

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA



La Silvicultura en los Bosques Templados de México.

Por:

EBER ADDAEL LÓPEZ JUÁREZ

MONOGRAFÍA

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO FORESTAL

Saltillo, Coahuila, México

Junio de 2012

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO FORESTAL

La Silvicultura en los Bosques Templados de México.

Por:

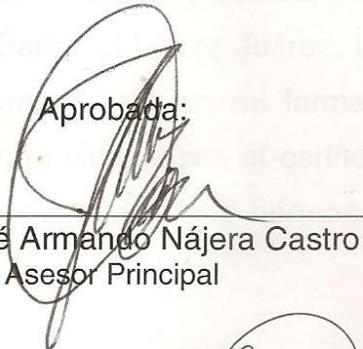
EBER ADDAEL LÓPEZ JUÁREZ

MONOGRAFÍA

Como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO FORESTAL

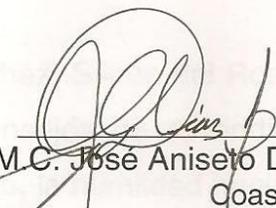
Aprobada:



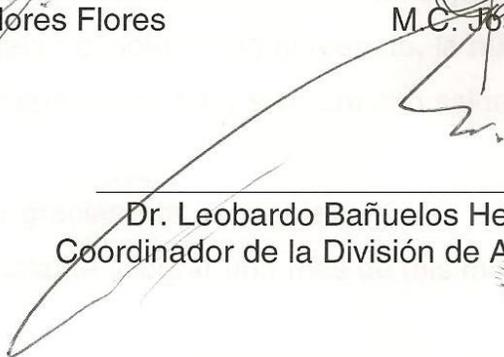
M.C. José Armando Nájera Castro
Asesor Principal



C. Jorge David Flores Flores
Coasesor



M.C. José Aniseto Díaz Balderas
Coasesor



Dr. Leobardo Bañuelos Herrera
Coordinador de la División de Agronomía



Saltillo, Coahuila, México Coordinación
Junio de 2012 División de Agronomía

DEDICATORIA

A DIOS: Por darme la oportunidad de vivir, y de cumplir la meta más importante de mi vida, que es obtener mi carrera profesional, además, por haberme cuidado, acompañado y ayudado en los momentos difíciles de mi estancia en la universidad.

A MIS PADRES: Raymundo del Carmen López Clemente y Lucrecia Amparo Juárez Ordoñez; por darme la herencia más grande que se le puede dar a un hijo a quien les debo lo que soy; porque día con día han luchado para que sus hijos salgan adelante y tengan un futuro mejor en la vida. Gracias por la confianza, el apoyo, el amor, la amistad y los sabios consejos que me brindaron para salir adelante en mi carrera profesional.

A MIS HERMANOS: Mirna Daniela López Juárez, Jorge Alberto López Juárez, Arely del Carmen López Juárez y Gamaliel López Juárez. Los mejores hermanos del mundo; con todos tengo una enorme deuda en mi formación, porque siempre me apoyan en todos los momentos de mi vida, y por el cariño y confianza que me han tenido, las cuales forman parte en mi vida y una hermosa familia junto a nuestros padres. Gracias por confiar en mí.

A MIS ABUELOS: Abelino Juárez Sánchez, Sílfide del Rosario Ordoñez Álvarez y Estela Clemente José, Con sus sabios consejos he aprendido mucho y me han enseñado a salir adelante, sobre todo el respeto, la humildad hacia las demás personas y gracias a sus oraciones para estar siempre con salud y felicidad, los quiero mucho.

A MIS TÍOS: gracias por confiar en mí, por sus consejos y cariño que me han servido para salir adelante y lograr una más de mis metas.

AGRADECIMIENTOS

A mi **ALMA MATER**, la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, por darme la oportunidad de concluir esta etapa de mi vida en sus instalaciones, especialmente al personal docente del Departamento Forestal.

AL M.C. JOSÉ ARMANDO NÁJERA CASTRO, asesor principal, por colaborar en la revisión de la monografía y por su gran amistad, en los pocos o tantos ratos que convivimos durante la carrera, así como el apoyo que me proporcionó en todo momento; quiero expresarle mi más sincera gratitud ya que como maestro y amigo es una excelente persona y no tengo palabras para describirlo, que dios lo colme siempre de dicha y felicidad junto con su familia.

AL M.C. JOSÉ ANISETO DÍAZ BALDERAS, por su valioso tiempo y asesorías brindadas para concluir esta monografía, y que como maestro y amigo es una excelente persona a quien estoy infinitamente agradecido. Que dios lo cuide a usted y a toda su familia.

AL M.C. JORGE DAVID FLORES FLORES, Por brindarme parte de su tiempo para que llevara a cabo la realización de este trabajo, que sin ello hubiera sido imposible la realización del mismo, gracias por transmitirme parte de sus conocimientos que me han servido de mucho para salir adelante. Que dios lo bendiga a usted y a su apreciable familia. De todo corazón gracias profesor.

A todos los profesores del Departamento Forestal, que me transmitieron su sabiduría para mi formación, muchas GRACIAS a todos.

A mis compañeros y amigos de generación gracias por todos los momentos de alegría, tristeza y enojo que pasamos juntos, les deseo lo mejor del mundo y que dios los bendiga a todos ustedes y a sus familias.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Página
ÍNDICE DE CUADROS	iii
ÍNDICE DE FIGURAS	iv
RESUMEN	v
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Objetivos.....	3
II. METODOLOGÍA	4
III. ORIGEN Y EVOLUCIÓN DE LA SILVICULTURA EN EL MUNDO	5
3.1 Evolución de la silvicultura en Europa.....	5
3.2 Evolución de la silvicultura en Estados Unidos.....	12
IV. EVOLUCIÓN DE LA SILVICULTURA EN MÉXICO	15
4.1 Periodo de caos (1521-1900).....	15
4.2 Periodo de gestación (1901-1932).....	16
4.3 Periodo pionero (1933-1972).....	19
4.4 Periodo de transformación (1973-1988).....	23
V. LA SILVICULTURA COMO CIENCIA BIOLÓGICA	26
5.1 La silvicultura como ecología aplicada.....	27
5.2 Técnicas ecológicas.....	28
5.3 Herramientas silvícolas.....	29
5.4 El medio ambiente forestal.....	30
5.4.1 Macroclima y microclima.....	31
5.4.2 Variables microclimáticas.....	31
5.4.3 Factores que afectan el microclima.....	32
5.5 Sucesión vegetal.....	34
5.5.1 Sucesión secundaria.....	35
5.6 Disturbios y dinámica del rodal.....	36
VI. LA SILVICULTURA EN LOS BOSQUES COETÁNEOS	41
6.1 Tratamientos intermedios.....	41
6.1.1 Corta de limpia.....	42

6.1.2	Corta de liberación.....	44
6.1.3	Aclareo.....	45
6.1.4	Corta de mejora.....	46
6.1.5	Corta de recuperación.....	47
6.1.6	Poda silvícola.....	47
6.2	Tratamientos de regeneración o reproducción.....	48
6.2.1	Factores que afectan el establecimiento de la regeneración natural.	51
6.2.2	Método de matarrasa.....	54
6.2.3	Método árboles padre.....	58
6.2.4	Método de cortas de protección.....	60
6.3	Tratamientos complementarios.....	63
6.3.1	Tratamientos o labores al suelo forestal.....	64
6.3.2	Tratamiento a la cobertura vegetal competidora.....	64
6.3.3	Control de los enemigos bióticos.....	65
6.3.4	Tratamientos del suelo mineral.....	65
VII.	LA SILVICULTURA EN LOS BOSQUES INCOETÁNEOS.....	66
7.1	Tratamientos intermedios.....	66
7.2	Tratamiento de regeneración.....	67
7.2.1	Método de selección.....	67
7.3	Tratamientos complementarios.....	71
7.3.1	Tratamiento o labores al suelo forestal.....	71
7.3.2	Tratamiento a la cobertura vegetal competidora.....	71
7.3.3	Control de los enemigos bióticos.....	72
7.3.4	Tratamiento del suelo mineral.....	72
VIII.	LA INVESTIGACIÓN SILVÍCOLA EN BOSQUES TEMPLADOS DE	73
	MÉXICO.....	
IX.	LAS NUEVAS TENDENCIAS DE LA SILVICULTURA.....	81
X.	OPORTUNIDADES Y RETOS DE LA SILVICULTURA EN MÉXICO.....	84
XI.	LITERATURA CITADA.....	86

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Tendencias actuales de la silvicultura en el mundo.....	14
Cuadro 2. Árboles a remover siguiendo el método de aclareo por lo bajo.....	46

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Rodal de pino antes y después de una limpia.....	43
Figura 2. Rodal joven saliendo del periodo de regeneración. Momento adecuado para la corta de los árboles sobresalientes; aún no han causado daños al renuevo.....	44
Figura 3. Corta total de todo el rodal, con la regeneración asegurada de semilla diseminada desde los árboles ubicados fuera del área tratada.....	55
Figura 4. Arreglo en fajas alternas.....	56
Figura 5. Arreglo en fajas progresivas.....	56
Figura 6. Matarrasa en grupos o bosquetes.....	57
Figura 7. Método de árboles semilleros o árboles padres. A) Con árboles aislados. B) Con árboles agrupados.....	59
Figura 8. Diferentes tipos de cortas que se efectúan en el método de cortas de protección. A) Rodal antes de las cortas B) Rodal después de la corta preparatoria. C) Rodal después de la corta de establecimiento. D) Rodal después de una corta de remoción, faltando únicamente la corta final.....	62
Figura 9. Diagrama de un rodal incoetáneo completo manejado por el método de selección de árboles individuales en un ciclo de corta de 15 años. Cada cono representa un árbol de la edad que se indica. El árbol con la edad de 90 años está listo para ser cortado y reemplazado por numerosas plántulas, mientras que el número de árboles de las clases de edad intermedias ha sido reducido con aclareos.....	70

I. INTRODUCCIÓN

La silvicultura ha sido definida como el arte de producir y mantener un bosque; la aplicación de los conocimientos silvícolas en el tratamiento de un bosque, o la teoría y la práctica de controlar el establecimiento del bosque, su composición, estructura y crecimiento. En vista de que la práctica silvícola es ecología forestal aplicada, es también en su mayor parte tecnología biológica que pone las cartas del manejo de ecosistemas en acción (Smith *et al.*, 1997).

La práctica de la silvicultura está, en cualquier país o región, en un estado continuo de evolución, paralelo al de la sociedad local. En aquellos lugares en que la madera y la tierra son relativamente abundantes respecto a las demandas sociales, las practicas forestales son, por necesidad, mínimas y extensas. Esta era la situación de una gran parte de Norteamérica antes de 1940, ya que en el mejor de los casos, la necesidad de un control silvícola estricto del desarrollo del rodal era por lo general mínima. A medida que se desarrollan las sociedades, tanto en tamaño como en complejidad, las demandas de recursos en intensidad y diversidad son mayores, de manera que las practicas de ordenación o de manejo de la tierra tienen que cambiar continuamente y de modo proporcional (Daniel *et al.*, 1982).

Serrada (2008) define la selvicultura o silvicultura (del latín silva=selva, bosque; y cultura=cultivo) como el modo de aplicar el conocimiento de la estructura, crecimiento, reproducción y formas de agrupación de los vegetales que pueblan los montes, de forma que se obtenga de ellos una producción continua de bienes y servicios necesarios para la sociedad.

La silvicultura según la definición actual es la ordenación o el manejo científico de los bosques para la continua producción de bienes y servicios, la silvicultura es algo más que la utilización de los productos que posee un bosque silvestre y desordenado, ya que esta supone la existencia de una hábil planificación para garantizar una

producción cierta y continua de los bienes y servicios para nuestra economía actual (Daniel *et al.*, 1982).

Espinoza y Muñoz (2000) describen la silvicultura como la ciencia y el arte del cultivo, mantención y desarrollo de los bosques, donde son aplicados una serie de tratamientos en rodales forestales con el objetivo de mantener o aumentar su productividad, el propósito de la silvicultura es que los bosques produzcan la mayor cantidad posible de bienes y servicios útiles a la sociedad por generaciones tras generaciones de hombres y de árboles.

La palabra silvicultura significa “cultivo del bosque” y es el arte de producir y manejar un bosque por medio de la aplicación de la biología y las interacciones ecológicas de la especie o especies en cuestión de manera continua, con el fin de obtener de la corta de árboles utilidades sostenidas y otros beneficios. Por ello, la silvicultura es hoy considerada como una ciencia mediante la cual se crean y conservan no sólo los bosques, sino cualquier masa forestal, aprovechándola de un modo continuo con la mayor utilidad posible y teniendo especial cuidado en su regeneración, ya sea de tipo natural o artificial (Ordoñez, 2008).

