los sitios con situaciones de suelo sin materia orgánica o con problemas de erosión, sería preferible usar alguna otra de las especies arbóreas que son parte del elenco de especies del bosque de los ponderosa; quizá *Pinus engelmannii* podría ser el único ampliamente recomendable para reforestar sitios difíciles en especial en las zonas transicionales hacia el bosque de táscate de Chihuahua y Durango.

Cuando los sitios a reforestar son pequeños (menos de 10 ha), y las condiciones del suelo aún tienen algunos recursos o islas de fertilidad (p.ej. legados), todos los ponderosa son excelentes opciones para devolver en poco tiempo la cubierta maderable productiva y la calidad genética de las poblaciones degradadas. Este fenómeno es especialmente serio en Chihuahua por lo extenso de las mesas donde el bosque se ha venido conformando de arbolado decrepito, de bajo vigor, severamente afectado por barrenación de yemas (eso indica pobre condición nutricional del suelo). También en Durango es común ver sitios ocupados por bosques a menos de su densidad llena, y donde el arbolado es demasiado viejo y decrepito para su tamaño, y en esos lugares el aplicar tratamientos de reemplazo de rodal es altamente deseable. En ese momento se abre la oportunidad de mantener la mezcla de especies pero enriquecer genéticamente las especies deseables plantando material de alta calidad genética, incluso planta proveniente de semillas superiores de huertos semilleros locales.

En estas recomendaciones es conveniente terminar repitiendo algo de gran importancia: El uso de semillas y otros materiales genéticos para plantar debe cuidar que los caracteres de este material estén acordes a la ecología del sitio de plantación, y también es altamente deseable dar su debido lugar a la vegetación de sotobosque y arbórea local que esté preestablecida, evitando depender por entero del desempeño del material plantado.

## TENDENCIAS EN LA SILVICULTURA DE LOS PINOS PONDEROSA

Diversas crónicas coinciden en que los bosques dominados por pinos del grupo ponderosa fueron, para el caso mexicano, el sitio donde, a principios del siglo XX, inició la actividad silvícola industrial, sistemática, tecnificada. La influencia principal fue de empresas norteamericanas, especialmente algunas con base en Oregon, que además de traer tecnologías como los aserraderos de grandes dimensiones y rendimiento, uso de ferrocarril y cables tirados por máquinas de vapor, y sobre todo la motogrúa, también fueron fundamentales en la creación de oficios en el monte, la administración, las políticas públicas, la ciencia, educación y cultura forestal de todo México.

Por más que las decisiones tecnológicas y silvícolas de los pioneros fueron atinadas en cuanto a operar de forma continua y duradera, la situación mexicana ha sido caracterizada por su rechazo a los procesos de innovación hasta que la realidad llega a niveles extremos que obligan a los cambios. Mucho del propósito de este documento pretende sumar elementos y argumentos para una forma más ágil de constantemente cuestionar la validez y el tino de las decisiones que estamos tomando con el bosque.

En su momento, en los tiempos del método mexicano de ordenación de montes y sus antecesores, fue inteligente regular al bosque como una masa amorfa, poco menos que un almacén a cielo abierto que contenía materias primas industriales y donde la política fundamental, complicada, o meramente arbitraria, consistía en definir un ritmo de extracción de esas materias primas, y a ratos también, cuando había más de una opción, seleccionar las regiones y la secuencia de acopio de madera para llevarla a centros de procesamiento. Hoy, nuestro sistema

económico, nuestro conocimiento científico, la cantidad de información sobre el bosque, su dinámica y su variabilidad, así como nuestras capacidades tecnológicas hacen irracional continuar preocupándonos por dividir el bosque en rodales, series de ordenación, estimar existencias maderables, incrementos, rendimiento, posibilidad y demás controles que en el pasado permitían afirmar cuándo un bosque estaba siendo conducido legalmente.

Pensar que los árboles a cortar deban ser marcados, medidos en el sitio, y otra vez medirlos en cada fase de su extracción y transporte, son atavismos del pasado que impiden el poder usar los avances de la silvicultura y la tecnología que hoy tenemos en la mano, la cual demanda agilidad, aprovechar oportunidades del momento, y sobre todo, se funda en conocimiento firme de los procesos biológicos, más que los cuantitativos para definir acciones que deban hacerse, y donde no es suficiente tener un resultado en cifras de producción, productividad, permanencia del bosque o del flujo de remoción de sus productos, además es requerido que las muy variadas respuestas de la variabilidad forestal puedan ser conocidas y aprovechadas por los variados usuarios o afectados.

