

CRITERIOS Y RECOMENDACIONES PARA EL MANEJO SILVICOLA DE LOS BOSQUES DE PINOS PONDEROSA

ESPAÑOL - INGLÉS



CONAFOR

COMISIÓN NACIONAL FORESTAL

COMISIÓN NACIONAL FORESTAL

**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).



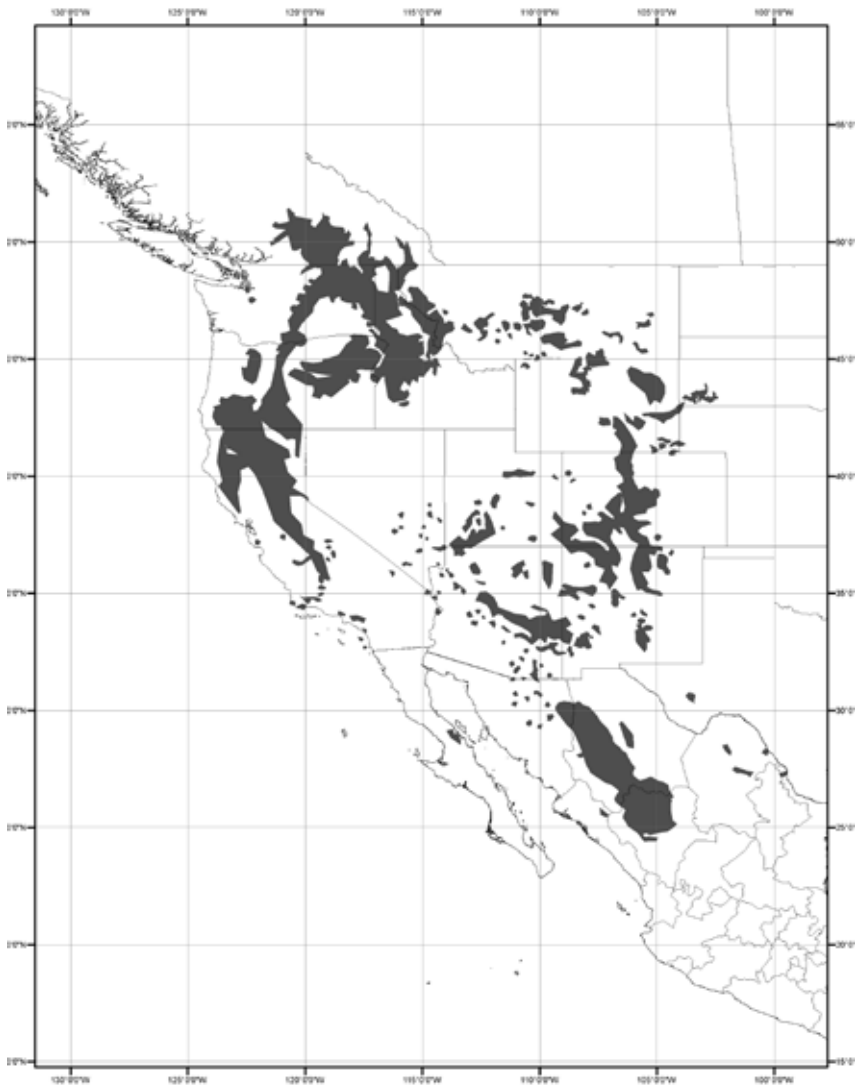
Figura 1. Conos de *Pinus durangensis*.

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

Camas orgánicas naturales



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 6m², aunque el renuevo débil empieza a aparecer a los 12 m². 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 escindirán en forma natural (figura 6).

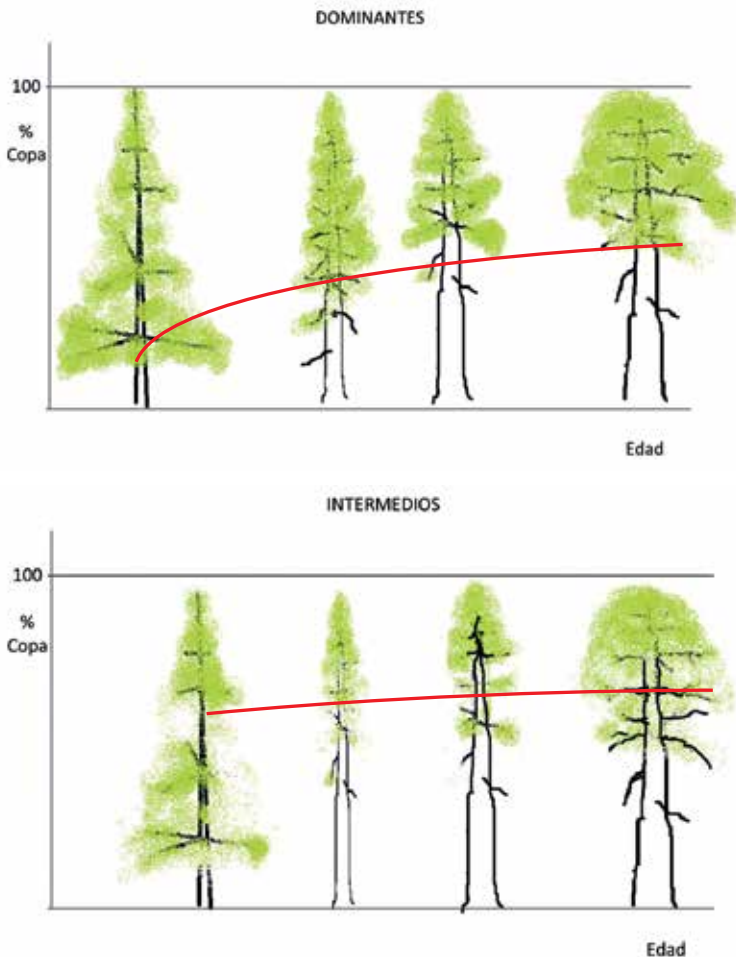


Figura 6. Dominancia a diferentes etapas de desarrollo y su efecto en el porcentaje de copa.

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 m² 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*.

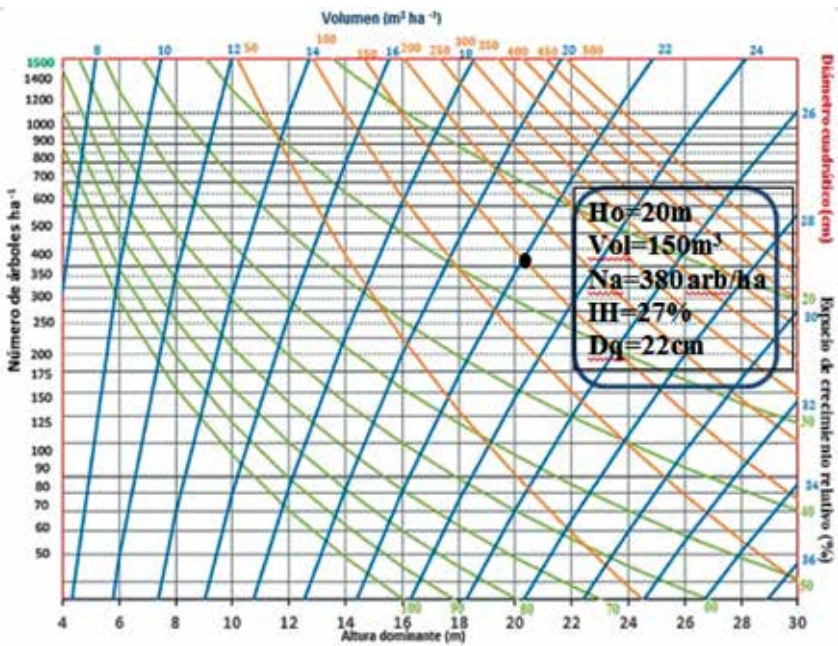


Figura 8. Diagrama de densidad para *Pinus durangensis* del Ejido La Ciudad, Pueblo Nuevo, Durango. Centeno (2013).

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 lindan 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.

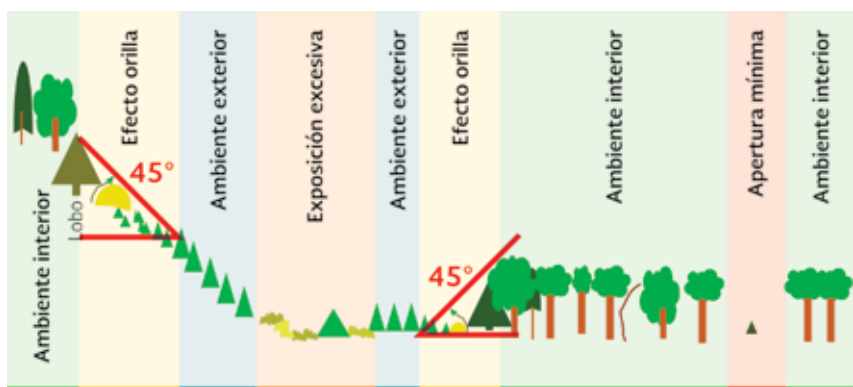
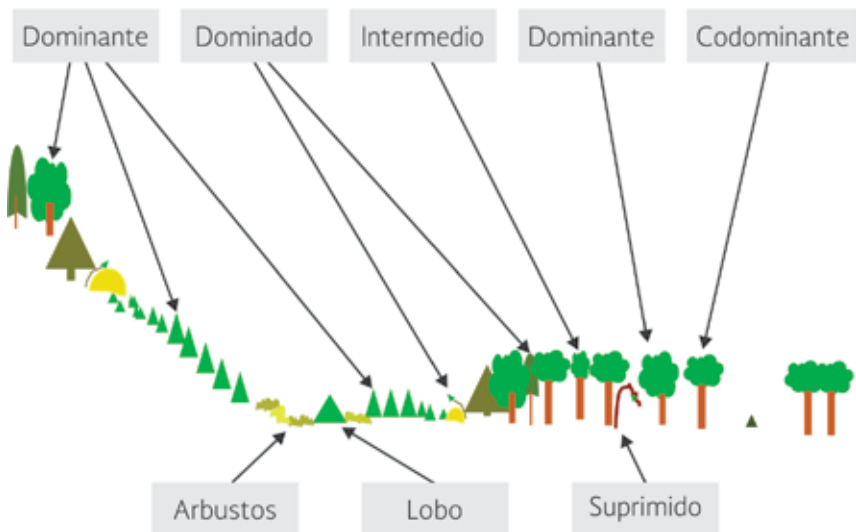


Figura 9. Efecto de orilla y gradiente de exposición a ambientes extremos desde la zona de bosque interior hacia la zona excesivamente expuesta.