La silvicultura es la rama de la dasonomía que se ocupa de la regeneración, establecimiento, desarrollo y tratamiento de los montes. La silvicultura, considera el monte como una comunidad de plantas, para que la silvicultura resulte eficiente debe basarse en el conocimiento de la naturaleza de los árboles y del monte (Fors y Reyes, 1947).

Palabras clave: Origen y evolución de la silvicultura, ordenación forestal, deforestación, tendencias.

1.1 Objetivos

1. El objetivo del presente trabajo fue revisar, sintetizar y discutir la información disponible sobre la silvicultura en los bosques templados de México.
2. Generar un documento que integre el origen y evolución de la silvicultura y que a la vez sirva de consulta para estudiantes y maestros de la especialidad forestal y otras carreras afines.

II. METODOLOGÍA

El presente trabajo es un estudio de investigación bibliográfica, recopilación de datos y búsqueda de información sobre la Silvicultura en los bosques templados de México. Para tal fin se realizó una revisión de literatura existente en la biblioteca central de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, consulta de publicaciones en línea y además se recibió el apoyo de maestros especialistas en el tema.

Para llevar un orden y seguimiento de la literatura consultada, se estableció inicialmente un guión temático que permitió rastrear la información punto por punto para así poder obtener el documento deseado.

Lo anterior con la finalidad de analizar el origen y evolución de la silvicultura en el mundo y en México, los primeros estudios publicados sobre el manejo de los bosques, a si como también cómo ha evolucionado la enseñanza forestal en nuestro país.

III. ORIGEN Y EVOLUCIÓN DE LA SILVICULTURA EN EL MUNDO

Para el hombre primitivo el bosque no tuvo aparentemente un significado de recurso por administrar, dado que su escasa capacidad técnica hacía inútil toda actividad de conservación o administración del mismo. El bosque tuvo más bien un significado de fuente de alimentos y de refugios en momentos de ataque de tribus hostiles numéricamente superiores (Mendoza, 1983).

Velázquez (1981) citado por Rivero y Zepeda (1990), indica que ya para el año 1122 A.C. se practicaba en China la silvicultura bajo la supervisión de una comisión imperial. Según este autor, la caza era abundante y las comisiones encargadas de cuidar el bosque se conocían como guarda bosques.

La ordenación forestal, como otras disciplinas, ha evolucionado paulatinamente a lo largo del tiempo. Su origen es un tanto incierto al igual que otras ramas del conocimiento, su fundamentación inicial fue empírica. Se intuye que la relación entre el hombre y el bosque tuvo su origen en tiempos anteriores a los primeros registros históricos (Mendoza, 1983; Rivero y Zepeda, 1990).

3.1 Evolución de la silvicultura en Europa

El origen de la silvicultura es en Europa en el siglo X (901-1000), cuando la deforestación generó escasez de productos forestales a nivel regional, o bien cuando el medio ambiente se degradó al punto de afectar la calidad de vida de estos pueblos. La silvicultura inicial que se desarrolla en esta época surge con el objetivo de restaurar los bosques, muy deteriorados en todos los países Europeos. Su objetivo es desarrollar métodos de explotación de los recursos forestales que no impliquen la desaparición de los propios sistemas de producción, es decir, los bosques (Abellanas, 1990; Mendoza, 1983).

En el año 50 A.C. aproximadamente, se concentra el primer registro escrito sobre el manejo de un bosque de castaño en Europa con fines de producción de estacas, considerando turnos de producción de entre 3 y 5 años (Rivero y Zepeda, 1990).

En el año 1066, el Rey Canute de Inglaterra, así como Guillermo el conquistador emiten las primeras leyes, que tenían como objetivo mantener e incrementar la población de bestias (de interés cinegético), preservar el libre movimiento de la fauna y la estructura del bosque donde la fauna prosperara. En este caso el interés no se centraba en la madera, si no en la fauna silvestre (Mendoza, 1983).

En 1368, en la ciudad de Nuremberg, en el norte de Bavaria, se siembra algunas especies de pino, abeto y picea en una gran área quemada en las afueras de la ciudad (Rivero y Zepeda, 1990).

Durante los años 1280, 1318 y 1346, se crea en Francia las ordenanzas que son dictadas para regular las cortas, situar como objetivo el mantenimiento sostenido del bosque y para crear un cuerpo administrativo de maestros del bosque (Mendoza, 1983).

En 1376 y 1669, la ordenanza de Mélnun, emitida por Carlos V, se prescribe que las áreas de cortas fueran de 25-40 acres y que deberían estar protegidas contra animales domésticos. En tales parcelas deberían dejarse algunos sujetos para asegurar la regeneración y esta se complementaba con siembras, principalmente encinos, los propietarios podían cortar únicamente la posibilidad de su bosque, de forma tal que este mantuviera un rendimiento continuo (Mendoza, 1983; Rivero y Zepeda, 1990).

En 1662 y 1669 se efectúa en Frankfurt una siembra parecida a la realizada en Nuremberg. A si como también en Francia se ordenan muchas severas por la destrucción desenfrenada de los bosques por incendio y pastoreo. John Evelyn publica en Inglaterra su obra titulada "Silva". Colbert da a conocer en Francia un código forestal nuevo, aplicable no solo a bosques estatales si no a todos los bosques independientemente del dueño (Rivero y Zepeda, 1990).

A mediados del siglo XIV (1301-1400), en Francia y ciertos lugares de Alemania se aprecia la necesidad de restringir el tamaño de las parcelas de corta anuales, a fin de asegurar que la última parcela se cortara hasta que la primera estuviese lista para cortarse nuevamente. Se instrumenta en si un método incipiente de control por área, donde se establece que los turnos de corta fuesen entre 20 a más de 100 años (Mendoza, 1983; Rivero y Zepeda, 1990).

En 1482, Eduardo IV de Inglaterra establece la opción de que los propietarios forestales en Inglaterra instalen cercas de protección en las áreas de regeneración (Mendoza, 1983).

Mendoza (1983), menciona que Enrique VIII de Inglaterra en su acta de preservación de bosques en 1543. Que es obligatorio la práctica del cercado de las áreas cortadas y prescribe la selección de arboles semilleros que deberían quedar en pie para garantizar la regeneración, a si como también restringe la entrada del ganado, particularmente de potros y becerros durante un periodo de cuatro a siete años. También emite que los turnos en monte bajo sean de 14-24 años y en monte alto de 20 años.

En 1570 Elizabeth I de Inglaterra efectúa ciertas reformas al acta anterior de Enrique VIII que consisten fundamentalmente en ampliar los tiempos de cercado y la exclusión completa de cualquier tipo de ganado (Mendoza, 1983; Rivero y Zepeda, 1990).

Rivero y Zepeda (1990) mencionan que entre 1544 y 1597 evoluciona el método de aprovechamiento de áreas contiguas. Este método perseguía ya cierta progresión ordenada que permitiera un escalamiento de masas en estado de desarrollo sucesivo.

En 1661 y 1669, el rey Luis XIV de Francia emite ciertas ordenanzas relativas a la autorización formal de todas las cortas y se establecen controles acerca de la

ubicación, extensión y procedimientos para las cortas finales. Los abusos son severamente reprimidos con lo que, en la práctica se provoca el desaliento de las cortas intermedias que son las que por su facilidad se prestan a los excesos (Mendoza, 1983; Rivero y Zepeda, 1990).

En 1696 se realizan los primeros estudios dasonómicos, en un bosque municipal de Sihlwald, Alemania, donde se aprovecharon 20,000 pies de madera y curiosamente el aprovechamiento de este bosque ha continuado igual (Mendoza, 1983)

Según Rivero y Zepeda (1990), en 1727 se prohíbe en Francia la corta a Matarrasa en lugares montañosos, donde se cortan solamente algunos árboles y empieza a usarse el concepto de ciclo de corta.

En 1736, en una ordenanza alemana de Hersse-Nassau se prescribe la aplicación de tres cortas en los aprovechamientos. Una de semillación, una secundaria y otra final; es decir, se aplica el método de tratamiento conocido como cortas sucesivas o de protección del método de arboles padres, el cual era el método dominante en Europa (Mendoza, 1983).

En 1740, Bollen expone formalmente un método de regulación por volumen. Este dividía el bosque en compartimentos cuyas superficies permitían una corta periódica, idéntica en volumen, que al finalizar la corta del último compartimento, hubiera transcurrido un periodo igual a la edad deseada para la cosecha del árbol, comúnmente llamado turno (Mendoza, 1983).

En 1760, gran parte de los bosques franceses fueron sujetos a alguna forma de regulación todavía empírica y grandes extensiones habían reforestadas (Rivero y Zepeda, 1990).

La enseñanza y la aplicación generalizada de la selvicultura comienza en 1763, cuando Hans Diethich crea la primera escuela forestal en Ilsenberg Alemania, también

se constituyen los primeros Servicios Forestales organizados para la administración de los montes y donde empiezan a surgir centros de enseñanza forestal en los que se forma a los técnicos encargados de llevar a cabo esta tarea. En ese entonces los alemanes eran considerados los grandes maestros de la silvicultura en los siglos XVIII (1601-1700) Y XIX (1801-1900), tuvieron la visión de convertir esto que era casi una afición práctica, en una profesión (Abellanas, 1990; Mendoza, 1983).

Las primeras escuelas forestales se fundaron en las postrimerías del siglo XVIII (1601-1700) y principios del XIX (1801-1900), impartándose la enseñanza dasonómica en las principales universidades Europeas, especialmente en Alemania y Francia. Para principios del siglo XX, casi todos los países de Europa contaban con escuelas superiores de educación forestal. Cabe mencionar que las más prestigiadas, fueron la de Nancy, en Francia y la escuela de guardas de Barres, en Alemania y hay que señalar las destacadas escuelas superiores de Eberswalde, Tharandt y Munchen, la de Estocolmo en Suecia, la de Zurich en Suiza, así como otras publicadas en Australia e inclusive en España (Abellanas, 1990).

En 1764, Von Zanthier compara el efecto del costo del capital en el bosque en cuanto a la reducción de las utilidades netas y en la longitud del turno, la comparación financiera la hizo con varias especies y en 1765 Oettelet demuestra en Alemania la conveniencia económica de los aclareos (Mendoza, 1983).

En el transcurso de 1768, 1788 y 1830 se puede decir que se establecen las bases de la ordenación forestal. Se genera el método de regulación conocido como Austriaco, el cual está basado en el concepto de bosque normal y que por medio de relaciones matemáticas entre existencias, incremento y posibilidad, indica la madera que es posible cosechar en el bosque normal para mantenerlo y en bosques naturales para llevarlos a la normalidad (Rivero y Zepeda, 1990).

George Harting, entre 1789 y 1807 funda en su casa de Herssen, Wuttenberg, una escuela forestal que después es mudada a Stuttgart, llamada escuela Prusiana y

en 1791 J. Trunk funda en Freiburg, Alemania otra escuela forestal (Rivero y Zepeda, 1990).

En 1795, Harting publica su trabajo sobre regulación por volumen; P. Seebach da recomendaciones en Alemania sobre la aplicación de aclareos; J. Paulsen publica en Alemania la primera tabla de rendimiento; y Heinrich Cotta funda su escuela Sanjoniana privada en Zillbach, Thuringia, posteriormente la traslada a Tharand y cambia a academia de ciencias forestales; en 1930 pasa a Dresden (Rivero y Zepeda, 1990).

En 1811, Harting se convierte en la cabeza del servicio forestal prusiano y lleva su escuela a Berlín, después a Eberswald, su sitio actual (Brasnett, 1953, citado por Rivero y Zepeda, 1990).

En 1824, Bernard Lorenz funda en Nancy Francia, la escuela forestal estatal francesa, la fundación de esta escuela marca el inicio de una época de rápido desarrollo de la técnica del manejo (Mendoza, 1983).

Durante 1830 y 1840, en las regiones de Vosges y Jura se continúa con la regulación de rodales de selección a base de número de árboles; P. Seebach construye una tabla de espaciamiento para *Fagus sylvatica* en Alemania (Brasnett, 1953, citado por Rivero y Zepeda, 1990).

Entre 1849 y 1865, M. Faustmann, Pressler y Heyer complementan la teoría de valoración de montes. F. Judeich propone el manejo individualizado de rodales (Mendoza, 1983).

En 1880, Gayer propone el método de selección en grupos, como una opción al tratamiento de especies intolerantes, supone el estado de incoetaneidad (Mendoza, 1983).

En 1883, se prohíbe la corta a Matarrasa en la selva negra, debido a problemas de erosión y en su lugar se aplica el método de selección usando la fórmula de Von Mantel; también en este año aparece el método de regulación atribuido a Mélard (Brasnett, 1953, citado por Rivero y Zepeda, 1990).