Es también importante dejar en el pasado las preocupaciones como las de pensar en reponer lo perdido en cada sitio donde desaparezca su cubierta arbórea o tenga problemas de erosión, o sufra daños por siniestros como fuego, huracanes, insectos, hongos, fertilidad del suelo, daño por fauna o ganado, daño por descuido en la extracción. Las perturbaciones son parte necesaria del funcionamiento del bosque, y son la máquina que mueve los cambios que mantienen la existencia del bosque. Como resultado de los cambios que vienen con la perturbación, nuevos elementos en el terreno ofrecen nuevas vías para el avance de la dinámica forestal. En estas vías volver al estado anterior, aun siendo posible, no es lo común y raramente es lo deseable.

Hoy es necesario ser consistentes y sobre todo ser responsables en la gestión forestal ante las instancias de autoridad, tanto lo que implican los derechos de propiedad del productor, como los intereses generales del público en el bosque y en la gente del bosque. Para eso muchas prácticas silvícolas del pasado es mejor que sean motivo de nuevos y perennes mecanismos de revisión y actualización.

Sería deseable aceptar que debe haber adecuaciones importantes para ubicar en las realidades locales las situaciones teóricas o los hechos conocidos de otras partes del mundo.

Las recomendaciones de este documento que implican abrogar normas injustas, viejas costumbres y procedimientos silvícolas inútiles, ocurren en todo el espectro de acción silvícola. Considérese el caso de que los pinos ponderosa son en extremo plásticos, rústicos, resilientes, y que están adaptados a muchos ambientes distintos desde Canadá hasta México. Estos pinos conviven con un elenco finito y específico de flora y fauna pero no en todas partes al mismo tiempo. Los tratamientos que puedan ser dependientes de la dinámica del momento en sitios concretos debieran ser fácilmente aplicados sin pedir que tales acciones deban estar programadas y autorizadas con años de antelación.

La liberación, por ejemplo, debiera darse cuando el arbolado adulto remanente o de la orilla de la zona de reoveras empiece a ser una amenaza sombreando al arbolado meta, que en este caso se entiende es el piso bajo. Esto podría ocurrir a un año de haber aplicado la corta de regeneración, pero si tomara veinte años para muchos sitios sería todavía un evento normal que no implica ni fracaso del tratamiento ni necesidad de acelerar el resultado buscado. Los tiempos naturales en bosques templados como los bosques donde viven los pinos poderosa son lentos relativo a la dinámica de la gran mayoría de bosques mexicanos. Es normal que pasen diez o más años sin ver los cambios deseados, pero no todo, de hecho más bien poco es atribuible a la técnica silvícola o el talento del silvicultor y sus asesores dasonómicos. Así mismo, las evaluaciones del éxito de las labores de regeneración o de plantación de complementación, no necesitan ser a partir del éxito de la sobrevivencia, sino a partir de la ocupación productiva de cada espacio de terreno apto; o sea, evaluar regeneración no evalúa regeneración sino espacios que puedan administrativamente calificarse de fallas remediables. No importa el número de renuevos de la especie deseada, lo que importa es que haya cobertura suficiente de los espacios disponibles; tener muchos renuevos indica un tratamiento fracasado, no indica éxito.

Dejar espacios sin ocupar es válido si los espacios de micrositio no fuesen propicios, o si el proceso pueda tomar varios años o décadas completarse, pero también es válido tener espacios en ambiente de orilla arbolada o tener pequeños y grandes claros para fines de sostener otra vegetación, otra fauna, otros recursos y otros procesos forestalmente importantes.

El éxito de la mejor silvicultura nunca podría definirse a partir del crecimiento, rendimiento o reproducción de los pinos o cualquiera otra especie maderable. El éxito de la mejor silvicultura ocurre cuando la dinámica del sitio, del rodal, del bosque y de la región, tiene explicaciones tales que no hay acciones mejores que podamos hacer costo eficiente, que puedan cambiar la secuencia de escenarios que se hayan dado o que sea inminente que ocurra, por otra secuencia u otro rumbo general que tome el bosque y que tenga mejor aceptación a los varios grupos de personas que son parte de la actividad forestal o son afectados por ella, incluyendo al siempre olvidado consumidor final de la madera.

En suma, la cualidad esencial que diferencia la silvicultura de los pinos del grupo ponderosa hoy, respecto a lo que se viene practicando hasta ahora, es que son muchos los métodos y sistemas silvícolas biológicamente viables, cada uno ofreciendo cierta canasta de resultados y diversos productos, y cierto margen de variabilidad espacio temporal.

Esta riqueza de potencialidades silvícolas hoy está disponible, limitada tan solo por la tradición y la lentitud de cambio en el marco legal.

## LITERATURA CITADA

Alexander, Robert R. 1986. Ponderosa pine forests in the Front Range of the Central Rocky Mountains. General Technical Report RM-128. Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station, Fort Collins, CO USA 22p.