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 renuevo 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 renuevo.

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 m².

La preparación de sitio es por escarificación de manchones de 2 m². 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 marcaje 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 preaclareo con machete dejando rumbo de 12 m² 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 m² del preaclareo, hasta alcanzar entre 20 y 24 m² 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 m²/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 m²/ha, a la edad del turno de máximo rendimiento medio, y tal vez 16 m²/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. 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

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 ² /ha
volumen	V(t)	m ³
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 ² /década
proporción del incremento actual respecto al incremento potencial	DDSRATIO(t)	.
exposición	ASP	grados (azimuth)
área basal	BA	m ² /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
VOLUMEN	
V0	-9.88106
V1	1.89294
V2	1.04399
MORTALIDAD	
M0	3.67155
M1	0.921912
M2	-0.031269
M3	-0.00270162
M4	-0.010963
REGENERACIÓN	
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 m³

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 (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:

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

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

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

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	1.91384	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>sideroxyla</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

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

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>maximinii</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)

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

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 m²/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

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

Donde

$V(i)$ = volumen del árbol i , m³

$D(i)$ = 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 Comission, 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

SILVICULTURAL RECOMMENDATIONS
FOR THE MANAGEMENT OF
PONDEROSA PINE FOREST



ENGLISH

**SILVICULTURAL RECOMMENDATIONS
FOR THE MANAGEMENT OF
PONDEROSA PINE FOREST**

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

Commission for North America (COFAN)
Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)
National Forestry Commission (CONAFOR)

© October, 2014

The information contained in this publication may be reproduced, in whole or in part and by any means, for personal purposes or non-commercial applications, without charge or extra permission, unless otherwise specified.

In any reproduction of this work, or its parts, it is asked to cite:

- To cite the full title and authors. It also should state that "This publication was made possible by the economic support of the National Forestry Commission (CONAFOR)

Appreciations:

The authors thank the Silviculture Working Group of the North American Forest Commission (NAFC), for their initiative commissioning this work. NAFC is a regional organization of the UN Food and Agriculture Organization (Fao), where representatives of Canada, USA, and Mexico participate.

SILVICULTURAL RECOMMENDATIONS FOR THE MANAGEMENT OF PONDEROSA PINE FOREST

In a nutshell

Ponderosa pines are the most important timber producing species in Mexico, and they also represent a major portion of the Usa and Canada timber production. These pines form near pure stands with simple and stable stand structure. They suffer only occasional disturbances, and they sustain a limited capacity to hold biodiversity and other senvironmental services. The driving force in the stand dynamics is a need for direct light during all their lives. Most ponderosas can successfully regenerate under partial shade, but they must be released soon afterwards. Seedlings appear almost immediately after upper canopy removal, even in years of poor seed production, as long as a thin litter and duff layer forms a proper seed bed. If no such organic layer in the soil is present, leaving partial shade of 40 to 60 % from the overstory will provide protection until vigorous and uniform regeneration can close crowns.

The high demand of light by ponderosa pines tend to require low stocking with all trees in the dominant or codominant class. Low stocking can occur naturally, or it can be the outcome of thinnings. Ponderosa pines are prone to large periods of stagnation from overstocking. Shoot borer damage is common in overstocked stands. These problems can be prevented by opportune thinnings. Other health conditions are of no special concern. Ponderosa pines resist fire, and they are less susceptible to bark beetles than most other pines they associate with. Their capacity to thrive in very low stocking conditions, with grass in the understory maintained by frequent fires, creates low timber productivity scenarios that can sustain considerable amounts of game, and high yield of high quality water runoff. Ponderosa extensive distribution and the diverse species and varieties in the group suggest a formidable capacity to adapt to sites. They might fare well under climatic induced changes.

This work is intended a set of ideas and tools to help in the decision making of ponderosa pine forest management of North America. Emphasis has been given to Mexican management situations.

FOREWORD

The aim of this work is to become a practical tool to help manage ponderosa pine forest. This work is sponsored by the North American Forest Commission. Prescriptions suggested in this document have benefited from published research, and they are close to the state of the art. None the less, the value in this document stems from suggestions from experienced foresters that designed and currently practice these ideas. In this context, the recommended silvics of ponderosa pine forests is described next.

CONTENIDO

Silvicultural recommendations for the management of ponderosa pine forest	71
Foreword	72
Core concepts	74
Distribution and communities where ponderosa pines grow	78
Reproduction	81
Growth	85
Models	88
Health and resilience	90
Ecology of ponderosa pines	91
Regeneration	96
Intermediate cuts	99
Fire	103
Protection	103
Management of associated forest values	104
Resilience	107
Trends in ponderosa pine silviculture	108
Cited literature	112
Annex	115
Silviculture models parameters	115
Members of Nafc Silviculture Working Group	129
Canada	129
United States	130
Mexico	131

CORE CONCEPTS

Silviculture is an art, a technology, and a science with a long history and a global scope. Tradition runs deep into silvicultural thinking, more so than its scientific foundations. Silviculture began in the Middle Ages in central Europe. From this cradle all internationally important ideas started. Today silviculture still follows closely the logic of its roots, namely tradition, experience, custom, law, and cultural trends from each region where it is practiced.

If silviculture were merely a rational process to produce wood or any basket of products and services, or if silviculture were a means to preclude exposure to risks coming from the forest, then in no time silviculture would be replaced by agronomic schemes like those used for perennial crops such as fruit orchards. To a great extent plantation forestry and tree farming already are more agronomic than forestry schemes, they even can be considered agrarian in nature. Efficiency conveyed by agronomic designs reduces competitiveness of products from natural and artificial forests.

Products that ponderosa pines yield are forest products, not agronomic products, and it is this form of natural production that this document is designed for. By no means productivity and stability of ponderosa pine production in Chihuahua or British Columbia will ever outrun the competitive edge of exotic plantations in Brazil, as for example those in Fearnside (1998). Eucalypt plantations in Brazil have reached an annual yield of 80 m³/ha in the best sites, and 35 m³/ha per year is considered standard yield in the typical site. These figures are off the chart for ponderosa pine anywhere it is planted.

Recent world forest history conveys the message that something must be done with the millions of hectares of ponderosa pine forests in the Americas. It is not only a matter of how extensive and essentially inexhaustible they are, but it is because of the many very special combinations of products and services they can render to society. This opportunity is enhanced by forestry thinking. According to forestry ideas, natural variability is to be ruled, not vanished as in agriculture.

This is why silviculture is a way of production where rationality yields way to cultural preferences. Silviculture is more an art, a way of thinking, a style that allow individuals live with, and enjoy the varied responses displayed in the wide spaces where forests respond to environmental, cultural and political processes.

A different factor that defines trends for ponderosa pine silviculture is land tenure. In the case of Canada and the USA, although there is quite a bit of private and corporate forest land, by and large most ponderosa pine forests are in public lands. In the Mexican case practically all ponderosa pine forests, and most other kind of forests, are privately owned. In Mexico there are two forms of private ownership: groups (ejidos, comunidades), and individual property (small private land). In absence of extensive areas in the hands of individuals, small businesses, international corporations, and most of all in absence of public ownership, silviculture possibilities are reduced to those schemes that can offer a continuous flow of income to the owner, whether or not there is any profit from growing timber, and regardless of the patterns in cash flow or investment needs that may arise.

Harvest revenues must pay for daily expenditures in a Mexican forestry business, since there are no financial instruments for forestry. There is no specific regulatory restriction on financial institutions limiting their involvement in forestry, it is only a matter of cultural expectations. Hence, forest planning ought to consider unfeasible those silvicultural regimes that have a need for continuous expenditures early in the rotation, and revenues latter on. These limitations are implicitly accepted in the national goals where forest is not an economic activity but a support for rural communities.

Land tenure also shapes a certain profile of the forest owner. Multiple roles for the owner as manager, entrepreneur, worker, logger, and even assistant to the forester, they all explain that important silvicultural decisions are constantly revolving around diverse considerations on self-employment, working only on certain seasons in the year, ups and downs in the market, and legal strategies. Silvicultural treatments stand a better chance of being implemented if they are compatible with the forest owner's multiple criteria and concerns.