En 1888 y 1890, Kratt define la primera clasificación silvícola. Puton propone el método de bloque periódico simple (Rivero y Zepeda, 1990).

Durante el siglo XIX se consolidó la teoría tradicional del manejo forestal al investigarse la diversidad de variantes que, los modelos de regulación por área y por volumen, permitían bajo diferentes políticas de administración. También contribuyó a ello el desarrollo de los restantes métodos silvícolas conocidos a la fecha. Entre los sistemas silvícolas, nacidos en el siglo XIX, se cuenta el de la selección en grupos, propuesto por Gayer en 1880, como una opción al tratamiento de especies intolerantes, el sistema de Matarrasa en fajas también recibió considerable desarrollo (Mendoza, 1983).

El desarrollo científico del siglo XIX condujo a los dasónomos hacia el estudio cuantitativo de los bosques por medio de parcelas permanentes de experimentación, análisis troncales y otras técnicas de medición. También generaron modelos matemáticos del árbol y del bosque, tales como las tablas normales de producción, la concepción matemática del bosque fue, también, la base de la proliferación de métodos y formulas de estimación de posibilidad y control de las cortas (Mendoza, 1983).

Durante el siglo XIX y la primera mitad del siglo XX abundaron publicaciones relativas a modelos matemáticos que definían el ideal estado de normalidad, sus características silvícolas de rendimiento y de manejo a nivel bosque, estos modelos fueron la base de muchos otros métodos de cálculo de la posibilidad y regulación de las cortas, y su importancia practica fomento el desarrollo de las técnicas de medición forestal (Mendoza, 1993).

3.2 Evolución de la silvicultura en Estados Unidos

En el periodo de 1896-1898 Cary Graves y Pinchot, realizan los primeros estudios de crecimiento basados en lo que se conoció como análisis de tocones. Este tipo de estudios brindó información sobre el crecimiento corriente de los arboles individuales, sin tomar en cuenta mortalidad, incorporación, etc., que permitiera la predicción del incremento neto de los rodales (Spurr, 1952, citado por Rivero y Zepeda, 1990).

El Dr. C. A. Schenek funda en 1897 la escuela forestal Biltmore, la cual cierra en 1913. También el Dr. Fernow en 1898 funda el colegio forestal de New York en la universidad de Cornell, el cual cierra en 1903 (Spurr, 1952, citado por Rivero y Zepeda, 1990).

En 1903, Sherrard realiza uno de los primeros estudios de valoración en relación con la protección de los bosques. Se crea el servicio forestal estadounidense en 1905 y con ello se empieza a atender los problemas de organización, protección contra el fuego, pastoreo, mejoramiento y venta de madera (Meyer *et al.*, 1951, citado por Rivero y Zepeda, 1990).

En el año de 1908, Graves señala que la mayoría de forestales en los Estados Unidos se han comprometido a establecer las bases de la dasonomía y que a esa fecha poco han hecho por ello. En 1915 se reporta que el manejo de los bosques nacionales de Santa Fe es completamente justificado desde el punto de vista del manejo silvicultural.

Después de la primera guerra mundial, se da amplia difusión a las prácticas silviculturales. Algunos dasónomos sobresalientes señalan que los métodos Europeos no son aplicables del todo a los tipos y condiciones imperantes en los Estados Unidos. King, McCarthy y Robertson, Fenska y Lauderburn en el período de 1916-1924

empiezan a realizar estudios de crecimiento, utilizando cilindros de madera extraídos con el taladro de Pressler.

En 1920 se prevé que el manejo forestal Norteamericano debe desarrollarse de acuerdo a la realidad económica del país y no de acuerdo a las prácticas forestales Europeas; el concepto de rendimiento sostenido provoca poco interés en la industria privada (Meyer *et al.*, 1951, citado por Rivero y Zepeda, 1990).

En 1921, G. Pinchot declara que Estados Unidos debe tener una política forestal nacional para la conservación y regulación de sus bosques. Se critica en 1925 el intento de transferir la silvicultura europea a los bosques norteamericanos.

En 1933, la segunda guerra mundial provoca un incremento en la actividad forestal por parte de las gerencias federales, principalmente construcciones de caminos, plantaciones de árboles y otras actividades de corporaciones civiles de conservación. En el año de 1950 se da un gran énfasis al desarrollo de las Matarrasas con regeneración natural y artificial (Rivero y Zepeda, 1990).

La evolución de la enseñanza forestal en Europa fue en ascenso, hasta lograr que la carrera de ingeniero forestal fuera reconocida, por el acopio de conocimientos, al mismo nivel de las otras importantes ramas de la ingeniería. Los Estados Unidos destacaron en materia forestal al establecer el primer parque nacional en 1872; más tarde, al inicio del siglo XX, el presidente Theodore Roosevelt dio un gran impulso a la conservación de los recursos naturales, con el extraordinario trabajo de Gifford Pinchot, director de las guardas forestales. Para esos años los Estados Unidos ya contaba con más de 20 escuelas de educación superior y numerosos planteles para la instrucción de guardas forestales (González, 2001; Rivero y Zepeda, 1990).

Actualmente las tendencias del manejo forestal mundial han cambiado y que países como Estados Unidos, entre otros, se encuentran a la vanguardia de tales cambios o avances (Cuadro 1).

Cuadro 1 Tendencias actuales de la silvicultura en el mundo (Abellanas, 1990).

TIPO DE SELVICULTURA	ÁMBITO	PERCEPCIONES DEL BOSQUE	UTILIDADES	CARACTERÍSTICAS
Selvicultura Mono funcional	Países poco montañosos del norte de Europa con gran cantidad de recursos forestales y baja densidad de población. Países con escasez de bosques. Bosques artificiales de carácter productivo.	El Bosque unidad de producción primaria.	Producción de madera	Selvicultura intensiva. Minimización de costes de explotación. Desarrollo y utilización de maquinaria pesada. Materia primaria homogénea y normalizada. Cortas en grandes superficies.
Selvicultura multifuncional	Países con recursos forestales limitados y alta densidad de población (Europa centro-occidental).	El bosque como ecosistema natural con múltiples funciones productivas y sociales.	Productos primarios (madera). Protección del medio natural (aire, suelo, agua). Ocio y recreo. Paisaje y funciones estéticas. Conservación de la biodiversidad.	Selvicultura próxima a la naturaleza. Importancia de las implicaciones ecológicas de las intervenciones. Soluciones de compromiso para atender múltiples propósitos. Producción directa como fuente de financiación de la silvicultura.
Selvicultura ecologista	Países con muy escasos recursos forestales, fuertemente industrializados y con alta densidad de población.	El bosque como reserva natural de carácter social al servicio de poblaciones urbanas.	Beneficios ambientales (protección y purificación). Conservación de flora y fauna. Paisaje y estética. Ocio y recreo.	Selvicultura de conservación. El principal objetivo es la preservación de la estabilidad ecológica. Sólo es posible la financiación pública. La producción directa es accesoria.

IV. EVOLUCIÓN DE LA SILVICULTURA EN MÉXICO

Durante los primeros años del México independiente siguieron en vigor las disposiciones y reglamentos establecidos por los reyes y virreyes españoles. En lo que respecta al país, algunos de los aspectos más sobresalientes relacionados con el manejo forestal, se dividen en periodos siguientes.

4.1 Periodo de caos (1521-1900)

La constitución de 1857 consagraba en tal forma la libertad de los particulares, que los bosques comprendidos dentro de los límites de una propiedad privada podían ser objetos de cualquier tipo de explotación e incluso ser arrasados por completo, tal era la voluntad del propietario (Martínez, 1970).

El 24 de marzo de 1808 en el diario oficial de México se pinta un cuadro sombrío respecto del origen de la escasez de madera, diciendo que desde el más remoto vestigio de la antigüedad Mexicana, se advierte que los cortes de madera en nuestros bosques, se han atemperado precisamente al consumo y la necesidad presente (Gutiérrez, 1989).

En 1861 el ministerio de fomento, colonización, industria y comercio expide el reglamento para el corte de arboles, que puede considerarse como la primera ley forestal de México independiente, aunque en el aspecto de reforestación solo se refiere a la siembra de caoba y cedro rojo (Gutiérrez, 1989).

En 1881 se elabora un nuevo instructivo para llevar a cabo el corte y la repoblación de los bosques, en el que se prevé la necesidad de evitar que los empleados oficiales se pusieran de acuerdo con los explotadores fraudulentos, además de incluir el control no solo de caoba y cedro rojo, sino también del hule, chicle, resina y palo de tinte (Gutiérrez, 1989).

A partir de 1880, las diversas circulares y disposiciones expedidas por el gobierno ya dejan entrever la preocupación que despiertan la tala inmoderada y los abusos cometidos en la explotación de los bosques y se intenta un cierto control sobre las áreas boscosas mediante disposiciones que regulan el corte de la madera, la reforestación, el pastoreo y el combate de incendios; igualmente se establece la vigilancia forestal y se señalan sanciones para quienes cometan abuso en el aprovechamiento de los bosques (Martínez, 1970; Manzanilla, 1983, citado por Rivero y Zepeda, 1990).

4.2 Periodo de gestación (1901-1932)

En 1901, el Ing. Miguel Ángel de Quevedo propone la formación de la junta central de bosques y arbolados. También en este año presentó una conferencia en el II Congreso Nacional sobre Clima y Meteorología, en la que asentó su observación de que el retiro de la cubierta vegetal en México estaba generando “lluvias y corrientes irregulares” (Boyer, 2007; Gutiérrez, 1989).

En 1904, se crea la junta central de bosques y arbolados en la república mexicana, la que más tarde se transforma en departamento de bosques, dependiente de la recién fundada Dirección General de Agricultura. El Ing. Miguel Ángel de Quevedo, creó la primera Sociedad Forestal de México, que tuvo muy corta vida, con sus seguidores, promovió la creación de parques urbanos y trató de convencer a los políticos y a los campesinos de los alrededores de la ciudad de México de emprender proyectos de reforestación. La intercontinental Rubber Co, instala en Coahuila la primera fábrica para extraer hule del guayule (Boyer, 2007; González, 2001; Gutiérrez, 1989).

En 1906, el Ing. Miguel Ángel de Quevedo funda la Revista Forestal Mexicana, primera publicación especializada en temas forestales y en Coyoacán se instala el primer vivero de arboles (Gutiérrez, 1989).

En 1908 se establecen las estaciones forestales de repoblación en Nativitas, San Luis Acayucan, municipio de Xochimilco y la estación experimental de San Juan Arango, Santa Clara, San Cristóbal y la estación forestal del sureste en el Distrito Federal (Gutiérrez, 1989).

El 20 de agosto de 1909, se crea la primera escuela forestal del país y Latinoamérica en Santa Fe, Tacubaya, D.F. Cuando Don Miguel Ángel de Quevedo conocido como el Apóstol del árbol, invita a cinco dasónomos a iniciar la carrera forestal en nuestro país. Desaparece en 1914 debido al movimiento revolucionario, no obstante, en 1916 vuelve a establecerse en Coyoacán. También Miguel Ángel de Quevedo inicia los trabajos para la fijación de los médanos en el puerto de Veracruz (Boyer, 2001; Gutiérrez, 1989; González, 2001; Rivero y Zepeda, 1990).

En el periodo de 1910-1914, con motivo a la revolución se cierra la escuela nacional forestal, en este año se suspende la publicación de la revista forestal mexicana; el 5 de febrero de 1912, se lleva a cabo la primera celebración oficial de la fiesta del bosque en los terrenos del ex panteón de la piedad, precedida por el secretario de fomento, colonización e industria, Lic. Rafael Hernández, acompañado del presidente municipal de la ciudad de México, también en 1912 se reabre la escuela nacional forestal, ahora en la villa de Coyoacán, donde egresan los estudiantes como técnicos forestales; en 1914 el Ing. Miguel Ángel de Quevedo reinicia los trabajos para la fijación de médanos en las playas del puerto de Veracruz, sorteando las dificultades inherentes a la incomprensión popular respecto a la trascendencia del problema, y en este mismo fue clausurada la Escuela Nacional Forestal (Gutiérrez, 1989).

En 1917, dependiente de la Secretaria de Agricultura y Fomento, se crea la Dirección Forestal y de la Caza y Pesca, siendo nombrado director el Ing. José R. Alcaraz. Por decreto de fecha 15 de noviembre se declara parque nacional el bosque propiedad de la nación conocido con el nombre de Desierto de los Leones (Gutiérrez, 1989).

En 1918 las fabricas de papel Loreto y Peña Pobre instalan los viveros forestales de Peña Pobre, en Tlalpan y Tres Cruces, D.F. (Gutiérrez, 1989).