Amilcar Canul Tun, Sergio. 2005. *Pinus arizonica* Engelm. Monografía, División de Agronomía, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo Coah. 87p.

Centeno Deras, Judith Jezmin. 2013. Diagramas de manejo de la densidad para *Pinus cooperi* y *Pinus durangensis* en Durango, México. Seminarios de Postgrado. Universidad Autónoma de Nuevo León. Linares, NL Méx. [http://www.fcf.uanl.mx/sites/default/files/files/Ing\\_%20Judith%20Jezmin%20Centeno%20Deras,%203er\\_%20Nivel.pdf](http://www.fcf.uanl.mx/sites/default/files/files/Ing_%20Judith%20Jezmin%20Centeno%20Deras,%203er_%20Nivel.pdf). Consultado 28sep2014.

Chacón, S, J. 1998. Aclareos en *Pinus durangensis*. Tecnología Llave en Mano del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Madera. Chihuahua, México, p65-70.  
CONAFOR 2012. Inventario Nacional Forestal y de Suelos, informe de resultados 2004-2009. Comisión Nacional Forestal, Zapopan, Jal., 173p.

Daubenmire, Rexford F. 1968. Plant communities: a textbook of plant synecology. Harper & Row, New York, 300p.

Islas Gutiérrez, F.; Mendoza B.,M.A.; Rendón S., G. 1988. Un modelo de regeneración para *Pinus arizonica* Engelm. en el Municipio de Bocoyna, Chihuahua. Agrociencia 72:153-163.

Islas Gutiérrez, F.; Mendoza B.,M.A. 1988. Modelos de regeneración y mortalidad para *Pinus arizonica* Engelm. Ciencia Forestal 14(66):34-43.

Fearnside, P.M. 1998. Plantation forestry in Brasil: projections to 2050. Biomass and Bioenergy 15(6):437-450.

Geils, Brian W.; Cibrián Tovar, José; Moody, Benjamin (tech. cords.) 2002. Mistletoes of North American Conifers. Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR-98, Rocky Mountain Research Station, USDA Forest Service, Ogden, UT USA 123p.

Mendoza Briseño, Martín Alfonso. 1985. Response of ponderosa pine stands with a history of selective management to simulated even-aged and uneven-aged silviculture. Ph.D. dissertation, University of Washington. Seattle, Wa., USA, 172p.

Oliver, William W., Ryker, Russell A. 1990. Ponderosa pine. In: Silvics of North America: 1. Conifers: 2. Hardwoods. (Burns, Russel M., Honkala, Barbara H. tech. coords). Agriculture Handbook 654. USDA FS, Washington DC, 2 vols, 877p. [http://www.na.fs.fed.us/spfo/pubs/silvics\\_manual/table\\_of\\_contents.htm](http://www.na.fs.fed.us/spfo/pubs/silvics_manual/table_of_contents.htm)

Ryan, Catherine. 2012. Foresters give unique Oregon ponderosa pine a lifeline. *Pinus ponderosa* var. *willamettensis* wet sites specialist Oregon Dept of Forestry. The Forestry Source 01dic2012 Society of American Foresters. Bethesda MD USA.

Schubert, Gilbert H. 1974. Silviculture of southwestern ponderosa pine: the status of our knowledge. Research Paper RM-123, USDA FS Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station, Fort Collins, CO, USA, 71p.

Valles G., A.G. 2007. Modelos biométricos que conforman a SICREMARS versión 2.0. Libro Científico 1. Campo Experimental Valle del Guadiana, Centro de Investigación Regional Norte Centro, Instituto de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Durango, Dgo. 167p.

Vargas L., B.; Cruz C., F.; Corral R., J.J. 2012a. Validación y calibración del sistema biométrico utilizado en la elaboración de los programas de manejo forestal sustentable de la UMAFOR 1006 "San Dimas". Unión de Permisionarios de la Unidad de Conservación y Desarrollo Forestal No.4 La Victoria – Miravalles SC. Instituto Forestal El Salto. El Salto, Durango, 51p.

Vargas L., B.; Cruz C., F.; Corral R., J.J.; Lujan S., J.E. 2012b. Validación y calibración del sistema biométrico utilizado en la elaboración de los programas de manejo forestal sustentable de la UMAFOR 1008 “El Salto”. Agrupación de Silvicultores Región El Salto S.C., Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Juárez Autónoma del Estado de Durango, Instituto Forestal El Salto. El Salto, Durango, 45p.

Wykoff, William R.; Crookston, Nicholas L.; Stage, Albert R. 1982. User's Guide to the Stand Prognosis Model. General Technical Report INT-122, Intermountain Forest and Range Experiment Station, USDA Forest Service, Ogden UT USA 113p.