Creating a catalog of silvicultural possibilities for ponderosa forests, with special attention to Mexican conditions, but including the rest of the subcontinent, is a process of exploration about regional forest knowledge and tradition. The aim in this document is to offer a select set of practices that fit into today's natural, cultural and legal scenarios.

This work refers specifically to the sylvics of *Pinus arizonica*, *P. durangensis*, *P. engelmannii*, *P. ponderosa*, and *P. jeffreyi*, and to the species associated in the same forest type where ponderosa pines occur.



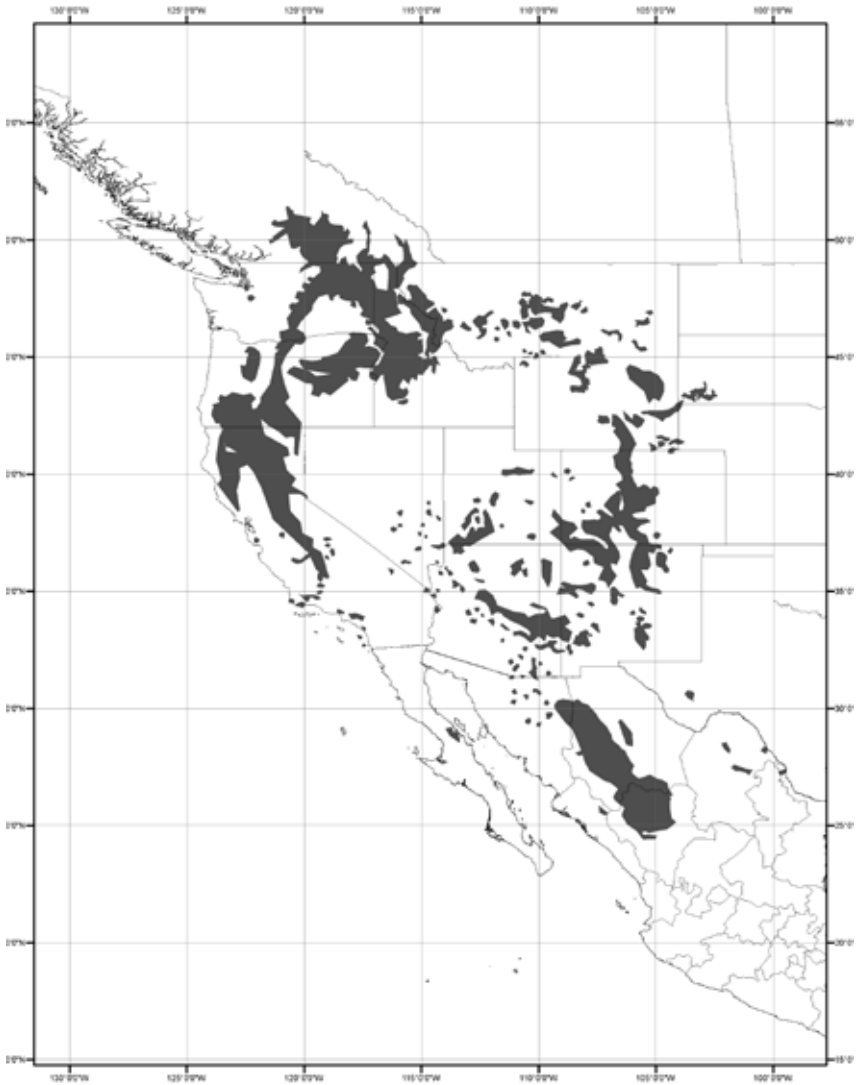
Figure 1. *Pinus durangensis* cones.

DISTRIBUTION AND COMMUNITIES WHERE PONDEROSA PINES GROW

Ponderosa pines are part of the temperate conifer forests in mountain ranges, particularly Sierra Madre Occidental, and the Rockies. Typical *Pinus ponderosa* grows with the coastal pines in the Pacific coast, including Baja California. *P. ponderosa* var *scopulorum* is a frequent component of the conifer mix in the Rocky Mountains of the USA and Canada. (figure 2).



A



B

Figure 2. Distribution of ponderosa pine species in Mexico, A (Inventario Nacional Forestal y de Suelos, CONAFOR 2012), and North America, B (Oliver and Ryker 1990).

Composition in these forests changes within each region. Ponderosa pine from the Rockies associates with other pines (Oliver and Ryker 1990), such as lodgepole (*Pinus contorta* Dougl. Et Loud.), and western white pine (*Pinus monticola* Dougl. Ex D. Don). It is also frequent to see ponderosa pine along other conifers (*Pseudotsuga*, *Picea*, *Tsuga*, *Abies*, *Larix*). Understory vegetation is characteristic of each region (Daubenmire 1968).

In Sierra Madre Occidental ponderosa pines start at the northern edge, where *Pinus arizonica* dominates, even reaching into Arizona and New Mexico. Southward this pine is replaced by *P. durangensis*, sometimes mixed with *P. cooperi*. Other overstory trees present include *Quercus*, *Arbutus*, *Juniperus*, and pines such as *P. lawsonii*, *P. chihuahuana*, *P. ayacahuite* in the dryer, sunnier sites with moderate to steep slopes. Moist, protected sites occasionally are covered with *Pseudotsuga*, *Picea*, and *Abies*. Most stands are dominated by a single species, with scarce presence of other species.

Pinus arizonica grows in all suitable ponderosa pine sites in Chihuahua, but it only appears in the northern part of Durango in sites with moderate slopes and flat ground. *Pinus cooperi* forms nearly pure stands in flat ground and high elevations. Whenever there is any slope, or in protected areas, stands are made up of *Pinus durangensis*. Transitional belts are made of rustic pines (*Pinus lawsonii*, *P. chihuahuana*), and other taxa (*Juniperus*, *Arbutus*, *Arctostaphylos*, *Quercus*) that prefer xeric conditions. Best soils are taken over by trees requiring mesic habitat (*Quercus*, *Picea*, *Abies*, *Pseudotsuga*, *Pinus ayacahuite*), and they also dominate in the most rough terrain and creeks, where they are protected from wind. Sunny places, such as flat ground, sites with southern exposures, disturbed sites, and mountain tops are also occupied by xeric conifers and broadleaves (*Pinus lawsonii*, *P. chihuahuana*, *Juniperus*, *Arbutus*, *Arctostaphylos*).

REPRODUCTION

Reproduction is strictly by seed. When winged seeds are released from the cone, they are easily dispersed by wind. Extreme distance of seed fall is approximately one tree height (30 m), plus the effect of wind, topography, and obstacles (Oliver and Ryker 1990).

For regeneration purposes, annual seed production is sufficient even in poor years. There is a prolific seed production every 4 to 7 years, but this is not required for successful regeneration of a site, despite losses due to seed predation. Seeds need direct sun light to germinate. It is rare for seeds to germinate under closed canopy because of the change in light colors reaching the soil.

In Mexico and in the coastal USA, when a site is covered by ponderosa pines, they will be replaced by themselves after stand replacement disturbance or regeneration treatment. In the Rockies ponderosa is an early seral stage species (Alexander 1986); composition might regress to lodgepole pine (*Pinus contorta*) after severe disturbances that open wide spaces in the canopy. Usually regeneration of the next seral stage arrives if change is minor, there is partial shade and mesic environment. After ponderosa pine, the next stage is made up of firs like *Pseudotsuga mensiesii* (Mirb.) Franco.

Seedlings do well on organic soils and partial shade (20 to 40 %), constant humidity, benign winters, fertile mineral soil at no more than 15 cm (6 in) depth (figure 3). Absence of organic layer creates a risk of water freezing in the soil, killing the smaller seedlings. Frost heaving is a frequent event in frost pockets where air temperature near the ground might drop beyond freezing if canopy is removed. In frost pocket situations it is better not to clearcut but to retain some 40 to 60 % of the stocking. However, if soil is covered with organic material (less than 15 cm, 6 in), if there is some slope and the ground is broken, covered with brush, or has rocks, there will be no frostheaving, and establishment of all ponderosa pine species will be prompt, abundant, and vigorous any year if the upper canopy is removed. The use of mulching may also prevent frost heaving. Successful recruitment stops at crown closure.



Successful regeneration under partial shade.



Strong apical dominance indicates vigor and high quality of regeneration.

Natural organic matter.

Mulching applied when there is not enough organic matter.



Figure 3. Mineral soil covered with organic layer or mulch, and availability of partial shade foster abundant vigorous stabliment of *Pinus durangensis* in El Salto, Durango. Photos: MMendoza.

Wide canopy openings may lead to invasion by grasses, and hinder pine establishment. Largest advisable opening is 300 m (1 000 ft); if the opening were larger, regeneration might fail in some spots, and some trees would develop as wolf trees. Wolf trees are open grown trees with long crowns reaching down near the ground. They are slightly shorter in height for their age, prolific, prone to shoot borer damage.

The smallest canopy opening that allows at least one seedling succeed is around 15 m. For instance, for *Pinus arizonica* in central Chihuahua (San Juanito and Creel), the minimum basal area that permits successful regeneration is 6 m², although weak seedlings start to appear at 12 m² basal area. These figures also help in selecting extreme residual stocking during thinnings to avoid undesired regeneration.

For *Pinus arizonica* the best regeneration is in flat ground, or south facing slopes of less than 15 %; however, this species is capable of reproducing in any sort of slope and aspect (figures 4 and 5).



Figure 4. Shaded conditions and their effect on crown structure in *Pinus cooperi* saplings in Durango. Photo: MMendoza.