En 1921 se constituye la Sociedad Forestal Mexicana, siendo su presidente el Ing. Miguel Ángel de Quevedo, en ese mismo año el ahuehuete es declarado árbol nacional por votación popular, convocada por la escuela nacional forestal (Gutiérrez, 1989).

En el año de 1923, aparece la Revista México Forestal, órgano oficial de la sociedad forestal mexicana. La sociedad forestal mexicana publica el proyecto de la ley forestal y arboledas (Gutiérrez, 1989).

En 1924 por tercera vez, ahora sí con el apoyo gubernamental, el Ing. De Quevedo procede a la fijación de los médanos mediante la casuarina que actualmente forma bosques en las playas del puerto de Veracruz. La Escuela Nacional de Agricultura que operaba en San Jacinto, D.F. que impartía cursos de Silvicultura, inicia sus cursos en Chapingo, estado de México (Gutiérrez, 1989).

Puede considerarse que la primera ley forestal es la del 5 de abril de 1926. En ella se declara que es de utilidad pública la conservación, restauración, propagación y aprovechamiento de los recursos forestales del país. Las disposiciones se aplican a todos los bosques de la nación, cualquiera que sea su régimen de propiedad, especie o situación geográfica, en este mismo año se clausura la escuela nacional forestal de guardas forestales (Gutiérrez, 1989; Martínez, 1970).

En el reglamento de la ley forestal anterior publicado en 1927, se crea el concepto jurídico de bosques nacionales, se reglamenta el transporte y el embarque de los productos forestales y se regula el aprovechamiento de la vegetación forestal en terrenos de propiedad particular (Martínez, 1970).

En 1932 la Universidad Nacional Autónoma de México establece la carrera de Ingeniero Forestal; en este mismo año se crea por decreto el Instituto Mexicano de Investigaciones Forestales (Gutiérrez, 1989; González, 2001).

4.3 Periodo pionero (1933-1972)

En 1933 se funda el departamento de bosques de la actual Universidad Autónoma de Chapingo, y en diciembre de ese mismo año se publica el decreto que declara zonas protectoras las cuencas hidrográficas de los sistemas nacionales de riego (Gutiérrez, 1989; Rivero y Zepeda, 1990).

En 1934 por decreto del 31 de diciembre, se crea el Departamento Autónomo Forestal y de Caza y Pesca. El presidente Cárdenas nombra al Ing. Miguel Ángel de Quevedo jefe del departamento (Gutiérrez, 1989).

Durante los años 1935-1937 aparece en el boletín del Departamento Forestal y de Caza y Pesca, algunos estudios de normalidad de bosques naturales mexicanos realizados por Treviño y Meyer. Durante este mismo período se crean 21 parques nacionales y 4 reservas forestales, se establecen 38 viveros forestales en las distintas entidades; el 31 de diciembre es publicada en el diario oficial la ley del impuesto sobre la explotación forestal; las fabricas de papel Loreto y Peña Pobre inician la reforestación del Cerro de Zacayucan y en 1936 inicia sus labores el Instituto de Investigaciones y Enseñanza Forestal y de Caza y Pesca, capacitada para expedir los títulos de los pasantes de ingeniería forestal de la UNAM, donde la carrera fue clausurada. Sin embargo fue la UNAM quien siguió expidiendo los títulos. En 1937 se promueve la carta forestal de México (Gutiérrez, 1989; Rivero y Zepeda, 1990).

En 1939, el Instituto Superior de Enseñanza Forestal se desliga de las investigaciones y es trasladado a la ex hacienda San José de los Molinos, Perote Veracruz; en tanto el instituto de investigaciones entra en receso. Ante las condiciones difíciles en todos los aspectos, el alumnado en Perote Veracruz declara otra huelga que

se resuelve gracias al estricto régimen militar implantado en el internado y al severo carácter del director, Ing. Eulogio de la Garza, y el 31 de diciembre por decreto desaparece el Departamento Autónomo Forestal y de Caza y Pesca, para ser sustituido por la Dirección Forestal y de Caza, adscrita a la Secretaría de Agricultura y Fomento, siendo director interino el Ing. Salvador Guerrero (Gutiérrez, 1989).

En 1940, con decreto de fecha 28 de agosto se publica la primera ley de caza. Anteriormente solo habían aparecido disposiciones aisladas; en enero fue clausurado el Instituto Superior de Investigaciones Forestales. Sus alumnos se integran a la especialidad de bosques de la Escuela Nacional de Agricultura (Gutiérrez, 1989).

En el año de 1941, el 1º de enero es nombrado director forestal el Ing. Fernando Romero Quintana; con motivo de la segunda guerra mundial, aumenta significativamente el contrabando de productos forestales; el C. Treviño Saldaña propone una fórmula para estimar la posibilidad anual de corta y en ese mismo año se lleva a cabo la primera convención nacional forestal en el palacio de bellas artes (Gutiérrez, 1989).

El 17 de marzo de 1943 se expidió otra ley forestal, con disposiciones muy similares a las establecidas por la ley anterior, sin embargo se ocupa con mayor detalle de las actividades forestales en aspectos esenciales que al presente aún tiene vigencia; esta ley establece las bases para la constitución de las unidades industriales de explotación forestal; en este mismo año se establece el día del árbol como celebración anual obligatoria (Gutiérrez, 1989; Martínez, 1970).

En 1944, el servicio forestal oficial define un criterio para calcular la posibilidad anual de corta, fijando arbitrariamente una intensidad de corta; en este mismo año se publica el reglamento de la ley forestal y el 14 de enero se aprobó y registro la constitución de la Cámara Nacional de las Industrias Forestales (Gutiérrez, 1989; Rivero y Zepeda, 1990).

Del 23 al 25 de febrero de 1945 se realiza el primer congreso nacional forestal, concluyendo en la constitución de la Sociedad Dasonómica Mexicana, pionera de la Asociación Mexicana de Profesionales Forestales. Se establece la primera unidad industrial de explotación forestal, a favor a la compañía industrial de Atenquique, Jalisco (Gutiérrez, 1989; Rivero y Zepeda, 1990).

El 6 de febrero 1947, la Secretaria de Agricultura y Ganadería dispone que no se autorice ninguna explotación ni aprovechamiento de madera en bosques nacionales y el 9 de julio se establece veda total por un año para la candelilla (Gutiérrez, 1989).

En 1948 apareció una nueva legislación forestal. En esta se imponían mayores limitaciones y controles a la propiedad privada y reglamentaba en forma más amplia a las unidades industriales de explotación forestal. En este entonces la principal preocupación gubernamental en materia forestal era la conservación de los bosques, incluso se llegó a prohibir casi por completo su aprovechamiento. El 13 de diciembre se declara veda total e indefinida en los estados de Sonora, Chihuahua, Sinaloa y Durango (Gutiérrez, 1989; Martínez, 1970).

En 1949 se publica un decreto que declara zonas protectoras y de repoblación las cuencas de abastecimiento de las obras de irrigación; en este mismo año se lleva cabo el segundo congreso nacional forestal y en 1950 se publica el reglamento de la ley forestal de 1947 (Gutiérrez, 1989).

En el año de 1951, por acuerdo presidencial del 20 de enero se crea la Subsecretaria de Recursos Forestales y de Caza, dependiente de la Secretaria de Agricultura y ganadería, habiéndose nombrado al Lic. José Castro Estrada como primer subsecretario; a partir de marzo se crean las delegaciones forestales, en sustitución de las secciones forestales, adscritas a las agencias generales de agricultura en todo el país. El decreto de fecha 3 de diciembre publica la segunda ley de caza (Gutiérrez, 1989).

En 1952, se crea el Instituto Mexicano de Recursos Naturales Renovables; la empresa fibracel inicia las plantaciones comerciales para abastecer la industria de tableros aglomerados establecida en ciudad Valles, S.L.P (Gutiérrez, 1989).

En 1953, se funda en Uruapan, Michoacán la Escuela Nacional de Guardas Forestales. El banco de México publica el resultado de las actividades de la misión de la FAO y en 1954 del 20 de septiembre al 20 de octubre se lleva a cabo el curso internacional de dasonomía tropical, con asistencia de maestros, ingenieros y dasonomos de México (Gutiérrez, 1989).

En 1958 se inauguran las instalaciones del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, nuevamente en Coyoacán, construcción realizada con la cooperación de la cámara nacional de las industrias forestales (Gutiérrez, 1989).

En 1959 se instituye oficialmente la fiesta del bosque y día del árbol en todo el país, para celebrarse el segundo jueves del mes de julio. Se crea la carrera de técnico maderero industrial en el Instituto Tecnológico Regional de Durango; así como la primera reunión de técnicos forestales en Mérida, Yucatán, y por último en este año del 10 al 15 de agosto tiene lugar la segunda convención nacional forestal (Gutiérrez, 1989).

El 16 de enero de 1960 se publica la cuarta ley forestal, destaca por su énfasis en el aspecto social. Así, establece el aprovechamiento directo por ejidos y comunidades, señala formas de asociación entre dueños, poseedores, industriales y sector público en el aprovechamiento de los bosques. Se publica el Método Mexicano de Ordenación de Bosques (Caballero, 2000; Gutiérrez, 1989).

En 1964 se crea la Subsecretaría Forestal y de la Fauna; se lleva a cabo la quinta convención forestal regional del sureste, que se realizó en Chetumal, Quintana Roo (Gutiérrez, 1989; Rivero y Zepeda, 1990).

En 1966, Vargas critica fuertemente el procedimiento denominado Método Mexicano de Ordenación de Montes; en este mismo año se celebra la tercera convención nacional forestal en la ciudad de México (Gutiérrez, 1989; Rivero y Zepeda, 1990).

4.4 Periodo de transformación (1973-1988)

En 1973, se propone el Sistema de Desarrollo Silvícola como una alternativa para sustituir al sistema mexicano; la revista Bosque, del Departamento de Divulgación Forestal cambia a Bosques y Fauna, a partir del mes de enero; se crea el Instituto de la Madera en la Unidad de Ciencias, Humanidades e Ingeniería de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, en Morelia, Michoacán y en este mismo año se crean seis centros de estudios tecnológicos forestales (Gutiérrez, 1989; Mendoza, 1983; Rivero y Zepeda, 1990).

En el año de 1974, F. Burgos Martínez y A. B. Villa Salas proponen el denominado Método de Ordenación Silvícola Continúa. En este mismo año la Escuela Nacional de Agricultura se transforma en la Universidad Autónoma de Chapingo (Gutiérrez, 1989; Rivero y Zepeda, 1990).

En 1976, se construye la primera tabla de rendimiento normal en México; se integra la unión de fabricantes de maquinaria, partes, servicios y asesoría en la ciudad de Durango; la Cámara Nacional de la Industria de la Madera publica la revista mexicana de la madera (Gutiérrez, 1989; Rivero y Zepeda, 1990).

En 1977, se crea la carrera de Ingeniero Agrónomo Forestal en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en Saltillo, Coahuila; también en ese mismo año se crea la carrera de Ingeniero Agrónomo Especialista en Bosques, en la Escuela de Agro biología, en Uruapan, Michoacán (Gutiérrez, 1989).

En 1980, se publican los resultados de la simulación de algunos parámetros de crecimiento de *Pinus douglasiana*; en este mismo año el gobierno del Distrito Federal y del estado de México inicia trabajos de reforestación masiva en sus entidades (Gutiérrez, 1989; Rivero y Zepeda, 1990).

En 1982, Rosales *et al.*, presentan el compendio de experiencias sobre el Método de Desarrollo Silvícola en México; en el decreto del 29 de diciembre se publica las modificaciones a la ley orgánica de la administración pública federal, que contempla el despacho de la fauna y de algunos asuntos forestales (Gutiérrez, 1989; Rivero y Zepeda, 1990).

El 30 de mayo de 1986, se publico nueva Ley Forestal, donde vincula aspectos ecológicos, de conservación y producción. Involucra en coparticipación a los sectores público, social y privado. Destaca la participación de los gobiernos de los estados y municipios. En los aspectos técnicos y productivos, resaltan el manejo integral del recurso; la organización de los servicios técnicos; la creación de unidades técnicas operativas, la infraestructura vial y la extracción (Caballero, 2000).

En 1987, se inicia la concesión de Servicios Técnicos a propietarios del recurso forestal (Rivero y Zepeda, 1990).

En 1988 se promulga la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. Se refieren a la preservación y restauración del equilibrio ecológico, así como a la protección al ambiente, en el territorio nacional y las zonas sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción. Sus disposiciones son de orden público e interés social y tienen por objeto propiciar el desarrollo sustentable (Rivero y Zepeda, 1990; LGEEPA, 1988).

El 17 de diciembre de 1992 se promulgó otra ley forestal; Esta se orienta mas a la promoción que a la regulación, se establece un equilibrio entre la función productiva y ambiental de los recursos forestales (Caballero, 2000).