Zepeda Bautista, Ernesto Marcelo. 2011. Manual de campo para la aplicación de aclareos en bosques naturales. Comisión Nacional Forestal, Universidad Autónoma Chapingo, Zapopan, Jal. 95p.

## ANEXO

### Parámetros de modelos silvícolas

#### Prognosis

En el caso de Prognosis, los elementos estadísticos están expuestos en Mendoza (1985), Islas *et ál.* (1988), Islas y Mendoza (1989). Su estructura es como sigue:

CONCEPTO	VARIABLE	UNIDADES
diámetro	D(t)	Cm
diámetro sin corteza	DIBARK(t)	Cm
corteza inicial	BARKI(t)	Cm
corteza final	BARKF(t)	Cm
altura	H(t)	M
proporción de copa	CR(t)	.
área basal de los árboles mayores	BAL(t)	m <sup>2</sup> /ha
volumen	V(t)	m <sup>3</sup>
número de árbls	N(t)	árboles/ha
número de árboles residuales	RESIDUALN(t)	árboles/ha
número de árboles final	NF(t)	árboles/ha
diámetro final	DF(t)	Cm
diámetro final sin corteza	DIF(t)	Cm
altura final	HF(t)	M
proporción de copa final	CRF(t)	.
incremento del cuadrado del diámetro sin corteza	DDS(t)	cm <sup>2</sup> /década
proporción del incremento actual respecto al incremento potencial	DDSRATIO(t)	.
exposición	ASP	grados (azimuth)
área basal	BA	m <sup>2</sup> /ha
factor de competencia de copas	CCF	.
distancia al brinjal más cercano	DISTANCIAR	m
microtopografía	MICROTOPO	clases
distancia al muerto más cercano	DISARMU	m
diámetro normal del muerto	DIAMUER	cm
pendiente	PENDIENTE	tasa 0 a 1

# ECUACIONES

## Diámetro

$$DF(t) = DIF(T) + 2 * BARKF(t)$$

$$BARKF(t) = B0 + B1 * DIF(t)$$

$$DIF(t) = ((D(t) - 2 * BARKI(t))^2 + DDS(t))^{0.5}$$

$$BARKI(t) = B2 + B3 * D(t)$$

$$DDS(t) = \exp(D0 + D1 * \ln(D(t))) + D2 * CR(t) + D3 * BA + D4 * BAL(t) + D5 * \cos(ASP + 45)$$

## Incorporación

$$DF(t) = I1 * (H(t) - 1.3)^2 + I3 * CCF$$

## Radio de copa

$$CR(t) = 100 / (1 - \exp(C0 + C1 * D(t) + C2 * H(t) + C3 * BAL(t) + C4 * CCF))$$

## Altura

$$H(t) = 1.3 + 30 * (1 - \exp(H1 * D(t)))$$

## Volumen

$$V(t) = \exp(V0 + V1 * \ln(D(t)) + V2 * \ln(H(t)))$$

## Mortalidad

$$DISARMU = M0 + M1 * \ln(DIAMUER) + M2 * BA + M3 * BAL + M4 * PENDIENTE$$

## Regeneración

$$DISTANCIAR = R0 + R1 * BA + R2 * PENDIENTE + R3 * \tan(PENDIENTE) * \cos(EXP) + R4 * MICROTOPO$$

COEFICIENTE	VALOR
-------------	-------

#### DIÁMETRO

D0	0.242244
D1	1.072181
D2	0.017757
D3	-0.00328768
D4	-0.00923676
D5	-0.050792

#### COPA

C0	-0.676244
C1	-0.037331
C2	0.102465
C3	0.024711
C4	0.030866

#### ALTURA

H1	-0.018719
----	-----------

#### INCORPORACIÓN

I1	3.506726
I2	-0.16543
I3	-0.614957

#### CORTEZA

B0	0.840315
B1	0.050323
B2	0.668876
B3	0.049669

COEFICIENTE	VALOR
<b>VOLUMEN</b>	
V0	-9.88106
V1	1.89294
V2	1.04399
<b>MORTALIDAD</b>	
M0	3.67155
M1	0.921912
M2	-0.031269
M3	-0.00270162
M4	-0.010963
<b>REGENERACIÓN</b>	
R0	-0.047007
R1	0.01511
R2	0.227216
R3	8.67727
R4	3.175519

Sistema Biométrico Durango (Vargas et ál. 2012a, Vargas et ál. 2012b). Al momento se han reportado ecuaciones para la UMAFOR 1006 San Dimas, y UMAFOR 1008 El Salto.