Figure 5. Sunny conditions and their effect on lush foliage in *Pinus cooperi* saplings in Durango. Photo: MMendoza.

GROWTH

Ponderosa pines development is defined by available light. Interference between neighbors begins about the time crowns touch each other. The levels of interference can be significant without leading to death by competition. However, interference has drastic effects on crown architecture. As soon as branches of neighboring trees touch, both stop growing; if a branch is shaded by another, it will be shedding its foliage, and eventually it will die and fall naturally (figure 6).

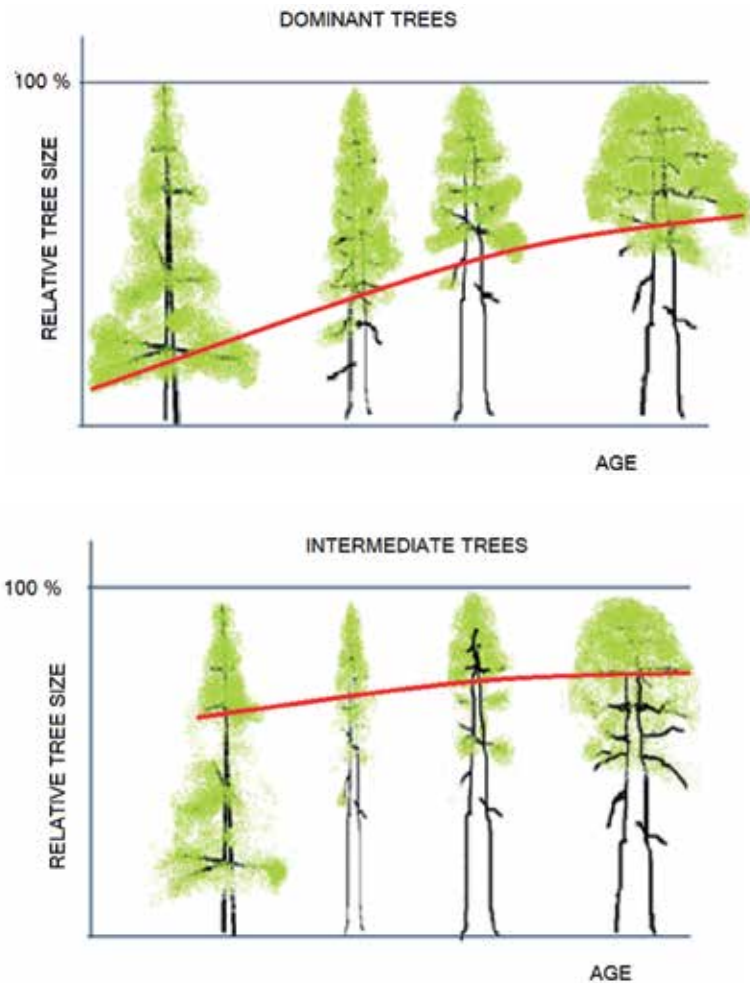


Figure 6. Dominance at different development stages, and its effect on crown length percentage.

Trees that border with permanent clearings tend to develop flag shaped crowns; that is, branches expanding towards the open ground will be long, persist for extended time, and have abundant foliage. On the contrary, branches pointing towards the forest have as little foliage as any other tree in the wooded portion of the forest, and natural pruning will keep crown length close to normal for forested conditions. Edge effect gradually diminishes towards the forest interior, and it disappears about 30 m inside the stand. Border trees grow shorter because of the adverse and fluctuating environment. Their morphology is full of defects because of the environmental stress (figure 7).



Figure 7. Edge trees, *Pinus arizonica*, Chihuahua. Photo A. Quiñonez

Growth figures reported in research estimates only inner forest conditions. When managing ponderosa pines it is important to estimate area affected by edge conditions, and decrease inner forest estimates to a more realistic level that accounts for the changing and stressful environments near the tree edge. A similar provision is needed to consider differences in health, risks from animal damage, pests and diseases, weather damages, and changes in probability of death, since these factors are more important than in the forest interior. In the future it will be increasingly important to follow specific management regimes for transitional and interphase conditions because these sites are ever more frequent.

Extreme longevity in ponderosa pines reach over 300 years in the most favorable sites; it is close to 150 in most other places. Largest diameters ever recorded are close to 1.3 m (4' 3", Amilcar 2005). Extreme density can pile up a basal area of 30 m² (145 ft/ac., Chacón 1998).

MODELS

Among the wide variety of published quantitative depictions of ponderosa pines only one, model Arizonica, is complete enough to portrait the ponderosa pine forest in response to silvicultural treatments in a way that it displays the required diminishing returns to scale, as demanded by economic analysis. This model is an adaptation of the Prognosis model (Wykoff *et al.* 1982). Prognosis was developed for mixed conifer forest from the Rocky Mountains, and therefore it includes *Pinus ponderosa*. Prognosis structure is described in Mendoza (1985), Islas *et al.* (1988), and Islas and Mendoza (1989), and its parameters are presented in the Annex. Arizonica was not independently validated.

SICREMARS model is the creation of Valles (2007). The model scope is limited to *Pinus cooperi* from a single permanent experimental plot named Cielito Azul, located in San Dimas, Durango. It was established in 1966. It follows an experimental design with six treatments, and six repetitions of one hectare each. Remeasurements have occurred in 1979, 1982, 1986, 1993, and 2004. Since SICREMARS represents a single site, and the site is not pure *Pinus cooperi*, but a mixed conifers and broadleaves stand, it is of little value to this document. However, it can be a role model to follow in future developments that will inherit its meticulous procedures and independent validation. So far two versions have been released. Annex shows SICREMARS version 2.

Although it is not published, there is one more model worth mentioning. This model is referred to as Durango's Biometric System (Vargas *et al.* 2012a, Vargas *et al.* 2012b), and it is intended to model characteristic species and forest types of Durango. As of today selected equations have been published for two forest units: UMAFOR 1006 San Dimas, and UMAFOR 1008 El Salto, Durango. Appealing features in Durango's Biometric System include the use of permanent observation plots (so far no remeasurements yet), stem analysis, and rigorous statistical testing of goodness of fit. Equations that are known to exist for Durango's Biometric System include volume, bucking rules, and site index (Annex B).

Since fully fledged simulation models with regional coverage are not at hand, it is still practical to use preliminary parameters derived from density diagrams. In this case there is a density document for *Pinus durangensis* (Chacón 1998), and a more recent version (figure 8) by Centeno (2013). The diagram for *P. arizonica* by Zepeda (2011) is also worth mentioning.

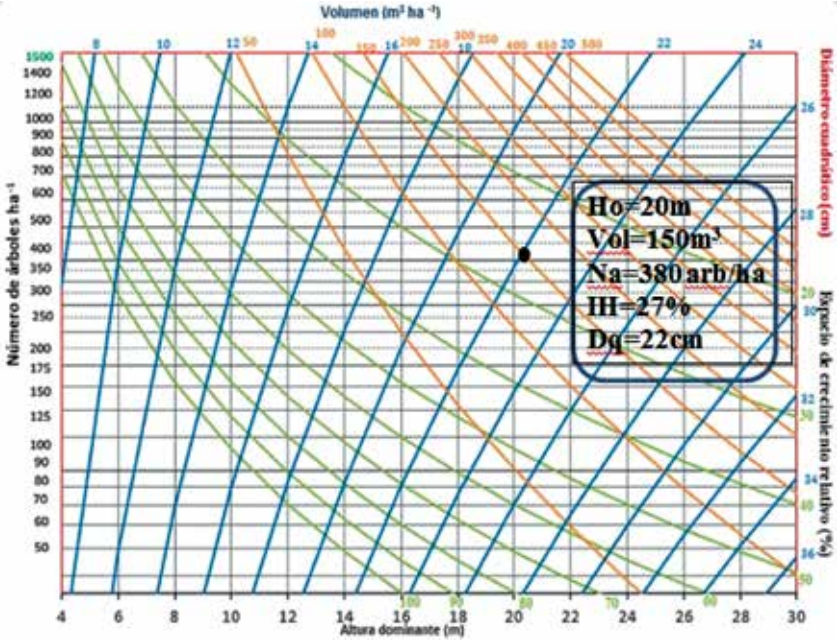


Figure 8. Density diagram for *Pinus durangensis* from Ejido La Ciudad, Pueblo Nuevo, Durango. After Centeno (2013).

HEALTH AND RESILIENCE

Ponderosa pines are susceptible to barkbeetles (*Dendroctonus rizophagus* Thomas & Bright), during their establishment. These beetles enter by the collar and the lower stem.

High density and shaded sites favor crown defects. These abnormalities are produced by shoot borer damage (*Eucosma*). Bud problems and rounded crowns are common to see in *Pinus arizonica* in poor sites that lack organic matter. Many times these soils also have aluminum and iron toxicity. This condition is characteristic of the Chihuahuan plateaus. Juvenile ponderosa pine species are susceptible to barkbeetles and shootborers. These problems decline with age. This is not so in the case of xeric pines (for instance *Pinus chihuahuana*, *P. lumholtzii*); these other species tend to occupy the less productive sites, and they also mix with ponderosa pines in nearby stands.

ECOLOGY OF PONDEROSA PINES

Ponderosa pine and associated species follow dynamic patterns defined by their position in light to shade gradients. Best simulation models (e.g. SICREMARS, SAT DGO), offer growth estimates that strongly respond to crown parameters and other related variables. Crown length and other crown parameters also drive density, competition and interference indices, thus relating these indices to crown architecture. These mathematical models are only simplifications of the crown structure, and for that reason they overlook the very important statistical variability.