En 1997 se introdujeron modificaciones a la Ley Forestal con la finalidad de regular las plantaciones forestales, esto debido a que se consideró una buena opción productiva el establecimiento de plantaciones forestales privadas para la producción de celulosa (Velázquez, 2010).

En el 2003, se publica la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS) que tiene por objeto regular y fomentar la conservación, protección, restauración, producción, ordenación, el cultivo, manejo y aprovechamiento de los ecosistemas forestales del país y sus recursos (LGDFS, 2003).

En el 2005, se publica el Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable que tiene por objeto reglamentar la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable en el ámbito de competencia federal, en materia de instrumentos de política forestal, manejo y aprovechamiento sustentable de los ecosistemas forestales del país y de sus recursos, así como su conservación, protección y restauración (RLGDFS, 2005).

V. LA SILVICULTURA COMO CIENCIA BIOLÓGICA

De acuerdo con Smith *et al.* (1997) la práctica silvícola se compone de diversos tratamientos aplicados a los bosques para mantener y mejorar su utilidad para cualquier propósito. Las funciones de los forestales son analizar los factores naturales y sociales que influyen en cada rodal y luego diseñar y llevar a cabo los tratamientos más adecuados al objetivo del manejo.

La silvicultura es a la forestería, como la agronomía es a la agricultura, ya que tiene que ver con la tecnología del crecimiento de la vegetación. Al igual que el resto de la actividad forestal en sí, la silvicultura es una ciencia aplicada que se apoya en las ciencias más fundamentales naturales y sociales. El fundamento inmediato de la silvicultura en las ciencias naturales es la bioecología (silvics), que se ocupa del crecimiento y desarrollo de árboles individuales y en la biota forestal, así como de los ecosistemas forestales en su totalidad (Daniel *et al.*, 1982; Spurr y Barnes 1982).

La práctica competente de la silvicultura requiere mucho conocimiento en campos como la ecología, fisiología vegetal, entomología y la ciencia del suelo, tantos como los forestales puedan adquirir. Es a través de la silvicultura que la mayor parte del creciente conocimiento sobre los árboles y los bosques se aplican. Aunque la investigación formal es indispensable, no conduce a un conocimiento total, ni libera al técnico forestal de la responsabilidad del pensamiento adicional y observaciones continuas en el bosque. El observador forestal que desea tratar de explicar lo que observa, encontrará respuestas a muchas preguntas de silvicultura en los bosques mediante el examen de los resultados de los accidentes de la naturaleza y los tratamientos anteriores del bosque (Smith *et al.*, 1997).

5.1 La silvicultura como ecología aplicada

La silvicultura es la más antigua aplicación consciente de la ciencia de la ecología y es un campo que fue reconocido antes de que el término ecología fuera acuñado. Muchos de los modos de gobernar el desarrollo de las masas forestales descansan en gran medida en las cortas y otros tratamientos que alteren o modifiquen los factores del ambiente del rodal que regulan el crecimiento de la vegetación. La silvicultura es generalmente mucho más la imitación de los procesos naturales de crecimiento y desarrollo de los bosques que la sustitución de ellos. Estos procesos pueden ser mejorados, canalizados y limitados, sin embargo, la alteración excesiva conduce a grandes pérdidas, altos costos y otras consecuencias desafortunadas, inmediatas o retardadas (Smith *et al.*, 1997).

La silvicultura se ocupa de la construcción y el control de los ecosistemas forestales. La continuidad de la vida y la salud de los ecosistemas dependen en última instancia de la culminación de los ciclos ecológicos de materiales vitales. (Smith *et al.*, 1997).

La necesidad de que la naturaleza deba ser comprendida y emulada no significa que la silvicultura debe seguir ciegamente ya sea la realidad de los procesos naturales o teorías abstractas sobre ellos. La mayoría de los bosques viven más que la gente. Por lo tanto, no es fácil reconocer que las perturbaciones naturales que renuevan los bosques, a menudo después de intervalos de siglos, son usualmente catástrofes tales como incendios, tormentas de viento y los brotes de insectos (Kimmins, 1987; Oliver, 1981). También hay bosques que son lenta y continuamente renovados por disturbios menores, pero éstos están lejos de ser cualquier universal o típica forma de la naturaleza (Smith *et al.*, 1997).

Es deseable que estos ciclos se cierren tan cerca como sea posible dentro de las distancias de tiempo y espacio que no son innecesariamente grandes. Sin embargo,

esto no significa que estos tienen que ser cerrados y contenidos dentro de simples hectáreas o sobre bases anuales; Ellos no estaban en la naturaleza, y no es factible que lo sean en la práctica. En otras palabras, el concepto de rodales mixtos de todas las edades de vegetación clímax estable, con algunos árboles antiguos y no hay ganancia o pérdida neta de materiales es más una abstracción que una realidad. Diagramas que representan estos bosques son útiles para comunicar ideas de manera sucinta, pero el concepto que representan puede ser a la ecología forestal y la silvicultura lo que el cuerpo negro perfecto es a la física y la ingeniería (Smith *et al.*, 1997).

5.2 Técnicas ecológicas

Según lo señalan Smith *et al.* (1997) la silvicultura no se llevó a cabo en un estado puro de la naturaleza, y este estado dejó de ser puro cuando la sociedad avanzó más allá de la etapa de recolección de alimentos. En la medida en que la civilización es en parte artificial, se puede argumentar que la silvicultura debe ser también, en parte artificial, de manera calculada para mantener el ecosistema del mundo en un equilibrio dinámico saludable. Sin embargo, lo más alejado de cualquier proceso inducido, parte de la naturaleza. Lo más peligroso sólo es porque se hace más difícil predecir los resultados

La trama de la vida es tan intrincada que es fácil argumentar que no se debería hacer nada por el bosque por temor de hacer algo mal. Esta es la acusación que la ciencia pura continuamente conduce en contra de la tecnología de la ciencia aplicada. El cargo puede no ser nunca enteramente refutado, pero la sociedad exige que los profesionales de la ciencia aplicada actúen en ausencia del conocimiento total. Lo mejor que ellos puede hacer es proceder por el **manejo adaptativo** en el que se actúa con base en el conocimiento más completo disponible. Los resultados son monitoreados y las prácticas de manejo son cambiadas o adaptadas de otro modo como uno aprende de los resultados (Smith *et al.*, 1997).

La madera que producen los bosques es, aparte del concreto, la sustancia estructural más importante en el uso humano. A diferencia de minerales o materiales agrícolas alternativos, su producción requiere mucha menos energía y es poco lo que podría dañar o contaminar. De hecho, el crecimiento de ésta aumenta el monto de recursos incluso como limpiar el aire y el agua. Es ecológicamente ignorante asumir que "salvar los bosques" mediante la sustitución de la madera con sustancias que se producen con combustibles fósiles de los recursos minerales, benefician cualquier ecosistema que incluye la civilización humana (Smith *et al.*, 1997).

La silvicultura es conducida sobre la base de principios ecológicos y no en el espíritu de ellos. Prácticamente no hay manera de usar los recursos de la tierra tan fuertemente con un riesgo tan poco de agotar su capacidad productiva.

Los bienes y los beneficios que se derivan de los bosques, sometidos a un manejo a largo plazo dependen de procesos vivientes y son por lo tanto renovables en el grado en que los factores básicos de la productividad del sitio se mantengan: incluso puede ser incrementada si estos factores son mejorados permanentemente.

5.3 Herramientas silvícolas

Las técnicas de la silvicultura procedieron en el supuesto básico de que la vegetación en cualquier sitio tiende a extenderse por sí misma agresivamente para ocupar el espacio de crecimiento disponible. El límite en el espacio de crecimiento es usualmente fijado por la disponibilidad de luz, agua, nutrientes inorgánicos, o dióxido de carbono. De una manera general, la cantidad disponible de espacio de crecimiento se establece por el más limitante de estos factores, no obstante una abundante disponibilidad de un factor puede parcialmente compensar la deficiencia de otro. Si la vegetación casi llena el espacio de crecimiento, la única manera en que el bosque puede ser alterado o controlado es matando a los árboles y otras plantas. En la corta de reproducción, esto se hace para dar cabida al establecimiento de nuevos árboles; en las cortas intermedias, para promover el crecimiento de los árboles deseables ya

existentes. Los bosques útiles son creados y mantenidos principalmente por la destrucción de las partes de ellos elegidas juiciosamente. (Smith *et al.*, 1997).

El hacha y otros medios de matar los árboles pueden, en otras palabras, ser utilizados para la construcción así como la destrucción de los bosques. Lo que queda o lo que reemplaza lo que se cosecha es más importante silvícolamente que lo que se corta. Por desgracia, gran parte del público en general, así como algunos madereros sólo tienen ojos para lo que se corta y consideran las cosechas como simplemente la extracción de un recurso no renovable (Smith *et al.*, 1997).

Los forestales no deben pasar por alto la vegetación menor y los animales que forman parte de la comunidad forestal. Los animales dependen en última instancia de la vegetación para la alimentación y por lo tanto no compiten directamente por el espacio de crecimiento. Sin embargo, ya sean insectos defoliadores o carnívoros que se alimentan de mamíferos herbívoros, ejercen influencia importante sobre la naturaleza de la vegetación aún cuando son, a su vez, controlado por ella. La fauna y la vegetación no arborescente de los bosques son tan probables a la respuesta a la corta como los árboles (Smith *et al.*, 1997).

De acuerdo a lo anterior, con la corta se crean o modifican microambientes que permiten controlar el establecimiento y desarrollo de la vegetación.

Existen desde luego otras alternativas o herramientas silvícolas, como la decisión de no aplicar cortas, excluir áreas o adicionar energía al sistema mediante la fertilización, sin embargo, estas alternativas se conocen como tratamientos silvícolas complementarios.

5.4 El medio ambiente forestal

El medio ambiente forestal es un complejo de influencias atmosféricas, topográficas y del suelo, complicadas por la interacción del bosque y sus habitantes,

plantas y animales, con el medio ambiente y por competencia entre individuos (Braun, 1950, citado por Nájera, 2000.)

5.4.1 Macroclima y microclima

El macroclima o clima regional es el resultado de la situación geográfica. Al aparecer modificaciones locales en algunos de sus elementos, el macroclima se diferencia en mesoclimas o climas locales. El macroclima se refiere a los aspectos climáticos a gran escala de una área, y se determina por mediciones realizadas a determinada altura del suelo y al abrigo por lo que presenta solo pequeñas variaciones a corto plazo; cuando ocurren cambios locales producto de diferencias en el relieve local, el clima toma este nombre (Dajoz, 1974).

El concepto de microclima se aplica en el ámbito de organismo; su estudio pone de manifiesto la importancia del medio, al contrario de lo que ocurre en el macroclima. Microclima es simplemente definido como el clima local esencialmente uniforme de un sitio o hábitat usualmente pequeño. Un microclima característico puede extenderse por varios o muchos metros horizontalmente, dependiendo de la uniformidad en la superficie, pero se considera que pierde su identidad rápidamente en lo vertical, tanto como sean reducidos los efectos de las condiciones locales (Fowler, 1974).

5.4.2 Variables microclimáticas

Las variables del microclima que generalmente se reconocen son las siguientes (Fowler, 1974; Pardé, 1978):

- a) La radiación solar.
- b) La temperatura del suelo.
- c) La temperatura del aire.
- d) La humedad del suelo.
- e) La humedad del aire.
- f) El viento.

5.4.3 Factores que afectan el microclima

Los factores que tienen influencia sobre las características del microclima de una localidad determinada, son de naturaleza muy variada e incluyen aspectos geográficos, topográficos, estacionales, características de la vegetación y residuos vegetales, así como la presencia de elementos contaminantes de la atmósfera. La forma en que estos factores ejercen su influencia, se señalan a continuación, por variable microclimática.

a) Radiación solar. La cantidad de energía solar que atraviesa la atmósfera es prácticamente constante, por lo que recibe el nombre de constante solar y varía de 1.98 a 2 calorías por centímetro cuadrado y minuto. La tierra pierde parte de la energía recibida por reflexión de las nubes, absorción por el vapor de agua y ozono, y el resto llega al suelo en forma de luz directa y luz difusa; la difusión se produce por las moléculas gaseosas de la atmósfera y por las partículas en suspensión. La cantidad de energía que llega al suelo está en función de la duración del día, el ángulo de incidencia de los rayos solares y de la transparencia del aire (Daubenmire, 1979, citados por Nájera, 2000).

Como a mayor altura el aire se encuentra más enrarecido y el vapor de agua es menos abundante, la cantidad de energía recibida por el suelo aumenta con la altitud. La incidencia de los rayos solares es importante, ya que el calentamiento producido es función del seno del ángulo de incidencia, la absorción por la atmósfera de la energía solar es tanto mayor cuanto más pequeño sea el ángulo (Dajoz, 1974). La exposición e inclinación de la superficie de la tierra hacen variar la intensidad y la duración de la insolación (Daubenmire, 1979, citado por Nájera, 2000).