### **Volumen aéreo del árbol (incluyendo ramas)**

modelo Schumacher Hall  $V=V0*DIAM^{\wedge}B1*ALT^{\wedge}B2$

Donde:

V volumen en m<sup>3</sup>

DIAM diámetro normal en cm

ALT altura en m

PARÁMETROS		UMAFOR 1008 El Salto				UMAFOR 1006 San Dimas			
GÉNERO	ESPECIE	B0	B1	B2	B0	B1	B2		
<i>Arbutus</i>	<i>xalapensis</i>				0.000138	1.730885	0.892647		
<i>Juniperus</i>	<i>depeana</i>				0.0000975	1.775347	0.923794		
<i>Juniperus</i>	<i>spp</i>	8.30E-05	2.044274	0.638487					
<i>Pinus</i>	<i>ayacahuite</i>	5.88E-05	2.034639	0.824474	0.0000937	1.803136	0.941335		
<i>Pinus</i>	<i>cooperi</i>	5.95E-05	2.108934	0.789586	0.0000707	1.957736	0.91877		
<i>Pinus</i>	<i>douglasiana</i>	6.42E-05	2.179859	0.6778					
<i>Pinus</i>	<i>durangensis</i>	6.31E-05	1.946566	0.943014	0.0000664	2.058659	0.804969		
<i>Pinus</i>	<i>engelmannii</i>	5.40E-05	2.095956	0.837872	0.0000697	2.143843	0.69505		
<i>Pinus</i>	<i>herreriae</i>	7.02E-05	2.119965	0.699548	0.000103	2.047917	0.665471		
<i>Pinus</i>	<i>leiophylla</i>	4.93E-05	2.044614	0.923022	0.0000678	1.979829	0.882221		
<i>Pinus</i>	<i>lumbholtzii</i>	6.72E-05	2.268043	0.56673	0.0000947	2.136532	0.561264		
<i>Pinus</i>	<i>maximinoi</i>	5.89E-05	2.086931	0.797988					
<i>Pinus</i>	<i>michoacana</i> ( <i>devoniana</i> )	5.32E-05	2.0629	0.878615					
<i>Pinus</i>	<i>ocarpa</i>	9.22E-05	2.092287	0.653552					
<i>Pinus</i>	<i>spp</i>				0.0000696	2.256206	0.528622		
<i>Pinus</i>	<i>teocote</i>	6.39E-05	2.049661	0.826279	0.0000864	1.96658	0.814182		
<i>Quercus</i>	<i>durifolia</i>	0.000063417	2.108715	0.759205					
<i>Quercus</i>	<i>rugosa</i>				0.0000412	2.17234	0.797945		
<i>Quercus</i>	<i>sideroxyla</i>	6.16E-05	2.055746	0.775832	0.000076	1.881905	0.937748		
<i>Quercus</i>	<i>spp</i>				0.000093	2.087803	0.603266		

## Cubicación de trocería

Modelo Fang:

$$d=c(1)*\sqrt[k-b(1)]{H^{(k-b(1))/b(1)}*(1-q)^{(k-\beta)/\beta}*\alpha(1)^{(l(1)+l(2))}*\alpha(2)^{l(2)}}$$

$$v=c(1)^2 * H^{(k/b(1))} * (b(1)*r(0) + l(1)+l(2))*(b(2)-b(1))*r(1) + l(2) * (b(3)-b(2))*\alpha(1)*r(2) - \beta*(1-q)^{(k/\beta)} * \alpha(1)^{(l(1)+l(2))} * \alpha(2)^{l(2)}$$

$$V= a(0)* D^a(1) * H^a(3)$$

Donde:

v = volumen comercial de trocería con diámetro menor de r(1) y mayor r(2) en centímetros, volumen metros cúbicos