Quantitative representations are unable to grasp many of the important features of the crown, such as foliage exuberance, leaf color, crown symmetry, apical leadership, foliage retention, internode size and variance, branch angle (falling with age), or natural pruning. Indices best performance occurs when depicting growth and mortality in response to crowding, however, these estimates weight lightly in silvicultural decisions. Hence, in this document it is convenient to add a few more explanations about the young population dynamics as driven by crown differentiation.

Crown social status is expressed as dominance class within a single canopy layer in pure and mixed stands. In the extreme case of a tree of any size and development stage that uses as much space as it can without interference with neighbors, it will continue expanding its crown and growing without limitations. This tree is called a dominant tree. As available space shrinks with time, the tree crown will encounter other crowns and its expansion will no longer be in all directions. Crown shape will be more and more irregular, starting as dominant, then codominant, intermediate and dominated conditions relative to the rest of the crown canopy. There will be a moment when available space will be so tight that the tree would die. This space would be the minimum viable area that would allow a tree to grow. Crown dominance has a direct effect on mortality, health, growth, and anatomy of the tree. Dominance defines tree quality (figure 9).

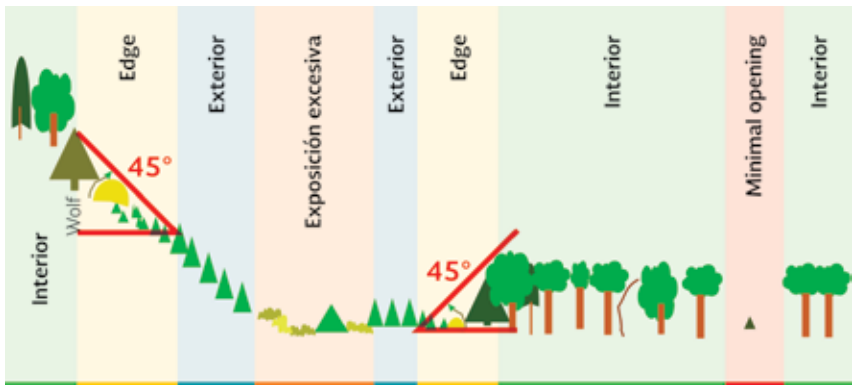
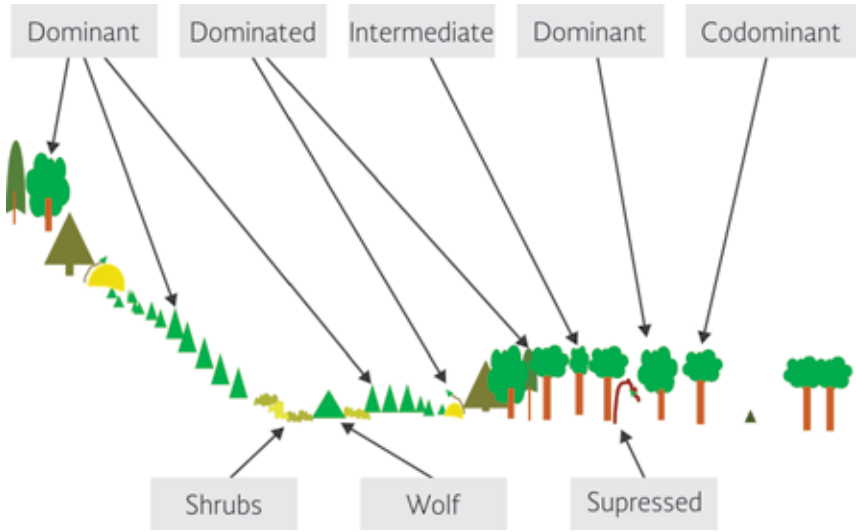


Figure 9. Border effect and gradient response to transition from interior wooded conditions to highly exposed open ground.

Terrain under a tree crown may be considered occupied. Complete occupancy means that the tree is dominant or codominant. Spaces in between crowns drive crown expansion. For instance, border trees in dense stands facing clearings after a while will tend to stop self pruning on the open side, but pruning will continue on the shaded side. Many times branches remain down to the ground on the clearing side. Stronger winds and wider environmental variability on the exposed side make border trees shorter in height than same age trees in the woods, even though foliar area of border trees might be larger.

Open grown trees, or wolf trees, are those who has received unlimited direct sun light from all directions, their entire life. In these trees height growth is damped because of the changing and hostile environment they live on. None the less, wolf trees sustain lush foliage, branches starting from the ground up, crowns are symmetric, conic, and buds are prone to shoot borer damage.

Understory in the interior forest seldom contains ponderosa pines regeneration, even when seed fall may be considerable in fully stocked, and overstocked stands. Seeds contain physiological mechanisms that prevent germination. The few seedlings that appear are of poor quality and health, and they die shortly afterwards. There may be places where spots of sunlight allow establishment of one or a few seedlings. These seedlings tend to live for many years, some times over 70 years, but they will never reach the higher overstory. After some time, around 15 years in *Pinus arizonica*, 5 years in other ponderosas, individuals lose their ability to respond to release.

Incomplete, asymmetric crowns, scarce, grayish foliage instead of bright green leaves, are indicators of poor vigor of shaded trees. A close examination of these individuals, comparing them with similar age trees developed under open canopy conditions, reveal smaller buds. The apical bud may not be the largest or tallest bud in shaded individuals. Weak terminal dominance may produce lateral branches growing upwards and reaching a height similar to the terminal bud. Shaded trees have thinner weaker, darker shoots, numerous softer bracts crowding each other, much more than in a vigorous tree, where shoots are of lighter red or orange colors, and bracts are hard and widely spaced.

The smallest canopy opening that is suitable for high quality regeneration establishment and development until maturity, is around 15 m (50 ft); this is the recommended opening size if individual selection silviculture were to be used for ponderosa pine stands. If openings were larger, more seedlings can succeed in taking over the available space. Regeneration develops as soon as an opening appears in the upper canopy, provided suitable seed bed and seeds exist are present. The resulting new generation will then be evenaged, and it may be pure or mixed in composition. As soon as new trees shade the ground, no new incoming seedlings can get established.

The largest evenage group that ponderosa pines temperament permits is around 300 m (1 000 ft) wide, though it varies because of wind direction, aspect, and organic matter soil cover. Larger openings tend to develop adverse ecologic conditions in the central portion. Few individuals will be able to grow there even if seeds were plentiful, most seedlings would die. The few trees growing at the center of large openings will develop as wolf trees.

Ecological influences from wooded surroundings, and irregularities in terrain topography, presence of herbs, forbs, shrubs, large woody debris, litter, duff layer in the soil, all those factors define site variability and thermal insulation structures. Site variability prevents the soil water from freezing when air temperature falls below zero Celsius degrees (32° F). In the case of limited variability, regeneration establishment would occur sporadically, or grasses will take over the site preventing trees to get established.

RECOMENDED SILVICULTURE

Ponderosa pine species have similar temperaments and behavior, as explained above. However, it is important to keep in mind that this forest type is growing in most of the North American subcontinent, and populations should be expected to fit particular features in their respective locations.

The following silviculture recommendations and specifications are meant to address all species in the ponderosa pine forests, unless otherwise indicated for specific cases. Using these general guidelines imply a need for talent, experience and creativity of professionals to adapt to local conditions. Industry and government officers should provide enough freedom for professional criteria to modify these guidelines as needed by objectives and circumstances of specific cases.

The most common silvicultural regime, as described next, involves a local species, but it can also document the development of introduced species or varieties that fit latitude, slope, aspect, soil type, and vegetation cover. For instance, the Chihuahuan plateaus are mostly covered by *Pinus arizonica*. This species also grows in the northern sierras of Durango, but it is replaced southward by *P. durangensis* if site has some slope, deep soil, humidity and fertility. On flatter less productive sites *P. cooperi* would be dominant pine. The transitional belt down the valleys in Durango and Chihuahua is covered by oak and juniper, and this is where *P. engelmannii* grows best, although the species is capable of living also at higher altitudes. These patterns suggest how far and in what direction genetic materials can be planted outside of the current range.

Regeneration

Wide plasticity and rusticity are characteristic of the ponderosa pines. They yield considerable amounts of timber and other products, and meet diverse production objectives. Although they fit well in every region they are native from, plasticity makes it possible to successfully introduce them in a wide variety of additional sites, though moving them to higher latitudes or elevations is not advisable. Ponderosa pines can be reproduced using a diversity of silvicultural treatments.

Any harvest regulation algorithm can be used to define the amount of land area to regenerate in a given year. Total regeneration area may be broken into cutting areas of sufficient size. Each cutting block will be composed of specific stands according to the scheduling procedure in the regulation algorithm. Minimum final harvest area should be no less than 20 m wide, and the maximum should be under 200 m. Regeneration treatment area can be of any shape: round, rectangular, or even irregular. All upper story trees should be removed. If the opening is larger than 60 m wide, it is advisable to leave uncut islands that contain none or few commercial size trees, but snags, large woody debris, underbrush, and top soil. These legacies can represent between 10 % up to 60 % of the treated area.

Retaining seed trees or some amount of shelter overstory may offer a more uniform seed coverage in every corner of the cutting area. They will also provide partial insulation preventing freezing in the soil and frost heaving of young seedlings. In any case, for most conditions in Chihuahua and Durango, complete removal of overstory is the default recommendation, as long as it would not lead to harsh conditions at the center of the opening.