La intensidad y calidad de la luz son alteradas por la cobertura vegetal, debido a la reflectividad o albedo de la vegetación, la cual varía entre el 10 y el 20 % en el bosque. La radiación solar no reflejada penetra en la cubierta forestal, pudiendo ser detenida por las hojas o bien puede alcanzar el suelo, directamente a través de los intersticios de las hojas o por transmisión a través de ellas. Generalmente las hojas transmiten aproximadamente

un 10 por ciento de la luz que choca contra ellas (Pardé, 1978; Graves *et al.*, 1978 y Daubenmire, 1979, citados por Nájera, 2000).

b) Temperatura. La temperatura del suelo depende de la cantidad de luz solar que recibe, y de la acción de la materia orgánica en descomposición, aunque el monto de esta última es poco importante (Pardé, 1978). El color del suelo por su grado de reflectancia o absorción de la luz asociados, tiene influencia sobre la temperatura; el contenido de humedad del suelo también ejerce influencia por la pérdida de calor que ocurre por la evaporación. Cuando el aire se mueve libremente, no existe diferencia entre las temperaturas de éste al sol o a la sombra, pero esto es totalmente distinto en ausencia de viento. En ausencia de viento apreciable, el suelo frío de las áreas sombreadas absorbe el calor del aire más rápidamente que el calor que puede transmitirse por la convección o conducción de las áreas soleadas, por esta razón los bosques disminuyen generalmente las temperaturas máximas del aire y del suelo. Durante la noche la pérdida de calor es retardada por la cubierta vegetal, haciendo que las temperaturas nocturnas, tanto del suelo como del aire, localizados entre la vegetación, no disminuyan tanto como las de las áreas contiguas sin vegetación. Por lo tanto, las influencias de la vegetación durante el día y la noche, hacen que la temperatura fluctúe menos bajo cubierta vegetal que donde el suelo está desnudo (Daubenmire, 1979, citado por Nájera, 2000).

c) Humedad del suelo. La humedad del suelo se ve afectada por la cubierta vegetal, ya que ésta reduce la evaporación por intercepción de la luz solar, frena la velocidad del viento y extrae agua del suelo para efectuar la transpiración; sin embargo también intercepta la precipitación pluvial, ya sea en forma de nieve o lluvia. En ese último caso, la intercepción neta en bosques de *Picea*, *Abies* y *Pseudotsuga* es de cerca del 40 por ciento (Pardé, 1978, Nájera, 2000). La exposición del terreno, que afecta la intensidad de la radiación solar recibida, tiene un efecto muy importante sobre la humedad del suelo (Dajoz, 1974).

- d) Humedad del aire. La humedad relativa (H.R.) es más alta en el bosque, debido fundamentalmente a la reducción de la evaporación, ligada en parte con la disminución de la velocidad del viento (Dajoz, 1974). El vapor de agua producido por evapotranspiración se propaga en la atmósfera por difusión o por la acción del viento. El bosque influye sobre la humedad del aire, disminuyendo la velocidad del viento y dificultando la difusión. Como la humedad relativa disminuye en razón inversa de la temperatura y la temperatura del aire es más baja en el bosque, el hecho de tener una H.R. más alta en él, no presupone necesariamente la presencia de mayor cantidad de vapor de agua.
- e) Viento. El viento reduce su velocidad debido al choque contra las copas, troncos y ramas; al nivel de las copas la disminución es máxima. La velocidad desciende a 1/4 o 1/5 de la alcanzada fuera del bosque, permaneciendo constante entre 1 m del suelo y las ramas más bajas (Pardé, 1978). La velocidad del viento en la superficie del suelo se ve grandemente afectada por lo rugoso de la superficie y por la presencia de obstáculos tales como los residuos del aprovechamiento del bosque (Nájera, 2000).

5.5 Sucesión vegetal

A diversas escalas de espacio, el ambiente ejerce una continua acción sobre los organismos, y existe una reacción continua de los mismos organismos al ambiente. Debido a esto, el ecosistema cambia y si se hace referencia a una comunidad de organismos, se puede hablar de una sucesión, en la cual existen dos componentes, una alóctona, netamente ambiental y fuera del control de los organismos y otra, autóctona, en que los cambios del ecosistema y de la comunidad, son consecuencia de las actividades de los organismos. La sucesión se entiende como cambios que se extienden a lo largo de décadas, siglos o milenios y que se superponen a fluctuaciones y ritmos más breves (Margalef, 1974).

Dentro del marco único del macroambiente, es posible observar como los tipos de cubierta vegetal cambian, gradual o abruptamente, sin que exista una razón aparente para ello; sin embargo, dentro de un área en particular, la fuerza motriz que provoca los cambios en la vegetación es sistemática y predecible. Esta fuerza motriz es la sucesión vegetal, entendiéndose como tal a la sustitución de una comunidad vegetal por otra (Daniel *et al.*, 1982; Spurr y Barnes, 1982).

La sucesión vegetal se divide en dos tipos: sucesión primaria y secundaria. La sucesión primaria comienza sobre una superficie desnuda o localidad no ocupada, como una duna móvil de arena, una corriente de lava volcánica, un deslizamiento de tierra o una roca desnuda (Spurr y Barnes, 1982; Daniel *et al.*, 1982; Krebs, 1985). Cada terreno desnudo formará una serie para sus condiciones climáticas y la tasa de cambio de la comunidad dependerá de la rapidez con la que el sitio se vuelva favorable para los estadios serales superiores; éste proceso sigue hasta que se alcanza el estado clímax y la tasa de modificación del ambiente se vuelve más lenta (Daniel, *et al.*, 1982; Krebs, 1985).

La sucesión primaria se denomina autogénica, considerando que el desplazamiento de un grupo de especies por otro es resultado del desarrollo dentro del mismo ecosistema, siendo una parte del desarrollo concomitante de la vegetación, el suelo y el microclima de la localidad (Spurr y Barnes, 1982)

Se reconocen cuatro etapas en la sucesión vegetal: a) etapa pionera; b) etapa de consolidación; c) etapa de subclímax, y d) etapa de clímax (Spurr y Barnes, 1982).

5.5.1 Sucesión secundaria

La sucesión subsecuente a una perturbación que tiende a romper la continuidad más bien que a destruir una comunidad biótica se denomina secundaria (Spurr y Barnes, 1982; Daniel *et al.*, 1982). Los forestales tienen que trabajar con rodales que forman parte de una sucesión secundaria, debido a que las especies forestales más valiosas por lo general están por debajo del clímax y sus esfuerzos se encaminan hacia el control de la

tendencia de la comunidad a alcanzar las especies clímax (Daniel *et al.*, 1983). La sucesión secundaria es alogénica ya que es inducida por fuerzas externas que cambian el ecosistema, es decir por la destrucción forestal (Spurr y Barnes, 1982).

La sucesión forestal, en un sentido estricto, comienza con el establecimiento de los árboles forestales pioneros y continua con el reemplazo de éstos por las especies sucesoras, que se benefician con el cambiante medio ambiente (Spurr y Barnes, 1982).

En el proceso de la sucesión forestal, los árboles pioneros son intolerantes, mientras que las especies semitolerantes caracterizan la siguiente etapa y las especies tolerantes la última etapa en la sucesión del bosque (Spurr y Barnes, 1982).

Bajo determinadas circunstancias, como cuando la sucesión forestal es alterada por perturbaciones, las especies intolerantes se mantienen y no son reemplazadas por especies más tolerantes (Spurr y Barnes, 1982).

5.6 Disturbios y dinámica del rodal

Un disturbio es cualquier evento relativamente discreto en tiempo que rompe el ecosistema, comunidad o estructura poblacional y cambia los recursos, disponibilidad de sustratos, o el ambiente físico. Pueden ser distinguidos dos tipos generales de disturbios, eventos destructivos y fluctuaciones ambientales (White y Pickett, 1985).

Los disturbios tienen un profundo efecto en el desarrollo de los bosques en vista de que matan a la vegetación y con esto liberan espacios de crecimiento haciéndolos disponibles para la ocupación por otras especies. Los disturbios pueden mantenerse por un corto tiempo como en el caso de los incendios o tormentas de viento o por períodos mucho más largos tales como el avance o retroceso de una glaciación. Los disturbios pueden ser la combinación de varios eventos como el sobrepastoreo y la presencia de lluvias inusuales. Los efectos de los disturbios pueden ser interpretados de diferentes maneras; para algunos, los disturbios cambian la vegetación temporalmente, mientras que otros

reconocen a ciertos disturbios, especialmente los incendios, como naturales y sin lugar a duda puntos finales de la sucesión, lo que se ha logrado cuando las plantas pudieron soportar los fuegos naturales. En general se reconocen los siguientes agentes naturales de disturbio: fuegos, vientos, inundaciones, erosión, deslizamientos de tierra, avalanchas, glaciares, actividades volcánicas, tormentas de hielo, mamíferos e insectos y enfermedades (Oliver y Larson, 1990; Vale, 1982).

Ciertos tipos de disturbios no naturales, como algunas actividades humanas, pueden causar daños irreparables a los rodales forestales. De igual manera ciertas actividades humanas, como las cortas, limpia de terrenos, quemas y otras, pueden enmascarar parcialmente y minimizar el efecto de los disturbios naturales. Los disturbios humanos son generalmente más frecuentes que los naturales, sin embargo actividades como la prevención de los incendios alarga muchos ciclos del fuego natural. En ocasiones, las interferencias humanas exacerban los efectos de disturbios naturales. El control de fuegos naturales moderados de tipo superficial permite la acumulación de combustibles en muchas partes de Estados Unidos de Norte América hasta que ocurren intensos fuegos naturales, los cuales no pueden ser controlados (Oliver y Larson, 1990).

Algunos disturbios son suficientemente severos para volver a una comunidad de plantas hacia atrás hasta el inicio de la etapa de iniciación del rodal. Otros son tan menores que solamente un árbol es afectado. Por esto avanza el desarrollo durante las etapas de exclusión del tallo y reiniciación del sotobosque. El disturbio parcialmente severo en el cual la mayoría de un rodal es destruido (pero parte de los estratos superiores y medios del dosel sobreviven) es más común. Este disturbio resulta en una nueva cohorte o clase de edad de regeneración bajo los dispersos árboles del dosel que sobrevivieron al disturbio. Esto conduce a condiciones del rodal con una estructura y composición de especies más variable que en el rodal que sigue a un disturbio completo. Los disturbios que afectan a uno o pocos árboles agregan complejidad ecológica a los rodales porque crean las condiciones para un dosel de múltiples especies y estratos (Guldin, 1995, citado por Nájera, 2000).

El rodal forestal es una estructura viva, dinámica y siempre cambiante. La dinámica del rodal implica los cambios en la estructura del rodal forestal a través del tiempo, incluyendo el comportamiento del rodal después de los disturbios (Oliver y Larson, 1990; Smith *et al.*, 1997).

Cuando ha ocurrido un disturbio o catástrofe mayor, y se asume que no se presentarán más disturbios catastróficos, la sucesión representa el crecimiento y desarrollo del rodal forestal y esto ocurrirá en cuatro distintas etapas de desarrollo (Oliver y Larson, 1990; Guldin, 1995, citado por Nájera, 2000; Smith *et al.*, 1997).

Etapas de desarrollo del rodal después del disturbio (Guldin, 1995, citado por Nájera, 2000):

- a) **Etapas de iniciación del rodal (fase de reorganización).** Este período inicia inmediatamente después del disturbio catastrófico en el año cero. Nuevas especies (hierbas, arbustos y especies arbóreas) se establecen debido a la humedad, fertilidad y condiciones abiertas. La biomasa del rodal declina abruptamente a un mínimo; la productividad inicialmente declina y después incrementa dramáticamente en la medida que las especies de rápido crecimiento colonizan el sitio.
- b) **Etapas de exclusión del tallo (fase de agradación).** Esta etapa ocurre en espesura cerrada y conforme la misma prosigue su evolución, el crecimiento de los árboles y la competencia conducen a patrones de desarrollos del rodal reconocibles y predecibles. La competencia y mortalidad dependiente de la densidad conducen al autoaclareo y a un dosel de vegetación estratificado con especies de mayor intolerancia en los estratos superiores, y especies de mayor tolerancia en los estratos inferiores.
- c) **Etapas de reiniciación del sotobosque (fase de transición).** Esta etapa inicia cuando sucumben árboles maduros en el dosel principal, ya sea individualmente

o en pequeños grupos, por mortalidad natural. Los huecos en el dosel que esto crea son colonizados ya sea por especies tolerantes, medio tolerantes o por nuevas especies. La mortalidad de los árboles adyacentes del estrato superior permiten que los huecos crezcan, creando más espacios de crecimiento para la cohorte subsecuente. A menos que los claros crezcan hasta que su radio sea mayor que la altura del dosel, la subsecuente cohorte se mantendrá bajo alguna influencia del estrato superior del dosel precedente. Esta dinámica de regeneración de los huecos es ecológicamente significativa en vista de que los huecos son suficientemente pequeños para ser influenciados por la vegetación del dosel adyacente.