V= volumen total árbol metros cúbicos

D= diámetro normal cm

H= altura total m

$$p(1)=h(1)/H$$

$$p(2)=h(2)/H$$

GÉNERO	ESPECIE	UMAFOR 1008 El Salto											
		A1	A2	A3	B1	B2	B3	r(1)	r(2)				
<i>Alnus</i>	<i>xalapensis</i>												
<i>Juniperus</i>	<i>depeana</i>												
<i>Juniperus</i>	<i>spp</i>	8.60E-05	1.885737	0.801547	8.64E-06	2.86E-05	2.68E-05	0.05049	0.0423				
<i>Pinus</i>	<i>ayacahuite</i>	6.38E-05	1.937323	0.896294	5.84E-06	3.46E-05	3.04E-05	0.5323	0.27669				
<i>Pinus</i>	<i>cooperi</i>	5.80E-05	1.965243	0.946191	7.05E-06	4.35E-05	3.09E-05	0.72332	0.36448				
<i>Pinus</i>	<i>douglasiana</i>	6.26E-05	1.991174	0.873578	7.62E-06	4.01E-05	3.16E-05	0.63654	0.30562				
<i>Pinus</i>	<i>durangensis</i>	6.52E-05	1.926791	0.936791	6.21E-06	4.16E-05	2.99E-05	0.67337	0.30463				
<i>Pinus</i>	<i>engelmannii</i>	6.22E-05	1.911384	0.973275	9.34E-06	4.09E-05	3.03E-05	0.04951	0.08992				
<i>Pinus</i>	<i>herreriae</i>	8.08E-05	2.023275	0.745065	7.24E-06	4.09E-05	2.77E-05	0.6543	0.27586				
<i>Pinus</i>	<i>leiophylla</i>	5.51E-05	1.947766	0.978897	7.46E-06	4.16E-05	2.91E-05	0.58184	0.29638				
<i>Pinus</i>	<i>lumholtzii</i>	7.86E-05	2.01415	0.76387	9.46E-06	4.27E-05	2.77E-05	0.05514	0.03415				
<i>Pinus</i>	<i>maximinoi</i>	6.04E-05	1.959252	0.907861	7.00E-06	3.93E-05	3.20E-05	0.45765	0.26097				
<i>Pinus</i>	<i>michoacana</i>	6.17E-05	1.933753	0.946965	8.67E-06	4.06E-05	3.14E-05	0.64587	0.37365				
<i>Pinus</i>	<i>oocarpa</i>	7.02E-05	1.921691	0.912655	7.23E-06	4.11E-05	3.06E-05	0.63793	0.25756				
<i>Pinus</i>	<i>teocote</i>	7.17E-05	1.92111	0.91713	8.05E-06	4.26E-05	3.08E-05	0.59374	0.28952				
<i>Pinus</i>	<i>spp</i>												
<i>Quercus</i>	<i>durifolia</i>	0.0000675	1.871801	0.927753	0.00000808	0.0000281	0.000039	0.51829	0.2713				
<i>Quercus</i>	<i>sideroxyla</i>	6.81E-05	1.914877	0.866686	6.44E-06	1.41E-05	3.08E-05	0.03069	0.04595				
<i>Quercus</i>	<i>rugosa</i>												

UMAFOR 1006 San Dimas										
GÉNERO	ESPECIE	A1	A2	A3	B1	B2	B3	r(1)	r(2)	
<i>Alnus</i>	<i>xalapensis</i>	0.00010126	1.726332669	0.92387097	0.0000098	0.000024	0.000029	0.074	0.089	
<i>Juniperus</i>	<i>depeana</i>	0.0000633	1.91704547	0.894236965	0.0000068	0.0000282	0.0000314	0.273	0.172	
<i>Juniperus</i>	<i>spp</i>									
<i>Pinus</i>	<i>ayacahuite</i>	0.0000618	1.858148889	0.9999152	0.0000049	0.000035	0.000031	0.646	0.264	
<i>Pinus</i>	<i>cooperi</i>	0.0000705	1.907035428	0.961545898	0.0000085	0.000045	0.0000375	0.7	0.276	
<i>Pinus</i>	<i>douglasiana</i>									
<i>Pinus</i>	<i>durangensis</i>	0.0000697	1.957306379	0.886116249	0.0000052	0.0000417	0.0000338	0.653	0.648	
<i>Pinus</i>	<i>engelmannii</i>	0.0000715	2.087573154	0.719714222	0.000007	0.0000415	0.0000296	0.654	0.414	
<i>Pinus</i>	<i>herreriae</i>		0.0000667	1.944371377	0.0000078	0.0000409	0.0000283	0.594	0.289	
<i>Pinus</i>	<i>leiophylla</i>	0.0000956	1.809574986	0.950943516	0.0000045	0.0000464	0.0000323	0.759	0.435	
<i>Pinus</i>	<i>lumholtzii</i>									
<i>Pinus</i>	<i>maximinoi</i>									
<i>Pinus</i>	<i>michoacana</i>									
<i>Pinus</i>	<i>oocarpa</i>									
<i>Pinus</i>	<i>teocote</i>	0.0000721	1.969258171	0.853706535	0.0000075	0.0000413	0.0000315	0.703	0.268	
<i>Pinus</i>	<i>spp</i>	0.0000475	2.139905695	0.7723452	0.0000072	0.0000377	0.0000317	0.67	0.27	
<i>Quercus</i>	<i>durifolia</i>									
<i>Quercus</i>	<i>sideroxylla</i>	0.0000511	1.945316173	0.958683126	0.0000065	0.0000334	0.0000303	0.739	0.352	
<i>Quercus</i>	<i>rugosa</i>	0.000042	1.999498	0.948881	0.0000069	0.00003	0.000033	0.573	0.328	

## Calidad de estación

Índice de sitio

GADA

Modelo Bertalanffy-Richards

$$Y = Y(0) \cdot \left[ \frac{(1 - e^{-b(1)t})}{(1 - e^{-b(1)t(0)})} \right]^{(b(2) + b(3))} / X(0)$$