Seed germination bed should be at least 2 cm deep (1 in), but less than 15 cm (6 in). This organic layer can be composed of litter, duff, humus, and any other form of organic matter.

Additionally, a load of 150 ton/ha of coarse woody debris would be ideal; at the least 60 ton/ha is necessary. More than two bare soil spots larger than 10 m² is not acceptable.

Scarification in spots around 2 m² (20 ft²) is the preferred site prep method. Enough of those spots should be placed so that incoming regeneration will eventually cover completely the harvest area. Target stocking should consider preexisting seedlings, and groups of shrubs and perennial forbs that are natural components of the stand biological diversity. Prescribed burning can also be used as an alternative site prep method. Fire may be used to reduce excessive fuel load, and to reduce the relative proportion of the smaller fuels.

Invasion of grasses can be avoided by retaining as many forbs as available. When grass is present, or it can be a significant threat, fire should be avoided, and silviculture should strive to produce as much shade as possible by maintaining high stocking levels. Sites already dominated by grasses can be treated mechanically in ways that overturn the grass and expose its roots to air and sunlight.

Presence of dwarf mistletoe (*Arceuthobium*) on any ponderosa pine is unacceptable at any level of damage. If mistletoes are growing in the canopy, the regeneration treatment should be a complete removal of overstory in no less than 70 m wide openings; every tree having even a single mistletoe broom must be felled. Seedlings that appear near the edge of the harvest area should be frequently monitored, every two years or so, to detect mistletoe damage in them. Pruning the mistletoe brooms or the affected branches may control lightly affected zones. Removal of regeneration and adult infected trees may be necessary to manage more intense events. Planting with any resistant suitable species is a last resort that will maintain the timber production objective in affected locations.

Mistletoe over juvenile ponderosa pines, and even mature stands not scheduled for regeneration may be ignored if severity level is less than 3 in the dwarf mistletoe rating scale (DMR, Geils *et al.* 2002). Intensely affected trees should be removed during the subsequent thinning.

Regeneration groups of any size should be visited every three years. Release should be prescribed for them if adult border trees cast any shade over the regeneration, and release should occur before damages are visible.

Spatial arrangement of regeneration groups will shape the future stand structure. Intensively managed stands generally will remain in the early successional stages, such as initiation (crowns do not touch) during the entire rotation. For many biomass or pulpwood production objectives it is reasonable that stands may reach moderate exclusion stages (partial interference between crowns that stop short of producing suppressed trees). Density in these productive stands should be regulated to maintain full occupation of the site by the minimum number of trees possible. These conditions should persist from stand formation up to final cut. This goal is easier to attain in plantations and in natural stands where spontaneous regeneration is complemented with planted stock.

On the other hand, repeated application of regeneration treatments in close proximity, after several hundred years develop complex diversified structures. In due time these structures mature and form old growth stands. Late successional conditions are identified by dead and downed materials accumulated on the ground. In functional old growth even the largest woody debris has had time to decompose, but the level of dead material is so high that it contains the most part of the nutritional stocks, so the soil may be full of organic matter but lacking in mineral nutrients. Functional old growth contains a mixture of trees in every possible age from seedling to the maximum longevity of the species and site. Tree dimensions do not reflect age, most trees will be small, but here and there very large trees or groups of very large trees are common to see. The essential condition in old growth stands is the abundance of recent regeneration in seedling or sapling stage suffering the shade of the overstory, and the scarcity of nutrients.

Intermediate cuts

Density can be controlled at any stage of development of the stand as dictated by the regulation scheme. The objective of density control is to widen spaces for tridimensional expansion of the remaining crowns. Residual trees will continue growing without impediments until the next entry, but there should be no spaces large enough for regeneration, unless so prescribed.

Marking rules follow a hierarchical priority sequence of trees to leave:

- Dominant and codominant trees remain
- Full stocking and homogeneous density. Stocking may reach 120 % occupancy, no more
- Minimum acceptable land cover is 80 %; if a stocking of less than 80 % is already present, it can be managed by removing only the excess competition in overcrowded groups. Treatment is justified where crowns already show signs of deformation
- Ending composition percentages should strive to be similar to the ideal composition for that site and forest type.

It is reasonable to leave some juvenile stands untreated, if so prescribed by the silvicultural regime or the regulation method. However, it is not wise to exceed densities that produce intermediate or dominated individuals. The stand should not reach overstocking beyond 120 % of site occupancy, else, stagnation becomes prevalent, particularly in the case of *Pinus arizonica* and *P. durangensis* (figure 10). This condition may last for decades until some severe disturbance triggers the stand replacement process. The most common of these disturbances are fire and barkbeetles.



Figure 10. *Pinus durangensis* in Madera, Chihuahua, in a stagnation phase. Photo: A.Quiñonez.

In quantitative terms the regime for maximum production, growth, and yield starts up as a regeneration stand fully covering the site. Initial stocking is such that every tree remains a dominant or codominant. Productive sites may reach crown closure at age 3, and 10 years is common for less productive timberlands.

If regeneration has reached crown closure, and seed trees and shelter canopies still persist, they should be removed at this time to prevent damages to the new generation. Release includes cutting border trees to enhance growth space for regeneration that might be shaded by those edge trees.

Consider an example with *Pinus arizonica* in Chihuahua. Recently released saplings can initiate vigorous development if a tending cut would reduce density to around 12 m^2 in basal area for trees age 10. This basal area should not contain overcrowded spots. Average basal area may drop below 12 m^2 when such harvest intensity is needed to remove intermediate and dominated trees.

From this age on, depending on the desired management intensity, thinnings may cycle as often and as intense as required to sustain a population of dominant and codominant trees. Basal area will be gradually raising until reaching between 20 m² and 24 m², at age 50. If reentry cycles go beyond 15 years, for most sites this means tolerating interference levels that create an intermediate class in the upper canopy; this excess stocking not only taxes production, it also increases susceptibility to defoliators, shootborers, even barkbeetles. Health risks can be diminished by more intense thinning, more strict marking rules retaining only the very best individuals, although more open space will be temporarily available. On the other hand, if cycle would be less than 10 years, stands would likely become understocked, or the removal would be small in volume and of little value.

This regime, designed for the best *Pinus arizonica* sites, can be modified accordingly to fit less productive stands, and other species.

Leaving the complete overstory and undestory species mix that a site grows is a policy that causes minimal impact on production. This policy relies on an educated guess that more stands will be reaching high productivity and timber yield because a diverse set of species will hold more resilience mechanisms in case of disturbance events. For a hefty portion of forests in Durango and Chihuahua, a strategy to foster healthy forests should return better results in the long run than monoculture or simplified forests. Leaving a composition similar to the one seen before intervention is a strategy that can be used under many different management methods to retain functions that those species have. Some of those functions are important in terms of forest health, for instance the role of *Quercus* and *Alnus* in regulating soil's nutrition, acidity, and electrical properties. Some of the herbal species also help create a favorable environment for pines. For instance, the role of ferns in regulating calcium makes them good indirect indicators of excellent soil conditions. Fire regime also affects soil nutritional capacity, and so, they must be considered as part of the silvicultural prescriptions.

This document encompasses enough of the ponderosa silviculture as to comprise all site quality spectrum if goals were efficient timber production, minimizing risks and unwanted fluctuations. These silvicultural policies promote mixed natural species vigorous and capable offering multiple products. Other objectives need a forester

to exercise its professional judgment to modify parameters and fit treatments to specific aims and context. For instance, in there were interest in having diverse successional stages and their corresponding basket of environmental services, an unusually large biomass load can be tolerated for centuries until attaining sufficient number of stands in late successional scenes. These mature stands may reach close to the maximum density recorded for ponderosa pines, around 45 m²/ha (217 ft²/ac) (Schubert 1974). This stocking exceeds the recommended density for production stands, which runs close to 30 m²/ha at the age of maximum average production in the best places, and around 15 m²/ha (72 ft²/ac) for the poor but still productive sites.

If timber production had a financial optimization role, maximum densities and rotations would be lower than those for maximum physical yield. Financially oriented regimes must adapt to the economic climate in the country. For instance, in Mexico long term (>30 years) real rate of discount fluctuates from 1 to 5 % per year. Return rates in this range imply that best physical yield rotation (nearly 50 years), should come down to around 25 to 35 years. Consequently, harvested trees diameter would not be in the 40 cm (16 in) range, but closer to 25 cm (12 in) in good sites.

Fire

Ponderosa pines are well adapted to moderate fire regimes. Normal recurrence of fire runs close to five years. The forester must consider variations around this figure that may provide the best results. It is quite normal that for a given stand that fire may return after one year, or 15.

Prescribed burning is required when wildfire is only sporadic. The target in burning is to consume most 10 hr to 100 hr fuels, but leaving intact larger pieces, and leaving a duff and humus layer between 2 cm and 5 cm; no bare soil must be exposed by the fire effect, and no mineral soil calcination is tolerable.

After intense wildfires many large trees may die, but vigorous regeneration will appear quickly and fully occupy open spaces with no additional site prep. Complementary soil treatments are expected for burned sites where erosion might be imminent.

Protection

Protective silviculture treatments need to comply with official government directives, since in Mexico responsibility for forest protection is in the hands of public agencies. The expected role of the silviculturist is limited to cooperate in the official efforts. Hence, forest protection management at the forest level occurs as preventive policies implicit in normal production silvicultural regimes.