- d) **Etapa de madurez (fase de equilibrio).** Esta etapa es alcanzada cuando el rodal ha desarrollado una serie de huecos a través del tiempo que resultan en un balance estable de árboles de diferentes especies, tamaños y edades. Esta etapa tiende a ser más estable en biomasa y productividad que las otras etapas. La dinámica de regeneración continúa a través del proceso de fase de regeneración de los huecos descrito en el período de transición. La coexistencia de árboles jóvenes y viejos, la dinámica de desarrollo dentro de los huecos y entre los huecos, y los niveles de biomasa y productividad relativamente estables continúan a largo plazo.

Estas cuatro etapas representan una progresión teórica idealizada. En la práctica solamente los más raros rodales alcanzan el estado de madurez, en vista de que la exclusión de eventos catastróficos a lo largo de siglos es poco usual (Guldin, 1995, citado por Nájera, 2000).

Desde la perspectiva de los disturbios, la sucesión tiene importantes implicaciones silvícolas, ya que como se mencionó anteriormente, constituye la principal herramienta del silvicultor, siempre que los disturbios sean una situación prevista y deseable tanto en la magnitud como en la duración de la misma (Nájera, 2000).

La intensidad y patrón de las cortas determinará la característica del nuevo cultivo y el grado de sucesión. Si las cortas son ligeras se favorece a las especies tolerantes, con lo que avanza la sucesión. Cortas parciales moderadas, como las que darían origen a huecos del tamaño que ocupa un árbol dominante maduro, favorecerán a las especies semitolerantes. El aclareo o la corta que da origen a grandes huecos en la masa arbórea, con un diámetro de por lo menos dos veces la altura del rodal, favorecerá la invasión de especies pioneras, particularmente si el suelo mineral es expuesto por las operaciones de corta (Spurr y Barnes, 1982).

En vista de que algunos ecosistemas tienen una estructura muy delicada y la aplicación de un tratamiento inadecuado puede dar por resultado que el sitio se pueble con una vegetación indeseable, o lo que es peor, una corta a matarrasa mal aplicada puede traer como resultado que cinco o diez años después, el suelo en las laderas esté siendo deslavado por el escurrimiento masivo del agua, ya que las raíces que en un principio retenían el suelo en su lugar finalmente se pudrieron. Menos dramático que la erosión de los suelos, pero igualmente importante es el hecho de que la mayoría de los árboles forestales son representativos de estadíos serales superiores y no verdaderas plantas pioneras, y tienen que sobrevivir todo el año y ser capaces de soportar a los ambientes no naturales más severos, ocasionados por la aplicación de tratamientos forestales inadecuados (Daniel *et al.*, 1982).

La aplicación de tratamientos irracionales o la prescripción de tratamientos forestales en forma irresponsable o con intereses por encima de la conservación del bosque, pueden traducirse en el deterioro permanente del sitio, que en el mejor caso puede requerir de siglos para restablecer las condiciones óptimas deseables, según los objetivos de manejo forestal (Nájera, 2000).

VI. LA SILVICULTURA EN LOS BOSQUES COETÁNEOS

Un bosque coetáneo o de edad uniforme, es aquel en el que todos los árboles tienen un año de diferencia o fueron plantados al mismo tiempo. Estos bosques se caracterizan por su dosel uniforme de copas; los arboles más pequeños son miembros altos y delgados del conjunto, que se quedaron rezagados del resto; el mayor número de fustes cae dentro de una clase diamétrica representada por el promedio del rodal y son pocos los arboles que están por encima o por debajo de esa media (Daniel *et al*, 1982).

Los bosques coetáneos comúnmente se clasifican por su etapa de desarrollo, según lo refleja el tamaño promedio o edad de los arboles. Ordenadas de acuerdo con su tamaño, estas categorías son plántula, árbol joven, fuste, árbol maduro y sobremaduro (Young, 1991).

Las masas uniformes o coetáneas tienden a ser homogéneas en altura y se caracterizan por la íntima competencia entre los arboles de aproximadamente el mismo tamaño, si las masas son densas, esta clase de competencia conduce el desarrollo de arboles con troncos rectos casi cilíndricos y ramas pequeñas (Hawley y Smith, 1972).

6.1. Tratamientos intermedios

Es cualquier técnica aplicada a un rodal durante el lapso que transcurre entre dos periodos de regeneración. Los tratamientos intermedios se efectúan con el propósito de asegurar la composición, la calidad de los fustes, el espaciamiento y las características de crecimiento deseables dentro de un rodal en desarrollo, así mismo a través de ellos pueden recuperarse ciertos recursos económicos que de otra manera se perderían (Daniel *et al*, 1982).

El periodo de repoblación comienza hacia el final de turno y para todas las masas uniformes, comprende solo una pequeña parte de él. Durante la mayor parte del

turno, desde el momento del establecimiento hasta que llega el periodo de repoblación, puede realizarse cortes a distintos intervalos con el fin de corregir los defectos del monte no administrado y aumentar la cantidad o el valor de la madera producida, todas las cortas hechas durante este periodo se denominan cortas intermedias (Hawley y Smith, 1972).

Hernández (2001) define los tratamientos intermedios como un conjunto de cortas que se aplican a una masa forestal durante su desarrollo (esto es una vez que se ha establecido) hasta su madurez, con el fin de controlar su densidad, mejorar su composición; distribuir su crecimiento en los mejores árboles y controlar la duración del turno

Según Young (1991). Señala que los objetivos de los tratamientos intermedios son:

- 1- Favorecer a ciertas especies sobre otras.
- 2- Regular el espaciamiento y la densidad de la masa.
- 3- Eliminar los arboles mal formados o enfermos.
- 4- Mejorar la calidad de la madera de los arboles restantes al podar las ramas.
- 5- Salvar o rescatar a los árboles muertos o moribundos.
- 6- Fertilizar el suelo para aumentar las tasas de crecimiento.

Fors y Reyes (1947); Hawley y Smith (1972), clasifican seis tipos de cortas intermedias, dentro de las cuales se pueden distinguir las siguientes; limpias, corta de liberación, aclareos, corta de mejora, corta de recuperación, y las podas, estas cortas pueden ser aplicadas tanto en masas uniformes o irregulares.

6.1.1 Corta de limpia

Es una corta realizada en una masa joven, que no haya superado la edad de renuevo, con el fin de liberar los arboles mejores de los individuos indeseables de la misma edad que los dominan o amenazan con dominarlos, la limpia tiene el fin de

principal de regular la mezcla para dar la ventaja a los individuos de las mejores especies (Hawley y Smith, 1972; Fors y Reyes, 1947).

Daniel *et al* (1982) menciona que la limpia tiene lugar en un rodal en el que los árboles están en el estadio de plántula o son aun más pequeños, su único propósito es liberar a una especie de la dominancia de otra. La limpia es una operación que implica un gasto y no permite un retorno económico inmediato.

A la extracción o corte de los arbustos y árboles de especies diferentes, los brotes de cepas viejas y toda vegetación nociva es a lo que se llama, limpia. Muchas veces las limpias empiezan a practicarse simultáneamente con las cortas de repoblación por tener que atacar a las plantas, que si se dejan desarrollar serian muy perjudiciales para las especies deseables (Vera, 1903) (Figura 1).

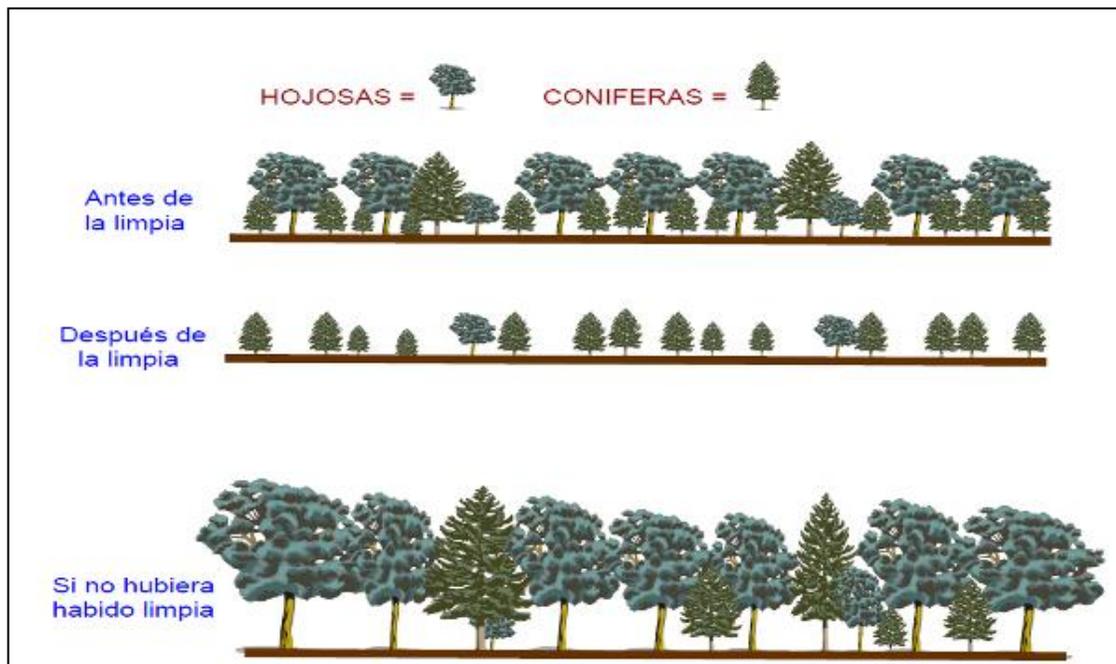


Figura 1. Rodal de pino antes y después de una limpia (Musálem y Fierros, 1996).

6.1.2 Corta de liberación

Son las cortas realizadas en un rodal joven con el fin de liberar a los arboles de individuos viejos dominantes. Las cortas de liberación se realizan al mismo tiempo que las limpias y se diferencian en que su objeto es la extracción de arboles mayores y más viejos que conforman el rodal, y las limpias se extraen arboles aproximadamente de la misma edad del rodal (Fors y Reyes, 1947).

Corta realizada para liberar una masa joven, que no haya superado la fase de renuevo, de la competencia de individuos más viejos que la recubren. Los arboles más viejos pueden ser de especies buenas pero de porte malo o de especies menos deseables que el que el cultivo joven (Hawley y Smith, 1972).

La corta de liberación se hace cuando los individuos de la especie deseada se encuentran en el estadio de plántula o son menores, pero diferente de la limpieza por el hecho de que los arboles eliminados pertenecen a una clase de edad superior (Daniel *et al*, 1982) (Figura 2).

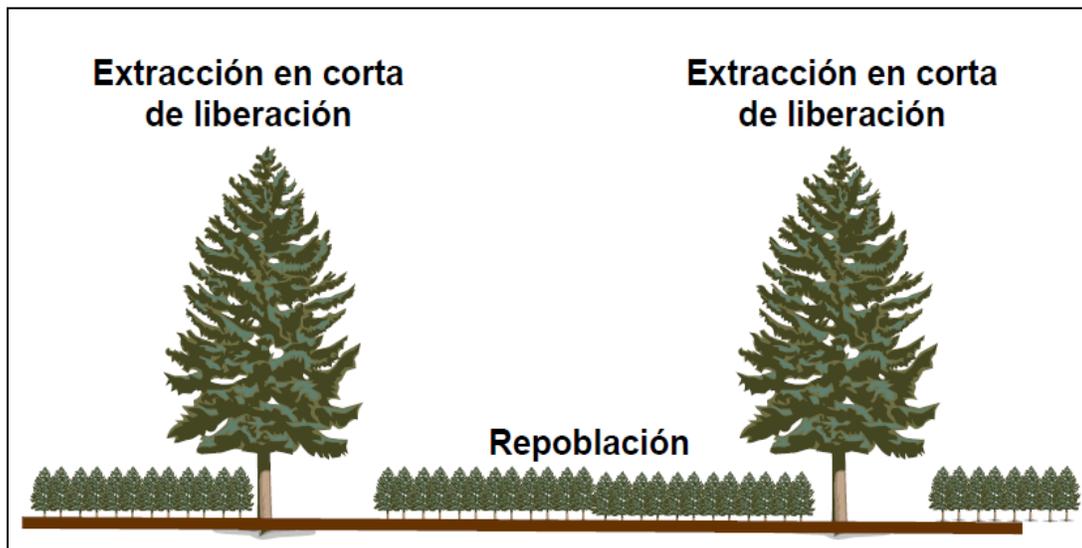


Figura 2. Rodal joven saliendo del periodo de regeneración. Momento adecuado para la corta de los árboles sobresalientes; aun no han causado daños al renuevo (Musalen y Fierros, 1996).