Donde:

Y = altura dominante m

t(0) = edad base años

t = edad actual (corriente) años

GÉNERO	ESPECIE	UMAFOR 1008 El Salto			UMAFOR 1006 San Dimas		
		b(1)	b(2)	b(3)	b(1)	b(2)	b(3)
<i>Juniperus</i>	<i>depeana</i>	0.009003	1.469133	1.31048	0.018583	0.96004	1.994414
<i>Pinus</i>	<i>ayacahuite</i>	0.036065	8.02725	32.46379	0.045133	-2.86299	15.95811
<i>Pinus</i>	<i>cooperi</i>	0.020962	-2.68973	13.59772	0.02356	-1.54332	11.0775
<i>Pinus</i>	<i>douglasiana</i>	0.036595	3.25129	15.93742			
<i>Pinus</i>	<i>durangensis</i>	0.020056	-80766	21.29294	0.024063	-8.44706	34.0971
<i>Pinus</i>	<i>engelmannii</i>	0.026182	-2.54053	12.86391			
<i>Pinus</i>	<i>herreriae</i>	0.040131	-4.2038	19.42874	0.042574	-7.59415	31.69003
<i>Pinus</i>	<i>leiophylla</i>	0.021515	-2.1327	12.03005	0.02366	-5.78308	25.21777
<i>Pinus</i>	<i>lumholtzii</i>	0.021893	2.61825	11.92108			
<i>Pinus</i>	<i>maximinoi</i>	0.096682	256.662	805.2213			
<i>Pinus</i>	<i>michoacana (devoniana)</i>	0.084298	120.968	395.7362			
<i>Pinus</i>	<i>ocarpa</i>	0.052851	11.0388	41.96917			
<i>Pinus</i>	<i>teocote</i>	0.030859	-5.50645	23.33656	0.020577	-1.66798	10.44956

### Índice de Sitio para *Pinus cooperi*

Modelo Chapman-Richards polimórfico

$$IS=B(1)*(1-e^{(-B(2)*EB)})^{B(3)}$$

Donde

IS=índice de sitio

EB=edad base para IS

HD=altura dominante m

EDAD=edad años

$$B(1)= 40.36514411$$

$$B(2)= -0.00781872$$

$$B(3)=\ln(HD/B(1))/\ln(1-e^{B(2)*EDAD})$$

### Competencia (en área basal, Glover y Hool)

$$IAB(i)=[(\text{suma}(j,n) (\pi*(D(j)/2)^2))/n] / [\pi*(D(i)/2)^2]$$

Donde

IAB(i)= índice de competencia en área basal para el árbol i

D(i)= diámetro del árbol i

D(j)= diámetro de los árboles competidores con i, en la parcela j

n= número de árboles en la parcela j

## Incremento en diámetro

$$\ln(\text{INC}(i)) = B(4) * \ln(H(i) * AM) + B(5) * IS + B(6) * IAB(i) + B(7) * (D(i) / EM)$$

Donde

INC(i)= incremento de 5 años en diámetro, cm

H(i)= altura del árbol

AM= altura media

IS= índice de sitio para la edad base=50 años

IAB(i)= índice de competencia en área basal para el árbol i

D(i)= diámetro del árbol i, cm

EM = edad media, años

$$B(4) = -0.500688$$

$$B(5) = 2.06385$$

$$B(6) = -0.142535$$

$$B(7) = 12.260916$$

## Incremento en altura

$$\ln(\text{INCH}) = B(8) * \ln(H(i) / EM) + B(9) * IS + B(10) * IAB(i) + B(11) * (D(i) / EM)$$

INCH(i)= incremento anual en altura del árbol i, m

H(i)= altura del árbol i

EM= edad media

IS= índice de sitio a la edad base de 50 años

IAB(i)= índice de competencia en área basal del árbol i

D(i)= diámetro normal del árbol i, cm

$$B(8) = -1.083396$$

$$B(9) = 1.659269$$

$$B(10) = -0.254507$$

$$B(11) = 12.898775$$

## Mortalidad

$$p=1 + e^{(B(12)+B(13)*D(i)+B(14)*IAB(i)+B(15)*IS)}$$

Donde

p= probabilidad de muerte antes de cuatro años para el árbol i

D(i)= diámetro normal del árbol i, cm

IAB(i)= índice de competencia en área basal para el árbol i

IS= índice de sitio para la edad base de 50 años

$$B(12)= 5.818939$$

$$B(13)= -0.896119$$

$$B(14)= 1.317752$$

$$B(15)=-0.076396$$

## Incorporación

$$\ln(NN)= B(16)*IS + B(17)*AB + B(18)* C + B(19)*DB$$

Donde

NN= incorporación de individuos inventariables en los siguientes 5 años, número por hectárea