MANAGEMENT OF ASSOCIATED FOREST VALUES

Custodial responsibilities in timberlands represent a form of stewardship that is integrated into several decision making tiers:

- Added mandatory measures to normal silvicultural prescriptions. These schemes usually are intended to set policy, and occasionally manage legally protected species, sites, and populations. As of today, official concerns concentrate on a set aside policy for sites where certain species and vegetation types grow: *Picea* spp, *Pseudotsuga* spp, cloud forest, medium and high tropical forest, wetlands, riparian zones.
- Strive for an uninterrupted presence of as many diverse species, ecological processes, landscapes, successional stages as known to be naturally occurring in the ponderosa pine forests. Monitoring of silvicultural activities and their consequences is required to prevent normal silvicultural regimes to interfere with presence, abundance or functionality of known forest values.
- Maintain constant consultation with regional decision makers in a way as to harmonize long term policies in the forest, with regional plans that oversee populations, species, landscapes, and ecological processes.
- Forest lands surrounded by terrain with other land cover and uses, such as crop land, grazing grounds, urban and developed zones, need to be managed in a way that silvicultural activities form a proper transitional gradient between distinct environments. These interphase belts are quite diverse and they add considerable biological richness and resource management opportunities that sustain valuable life forms dwelling in these interphases. Special attention is due to the forest edge. This portion of the forest should be managed to develop low visibility structures surrounding the woods. Lush foliage of short trees, large herbs and brush should be retained and cultivated to offer this sort of green screen hiding the interior forest environment.

- Factors that trigger disturbance events must be guided to move recurrence cycles closer and closer to the natural regime. Disturbance incidents must occur in intensity, extension, and seasonal timing so that natural processes continue the desired dynamics. The return of the normal fire regime is a high priority issue. Fire effects should be foreseeable, controllable, and favorable to forest health needs of the ponderosa pine forest type, since this forest is a community that needs frequent, light and fast natural, or prescribed fire.
- When the forest owner expresses that having late successional stages is a management objective, or when certain important species need late successional environments, some portion of the forest may follow a specific silvicultural regime aiming at developing such landscapes.

For the time being (2012) the following are considered emblematic species. Please note that these species do not live inside ponderosa pine forests, they live and use resources in nearby communities, and they occasionally use the pine forest for thermal or hiding cover, perch or other purposes:

- Cotorra serrana, thick-billed parrot (*Rhynchopsitta pachyrhyncha*)
- Gorrión serrano, Sierra Madre sparrow (*Xenospiza baileyi*)
- Lobo, wolf (*Canis lupus baileyi*)
- Oso negro, black bear (*Ursus americanus*)
- Carpinteros, woodpeckers (*Picidae*)

In this document there is no prescription or policy to manage emblematic species. There is only a general guideline mandating to strive to maintain the physical continuity of forested lands, and to seek conditions approaching the conditions of wildlands.

It is now known that ancient peoples used fire extensively in the ponderosa pine forests. After centuries of constant fires, landscape changed to very large ponderosa pines isolated or in groups. These pines were surrounded by large open spaces covered by grass. Large trees have thick barks that allow them to survive the frequent ground fires.

This environment is great for deer and other large herbivores, whose presence attract large predators. These animals constitute prime game for the people that designed the landscape. Loss of timber productivity was of no concern. Today the large dimensions, and excellent quality of ponderosa pines in these fire dominated landscapes might represent a considerable economic value; however, the long time lapse needed to produce these trees and the low stocking level makes this regime financially unfeasible if sustained on timber production alone.

If tree cover could be maintained below 50 %, perennial grasses may grow well in the understory, especially with the help of frequent, light, ground fires. Then this stand structure could provide increased high quality water runoff for human consumption, domestic use, industrial use, recreation, fishing and other uses. On the other hand, silvicultural regimes that maintain full site occupancy lead to exponential reductions in water yield, moderate reduction in quality, and an increase in seasonal variability in the water output.

RESILIENCE

Ponderosa pines constitute a group of species with a tremendous genetic value. They have colonized many mountain regions in the North American subcontinent. This genetic wealth, if intentionally managed, could provide a proper material to grow in many places that may need it because of ecologic changes from the ongoing intense global climatic dynamics. Germplasm banks such as the one in Oregon (Ryan 2012), will be important assets storing options to respond to disturbance factors that might tax the resistance and resilience of natural forests. Ponderosa pines plasticity and rusticity are valuable advantages when these species are considered to reforest, or reclaim degraded sites. For transitional conditions in the sierra piedmont, and in places that do not have a good organic matter layer over the soil, or places with erosion signs, other pines with xeric preferences would be better choices; among ponderosas, only *Pinus engelmannii* might have a good performance in the juniper and oak forest of Durango and Chihuahua.

When reforested places are small (<10 ha, 22 ac), and if the ground still retains some fertility and resources, like when legacies are present, all ponderosa pines are excellent candidates to bring those grounds back into production, and to reintroduce high quality genes in the gene pool. Many sites in the Chihuahuan plateaus are currently covered by a degraded forest, with trees of little value and poor future perspectives. Shoot borers have damaged most trees in these sites, an indication of meager soil nutritional resources. Durango too has many stands understocked with old trees in poor shape. Degraded stands are candidates for stand replacement treatments, and if scheduled for regeneration, these stands represent opportunities to reintroduce high quality genetic materials, though species composition may not necessarily change. This is an enrichment operation, and it should be the ideal scenario to take advantage of available superior genetic materials from seed orchards.

These recommendations would end with a caveat: the immense geographic distribution of ponderosa pine species implies the existence of a considerable spectrum of different genetic materials. Responsible use of ponderosa pines potential demands careful selection of species and geographic origin. Seeds features must match site conditions and silvicultural system design. Other vegetation and animal life expected in the planting site should also be considered in plantation prescriptions so that the full potential of the planted trees can be expressed.

TRENDS IN PONDEROSA PINE SILVICULTURE

Diverse chronicles and reconstructions about the history of the forest industry in Mexico agree on describing ponderosa pine forests of early XX Century as the starting point of forest management practice. Forest industry begun under the influence of USA firms, particularly some from Oregon. American technology brought into Mexico included large sawmills, railroad transportation, and the emblematic Idaho jammer. Foreign presence in Mexico accelerated creation of a culture of work in the forest, including specialized jobs, administration, public policies, science, education, public culture.

Most silvicultural and technological decisions in the pioneer years were brilliant and successful. They were the reason why forestry has been operating on a continuous manner and for a long time. Public opinion, strangely, has been consistent in rejecting innovation until reality makes change unavoidable.

The central aim in this document is to speed up the innovation processes. The document offers elements of judgment about the need to constantly assess justifications and performance of decisions about the forest. At the time the Mexican forest management method and similar techniques were guiding forest management and silviculture, it seemed justified to assume the forest was an amorphous biomass, little more than a warehouse of industrial raw materials. The fundamental policy was setting the pace for timber removals. In some specific cases where options permitted a choice, it was also important to decide on locations and sequence of harvest to secure timber procurement for pulp and sawmills. Today's knowledge, economic system, information available about the forest and its dynamics and variability, and the

increased technological capabilities make it irrational to continue using old tools like dividing forest land into stands, management series, estimating timber inventories or their increments, yields, and all other means to assess the legality of timber harvesting.

To deem essential that harvested trees be first marked and measured on the spot, and then match values with additional measurements along the way to the sawmill, these concerns are unneeded remains from the past. Continuation of these schemes bogs down the introduction of better ideas. Scientific and technological advances demand a swift decision making that can opportunely respond to the ever changing forest conditions. The most important innovations rely on knowledge of the forest biology. Though it may look paradoxical, quantitative schemes of the past lead to inferior, slow, incomplete solutions about the things that need to be done. Numeric figures about productivity, production, standing stock, rate of harvest, sustainability of the forest, and similar elements are no longer needed in silviculture nor forest management; moreover, continued reliance on this type of information leads to errors and results far away from the better results possible. Old ways had an inclination for average figures, whereas the new forest challenges are those involved in managing biologic variability, and matching its opportunities and limitations to varied expectations and capabilities of diverse forest users and people affected by the forest condition.

From now on it is also advisable not to spend unlimited resources in restoration of every piece of forest that loses its cover, or suffer erosion, or damages by animals, logging, fire, hurricanes, insects, diseases, pollution, nor any other kind of loss. Disturbances are a necessary element of the forest, it is the energy and motor of forest change. Disturbances maintain forest as forest. After disturbance, new elements appear on the ground, and their presence provides a larger set of options and forest pathways. When a natural disturbance occurs, to regress to the previous stage is seldom the case in nature. It is seldom the best choice in silviculture, even for instances where restoring a condition similar to the past is attainable.

The historic situation today calls for responsible, consistent decision making. Forest management must be practiced by means that are in line with regulations. In the Mexican case these guidelines basically are the ones that are meant to protect the forest owner interests, and in a second tier, to oversee public issues and concerns, and upkeep the legal rights of all forest inhabitants.

Important recommendations in this document call for the repeal of unjust, old regulations, cumbersome customs, useless silvicultural practices in every issue about silviculture. Consider the fact that ponderosa pines are quite plastic, rustic, resilient. They are adapted to many different environments from Canada to Mexico. These pines grow along many other species, but not all present in the same location and moment, but a specific set of species matching the ecology of the site. Effective treatments tend to take advantage of these geographic peculiarities, while playing educated guesses about the different dynamic responses that are normal behavior of these forest communities. Hence, prescriptions in actual forestry operations are better carried out when they can be adapted to the moment's requirements for concrete sites, and their application should not be slowed down by planning targets nor policies that expect decisions defined many years in advance.