IS= índice de sitio para la edad base de 50 años

AB= área basal m<sup>2</sup>/ha

C= intensidad de corta del ciclo anterior, escala 0 a 100

DB= diámetro normal medio de arbomado con diámetro menor de 7.5 cm

$$B(16)= 0.183474$$

$$B(17)= -1.300624$$

$$B(18)= 0.016330$$

$$B(19)= 0.001338$$

## Volumen del árbol

$$V(i) = (D(i) * H(i))^{(B(20) * B(21))}$$

Donde

$V(i)$  = volumen del árbol  $i$ , m<sup>3</sup>

$D(i)$  = diámetro normal del árbol  $i$ , cm

$H(i)$  = altura del árbol  $i$ , m

$$B(20) = 0.980899$$

$$B(21) = 0.4197235$$

## **Integrantes del Grupo de Trabajo de Silvicultura**

### **Canadá**

#### **Joseph Anawati**

Natural Resources Canada; Canadian Forest Service  
580 Booth Street , 8th Floor , Room. A6-1; Ottawa, ON Canadá K1A  
0E4  
Tel.: +613-947-8996 Fax : +613-992-5390;  
Joseph.Anawati@NRCan-RNCan.gc.ca

#### **Jean-Martin Lussier**

Acting Regional Coordinator, Cwfc Canadian Wood Fibre Centre 1055  
Du P.E.P.S. Street, P.O. Box 10380. Québec, Quebec, G1V 4C7.  
Tel.: (418) 648-7148; Jean-Martin.Lussier@RNCan-NRCan.gc.ca

#### **Roger Whitehead**

Natural Resources Canada, Canadian Forest Service  
506 Burnside Road West , Room. 393, Victoria, BC Canadá V8Z 1M5  
Tel.: +250-298-2541; Roger.Whitehead@NRCan-RNCan.gc.ca

## **Estados Unidos**

### **Dra. Mary Ann Fajvan**

Northern Research Station, USDA Forest Service  
180 Canfield St., Morgantown, WV 26505-3180  
tel.: +304-285-1575; mfajvan@fs.fed.us

### **Dra. Margaret Devall**

USDA Forest Service,  
Center for Bottomland Hardwood Research  
PO Box 227, Stoneville, MS 38776, Estados Unidos; mdevall@fs.fed.us

### **Dr. Aaron Weiskittel**

University of Maine, School of Forest Resources  
229 Nutting Hall Orono, ME 04469-5793, Estados Unidos  
Tel.: +207-581-2857 Fax: +207-581-2875

### **Marilyn Buford (Observadora)**

USDA Forest Service  
1400 Independence Avenue, Sw  
Washington DC. 20250-1115, Estados Unidos  
Tel.: +703-605-5176 Fax: +703-605-5133; mbuford@fs.fed.us

### **Rick Scott**

North American Forest Commission, Working Group Liaison;  
RScott8338@aol.com

## **México**

### **Ing. Germánico Galicia García**

(Presidente del Grupo de trabajo 2014-2016)

Comisión Nacional Forestal

Periférico Poniente No. 5360, Col. San Juan de Ocotán, Zapopan,

Jalisco C.P. 45019, México

Tel.: +01-33-3777-7000 ext. 2300; ggalicia@conafor.gob.mx

### **Dr. José Javier Corral Rivas**

(Coordinador del grupo de trabajo 2014-2016)

Director del Instituto de Silvicultura e Industria de la Madera de la

Universidad Juárez del Estado de Durango; jcorral@ujed.mx

### **Dr. Martin Mendoza Briseño**

Colegio de Postgraduados

A.P. 421, 91700 Veracruz, Ver., México; mmendoza@colpos.mx

### **Dra. Patricia Negreros Castillo**

Instituto de Investigaciones Forestales, (INIFOR); Universidad

Veracruzana

Dirección: Parque El Haya S/N; Col. Benito Juárez, Xalapa, Veracruz,

México

Tel.: +52-22-8818-8907, 22-8842-1700 Ex. 13967;

patri\_nc@yahoo.com

### **Dr. Alejandro Velázquez Martínez**

Silvicultura y Ecosistemas Forestales, Colegio de Postgraduados

Campus Montecillo

Km. 36.5 Carretera México-Texcoco; Montecillo Edo. de México,

C.P. 56230 México

Tel.: +52-595-952-0200 Ext. 1470; alejvela@colpos.mx

### **Ing. José Jesús Rangel Piñón**

Comisión Nacional Forestal

Periférico Poniente 5360; Colonia San Juan de Ocotán; C.P. 45019,

Zapopan, Jalisco, México

Tel.: +52-33-3777-7000 ext 2306; jesus.rangel@undp.org