One such case needing flexibility and fast response is the frequent case of release treatments. Release of regeneration cannot be anticipated, it should be executed just before larger trees start shading the younger trees because the smaller trees are the target trees. This event might occur a year after the regeneration cut, but just as easily it could take 20 or more years and still be normal and efficient process for certain sites and certain widely spaced seedlings and saplings. Speeding up the process, or delaying treatment until it fulfills a certain schedule, both would be poor decisions. It is quite normal for ponderosa pine forests that ten or more years go away without any sign of the desired stand structure simply because most natural forests are slow changing communities. Silviculture, technology, talent of silviculturists, nor random chance are at fault in these cases.

By the same token, assessment of success in natural forest complementary planting, commercial plantations, and reforestation need not examine success, nor survival, but rather it should assess the amount of land sufficiently occupied by any form of desirable and productive land covers, and most of all, explain the reasons for those sites that failed in attaining sufficient coverage of high quality trees. Assessment should be designed for detecting failed treatments, or situations that demand further attention to reach goals. By and large, finding a large number of surviving planted trees do not necessarily means successful treatment, and many times it means that further treatments will be required to prevent overcrowding.

Today it should be quite normal to allow clearings to remain without trees when places are unsuitable for forested occupation, or when forestation might take many years to complete. It is also desirable to hold small and large permanent clearings, and forest edge transitional environments, as a means to provide spaces to nontimber vegetation needed for multiple objectives that the owner may deem important.

Situations described above tell a common story: success of the best silviculture cannot be defined by growth, yield, or successful regeneration of timber producing species. Success of the best possible silviculture means that the dynamics of site, stand, forest, and region is explained by actions that could not be more cost efficient in moving scenarios to a different and desired outcome, and when current events are widely accepted by stakeholders; the consumer of final forest products would be the preeminent of all stakeholders.

Winding down, the essentials that today distinguish ponderosa pine silviculture from the traditional ways pertain to the recognition of the many different biologically feasible methods and silvicultural systems. Each of these schemes offers a particular basket of results, products, and a certain band of spatiotemporal variability. The extended capabilities of this set of choices should be immediately available to forest managers.

CITED LITERATURE

- 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. 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. coords.) 2002. Mistletoes of North American Conifers. Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR-98, Rocky Mountain Research Station, USDA Forest Service, Ogden, UT USA 123p.

Mendoza B., 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

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.

ANNEX

Silviculture models parameters

Prognosis

Prognosis model statistical information is outlined in Mendoza (1985), Islas et al. (1988), and Islas and Mendoza (1989). Model structure follows:

CONCEPT	VARIABLE	UNITS
diameter	D(t)	Cm
diameter without bark	DIBARK(t)	Cm
Initial bark	BARKI(t)	Cm
final bark	BARKF(t)	Cm
height	H(t)	M
crown ratio	CR(t)	.
basal area of larger trees	BAL(t)	m ² /ha
volumen	V(t)	m ³
stocking	N(t)	árboles/ha
residual stocking	RESIDUALN(t)	árboles/ha
final stocking	NF(t)	árboles/ha
final diameter	DF(t)	Cm
final diameter without bark	DIF(t)	Cm
final height	HF(t)	M
final crown rate	CRF(t)	.
increment of square diameter without bark	DDS(t)	cm ² /década
current to potential increment rate	DDSRATIO(t)	.
aspect	ASP	grados (azimuth)
basal area	BA	m ² /ha
crown competition factor	CCF	.
distance to nearest seedling	DISTANCIAR	m
microtopography	MICROTOPO	clases
distance to nearest dead tree	DISARMU	m
diameter of death tree	DIAMUER	cm
slope	PENDIENTE	tasa 0 a 1

EQUATIONS

Diameter

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

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

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

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

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

Ingrowth

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

Crown ratio

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

Height

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

Volume

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

Mortality

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

Regeneration

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

COEFICIENT	VALUE
------------	-------

DIAMETER

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

CROWN

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

HEIGHT

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

INGROWTH

I1	3.506726
I2	-0.16543
I3	-0.614957

BARK

B0	0.840315
B1	0.050323
B2	0.668876
B3	0.049669

COEFICIENT	VALUE
------------	-------

VOLUME

V0	-9.88106
V1	1.89294
V2	1.04399

MORTALITY

M0	3.67155
M1	0.921912
M2	-0.031269
M3	-0.00270162
M4	-0.010963

REGENERATION

R0	-0.047007
R1	0.01511
R2	0.227216
R3	8.67727
R4	3.175519

Durango Biometric System (Vargas *et al.* 2012a, Vargas *et al.* 2012b). Currently equations for UMAFOR 1006 San Dimas, y UMAFOR 1008 El Salto, have been released for:

Above ground volume (includes branches)

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

Where:

V = volume, m³

DIAM = diameter, cm

ALT = height m

PARAMETERS		UMAFOR 1008 El Salto			UMAFOR 1006 San Dimas		
GENUS	SPECIES	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>maximinii</i>	5.89E-05	2.086931	0.797988			
<i>Pinus</i>	<i>michoacana (devoniana)</i>	5.32E-05	2.0629	0.878615			
<i>Pinus</i>	<i>ocarpa</i>	9.22E-05	2.092287	0.633552			
<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

Log volume

Fang model:

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

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

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

Where:

v = commercial volume between smaller diameter r(1) and larger diameter r(2), centimeters. Log volume in cubic meters

V= total tree volumen, cubic meter

D= diámetro normal cm

ALT= heigth, m

p(1)=h(1)/H

p(2)=h(2)/H

UMAFOR 1008 El Salto									
GENUS	SPECIES	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	1.91384	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>sideroxylla</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									
GENUS	SPECIES	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>sideroxyla</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		

Site quality

Site index

GADA

Bertalanffy-Richards model

$$Y = Y(0) * [(1 - e^{-b(1)t}) / (1 - e^{-b(1)t(0)})]^{(b(2) + b(3))} / X(0)$$

Were

Y= dominant height m

t(0)= base age, years

t= current age, years

GENUS	SPECIES	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>lumlholtzii</i>	0.021893	2.61825	11.92108			
<i>Pinus</i>	<i>maximinii</i>	0.096682	256.662	805.2213			
<i>Pinus</i>	<i>michoacana (devoniana)</i>	0.084298	120.968	395.7362			
<i>Pinus</i>	<i>oocarpa</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

Site Index for *Pinus cooperi*

Chapman-Richards polimorphic model

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

Where

IS= site index

EB= IS base age

HD= dominant height, m

EDAD= age, years

$$B(1)= 40.36514411$$

$$B(2)= -0.00781872$$

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

Competition (in basal area, Glover and Hool)

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

Where

IAB(i)= Basal area competition index for tree i

D(i)= diameter of tree i

D(j)= diameter of trees competing with i, in parcel j

n= stocking parcel j, trees per hectare

Diameter increment

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

Where

INC(i)= five year increment in diameter, cm

H(i)= tree height

AM= average height

IS= site index for base age=50 years

IAB(i)= basal area competition index for tree i

D(i)= diameter of tree i, cm

EM = mean age, years

$$B(4) = -0.500688$$

$$B(5) = 2.06385$$

$$B(6) = -0.142535$$

$$B(7) = 12.260916$$

Height increment

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

INCH(i)= annual height increment of tree i, m

H(i)= height of tree i

EM= mean age

IS= site index at 50 years base age

IAB(i)= basal area competition index for tree i

D(i)= diameter of tree i, cm

$$B(8) = -1.083396$$

$$B(9) = 1.659269$$

$$B(10) = -0.254507$$

$$B(11) = 12.898775$$

Mortality

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

Where

p= probability of death before four years for tree i

D(i)= diameter of tree i, cm

IAB(i)= basal area competition index for tree i

IS= site index at 50 years base age

$$B(12)= 5.818939$$

$$B(13)= -0.896119$$

$$B(14)= 1.317752$$

$$B(15)=-0.076396$$

Ingrowth

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

Where

NN= measurable trees ingrowth in the following five years, trees per hectare

IS= site index at 50 years base age

AB= basal area, m²/ha

C= previous entry harvest intensity, 0 to 100 %

DB= mean diameter of trees < 7.5 cm

$$B(16)= 0.183474$$

$$B(17)= -1.300624$$

$$B(18)= 0.016330$$

$$B(19)= 0.001338$$

Tree volume

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

Where

$V(i)$ = volumen of tree i , m^3

$D(i)$ = diameter tree i , cm

$H(i)$ = height of tree i , m

$$B(20) = 0.980899$$

$$B(21) = 0.4197235$$

Members of NAFC Silviculture Working Group

Canada

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

United States

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 (observer)

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

FAO, NAFC, BOA Rick Scott

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

Mexico

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 B.

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

Notes

A series of 21 horizontal dotted lines for writing notes.

Notes

A series of horizontal dotted lines for writing notes, spanning the width of the page.



SEMARNAT

SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE
Y RECURSOS NATURALES

EJEMPLAR GRATUITO
PROHIBIDA SU VENTA
www.conafor.gob.mx
01800 73 70 000



Food and Agriculture
Organization of the
United Nations