6.1.3 Aclareo

Corta realizadas en un rodal joven, no enteramente desarrollado, con el fin de acelerar el crecimiento de los arboles que permanecen parados y aumentar su rendimiento final. En estas corta se extraen que no se encuentran en posición dominante, en las que se extraen solo arboles que dominan a individuos mejores (Fors y Reyes, 1947).

Kirchner *et al.* (2008) menciona que con los aclareos se trata de combinar los beneficios de un espaciamiento reducido con un desarrollo óptimo económico y ecológico de los árboles.

Al respecto, Young (1947) destaca que el aclareo usualmente no aumenta la cantidad total de madera producida por el bosque, ya que de hecho la cantidad sigue siendo la misma.

Fors y Reyes, (1947); Hawley y Smith, (1972); Kirchner *et al.*, (2008); Yong, (1991), definen los siguientes métodos de aclareos:

Aclareo ascendente o inferior: El principio de este método es la extracción de los arboles de las clases más pobres (los suprimidos) primero y después trabajar hacia arriba en orden consecutivo, segundo los árboles intermedios, dejando los árboles dominantes y codominantes (cuadro 2).

Aclareo descendente o superior: Se cortan los árboles de las clases dominantes y codominantes, para favorecer el crecimiento de la clase de árboles intermedios y de árboles oprimidos vigorosos.

Aclareo selectivo: Se cortan los árboles de clase dominante, para estimular el crecimiento de árboles codominantes, intermedios y oprimidos vigorosos.

Aclareo mecánico: se eliminan todos los arboles en hileras o en fajas sin atender la clase de copa, este puede ser selectivo o no selectivo, en el primero se dejan algunos de los mejores árboles en las hileras o áreas a ser a clareadas, en el segundo se cortan todos los árboles en las hileras o áreas.

Aclareo libre: Como su nombre lo indica los arboles se talan sin apearse a ninguno de los métodos mencionados. Los arboles individuales se eliminan de acuerdo con la opinión del técnico en cuanto a que es lo mejor para el desarrollo del rodal. Los criterios utilizados para la selección de arboles, tanto de los que se talaran como de aquellos destinados a la producción comercial, incluyen la clase de la copa, el vigor, el espaciamiento, la forma y las características de las ramificación.

Cuadro 2. Árboles a remover siguiendo el método de aclareo por lo bajo (Hawley y Smith, 1972).

GRADO	CONSERVADOR	RADICAL
A. Muy Ligero	Suprimidos muy pobres	Suprimidos
B. Ligero	Suprimidos e intermedios muy pobres	Suprimidos e intermedios
C. Moderado	Suprimidos e intermedios	Suprimidos, intermedios y algunos codominantes.
D. Fuerte	Suprimidos, intermedios y muchos codominantes	Suprimidos, intermedios y la mayoría de los codominantes.

6.1.4 Corta de mejora

Las cortas de mejora se realizan en un monte ya pasada la etapa de latizal, con el fin de mejorar su composición y carácter, mediante la extracción de arboles dominantes de especies indeseables, mala forma y condición, las corta de mejora son necesarias en aquellos montes en que las limpias no se practicaron a su debido tiempo (Fors y Reyes, 1947).

Corta realizada en una masa después de la fase de renuevo, con el fin de mejorar la composición y la calidad, extrayendo árboles de especies o estado indeseable del vuelo principal (Hawley y Smith, 1972).

Musálem y Fierros, (1996) mencionan que las cortas de mejoramiento normalmente se usan para corregir rodales defectuosos a los que no se les aplicaron limpias o cortas de liberación por alguna circunstancia. Los árboles que se remueven pertenecen a especies indeseables, o de las especies deseables con características defectuosas. Las cortas de mejoramiento pueden aplicarse a rodales en cualquier combinación de especies y clases de edad. Cuando este tipo de cortas se aplica a rodales coetáneos puros, el tratamiento es casi igual a un aclareo selectivo, ya que, en ambos, se eliminan árboles dominantes de la especie de interés para favorecer los mejores árboles de las clases de copa subordinadas.

6.1.5 Corta de recuperación y de saneamiento

Son las cortas que se realizan con el fin de extraer árboles muertos o dañados por agentes nocivos como ciclones, fuego, etc. (Fors y Reyes, 1947; Hawley y Smith, 1972; Musálem y Fierros, 1996; Hernández, 2001)

Musálem y Fierros (1996) destacan que el principal objetivo de estas cortas es el de aprovechar, cuando a esto es posible, el valor de árboles dañados, muertos moribundos, que de otra manera se perdería. Las cortas de saneamiento, son un tipo especial de corta de recuperación, pero que no son necesariamente dirigidas hacia la remoción de árboles muertos por alguna causa.

6.1.6 Poda silvícola

Operación que se realiza para suprimir ramas de árboles parados, con el fin de aumentar la calidad del fuste o tronco del árbol, existen dos tipos de podas una natural y una artificial; la poda natural. Es el tipo de poda causada por la naturaleza, por el efecto

de “sombreado”, que las ramas superiores tienen sobre las de abajo o inferiores. La intensidad de la poda natural será de acuerdo a tres factores: el comportamiento de la especie, la calidad del terreno y la densidad, pues a mayor cantidad de árboles en el terreno, mayor será la poda natural. La poda artificial se realiza cortando las ramas bajas, vivas o muertas de un árbol en pie, para dejar el tronco libre de nudos (Fors y Reyes, 1947).

La Comisión Nacional Forestal (2009) menciona que es una actividad que implica un corte completo y limpio con el uso de las herramientas adecuadas, y que el principal objetivo es evitar la formación de nudos muertos, reducir y concentrar los nudos vivos en una parte específica del árbol, y mejorar la calidad de la madera.

6.2 Tratamientos de regeneración o reproducción

De acuerdo con Daniel *et al.* (1982) señalan que los propósitos de los métodos de reproducción son entre otros:

- a) Aprovechar los árboles que forman la cosecha, de tal manera que se garantice que la regeneración ocurra dentro de un lapso predecible, y
- b) Permitir un cierto número de opciones para crear el ambiente más favorable para el establecimiento de la especie deseada.

Dado que los árboles pueden reproducirse bajo una escala amplia de condiciones ambientales, la elección de un método depende de las necesidades del bosque (Daniel *et al.*, 1982).

El conocimiento de la tolerancia de las especies y otras características silvícolas, más la información del microclima, permiten al silvicultor determinar para un cierto turno hasta donde se pueden sostener o modificar los factores climáticos para sustentar el crecimiento de las plantas deseadas, y poner en desventaja a las plantas indeseables

(Daniel *et al.*, 1982). El silvicultor debe intentar hasta donde sea posible crear el microclima deseado a través del manejo del rodal y así garantizar la regeneración de la especie en cuestión.

Según Daniel *et al.* (1982) el éxito de la regeneración natural depende de:

- a) Una fuente de semilla viable,
- b) Un terreno preparado adecuadamente y
- c) Un ambiente compatible con la germinación y el establecimiento de las plántulas.

Los tres factores anteriores son controlables por el silvicultor, pero tiene importancia relevante el último, el cual es controlable mediante la modificación del microclima, a través de la remoción cuidadosa de árboles, modificando la cobertura y permitiendo que incida sobre el suelo una mayor cantidad de luz solar directa.

Existen numerosos métodos de regeneración natural, los cuales pueden tener variantes de aplicación, según las especies, bosques, regiones u objetivos de la administración, por lo que existe un amplio grado de oscilación dentro de cada categoría (Hawley y Smith, 1982).

En general la silvicultura reconoce seis métodos generales de reproducción (Daniel *et al.*, 1982; Hawley y Smith, 1982), los cuales pueden clasificarse en: métodos de monte alto, que producen bosques originados a partir de semilla, y métodos de monte bajo, que producen rodales forestales principalmente mediante la reproducción vegetativa. Dentro de los métodos de monte alto se tiene la siguiente clasificación:

En los rodales coetáneos existen tres métodos de regeneración, los cuales son:

a) Método de matarrasa o talarrasa: Una sola corta para extraer todo el arbolado, con reproducción artificial o por germinación natural de semillas procedentes de rodales adyacentes o de árboles derribados durante la operación de corta.

b) Método de árboles padre: Una sola corta del arbolado ya desarrollado, excepto un pequeño número de árboles productores de semillas que se dejan aislados o en pequeños grupos.

c) Método de repoblación bajo árboles protectores, también llamado de cortas de protección: La madera se saca en una serie de cortas cuya duración se limita a una pequeña parte del turno, con lo cual se logra favorecer el establecimiento de una repoblación esencialmente uniforme bajo la protección parcial de los árboles padres.

La aplicación de las cortas de regeneración en el tiempo da un carácter distintivo a la estructura de los bosques, por ejemplo, el método de selección implica cortas sistemáticas a lo largo de un turno, lo que lleva a la creación de bosques incoetáneos, mientras que las cortas que se concentran al final del turno, dan origen a bosques coetáneos o de edad uniforme.

Los diversos métodos de monte alto propician diferentes grados de exposición del suelo forestal, a la radiación solar y a los agentes atmosféricos, así como de competencia radical y distintos niveles de producción de semilla por el bosque residual dejado en el área cortada. Los efectos de las distintas cortas propias de cada método tienen una gran amplitud de respuestas ambientales, por lo que el forestal al determinar el tipo de corta para reproducir una clase particular de bosque, puede lograr la combinación de factores ecológicos requeridos para este fin.

El método de matarrasa produce una máxima exposición del suelo y disminuye la competencia radical al mínimo; el aporte de semillas proviene de los rodales adyacentes y de los árboles eliminados si la corta se hace después de la maduración de la semilla. En el método de árboles padres se genera una modesta producción de semilla, y los árboles que quedan en pie no modifican apreciablemente el ambiente. En el método de cortas de protección, la principal ventaja es la protección que proporciona el arbolado residual,

especialmente contra la radiación solar directa; con este método puede aumentar el vigor de los árboles restantes en forma suficiente como para aumentar la producción de semillas al máximo (Hawley y Smith, 1982).

Los métodos de repoblación no se limitan a la corta, sino que incluyen medidas suplementarias esenciales como el control de los enemigos bióticos, las operaciones de cultivo para preparar el suelo, la reducción de competencia de la vegetación indeseable, el uso o exclusión del pastoreo y la eliminación de residuos. El empleo de tratamientos adicionales o la modificación de los métodos de corta deberán plantearse después del análisis de los factores que intervienen en el proceso de regeneración en cada situación específica (Hawley y Smith, 1982).

6.2.1 Factores que afectan el establecimiento de la regeneración natural

El establecimiento de la regeneración natural se ve afectado por varios factores, que pueden incidir durante todo el proceso, desde la germinación de la semilla, hasta el establecimiento de las plántulas.

Factores externos que influyen en la germinación

Los principales factores externos que afectan la germinación de la semilla son: (Daniel *et al.*, 1982).

- a) Agua. Es necesaria para debilitar la cubierta, hidrolizar las sustancias de reserva y elevar el contenido de humedad de las semillas de coníferas de alrededor de 10 hasta 45 por ciento, nivel necesario para que la germinación se inicie.
- b) Oxígeno. La intensa respiración de las semillas durante el proceso de germinación requiere de un aporte abundante de oxígeno. Los requerimientos de oxígeno varían mucho y pueden surgir problemas en suelos poco porosos o demasiado húmedos.

c) Dióxido de carbono. Altos niveles de CO₂ retardan la germinación debido a la inhibición de la respiración. La mayoría de los suelos ricos en materia orgánica tienen altos niveles de CO₂, que pueden saturar la atmósfera edáfica con este gas en los horizontes profundos.

d) Temperatura. La velocidad de la germinación se incrementa al elevarse la temperatura y se ha descubierto que la germinación se produce mejor, cuando la temperatura fluctúa y no permanece constante. La germinación es más rápida cuando la temperatura se encuentra de 25 a 40°C. Las semillas secas son muy resistentes a los efectos nocivos de las temperaturas extremas; sin embargo cuando las semillas están embebidas y en germinación, estas temperaturas extremas pueden ser letales.

e) Luz. Las semillas de las especies forestales germinan indistintamente en la luz como en la oscuridad, aunque existen informes contradictorios acerca del efecto del fotoperíodo y la luz sobre las semillas de árboles; esto se debe a que algunas semillas, que usualmente no son sensibles a la luz, pueden sensibilizarse si se les mantiene a una cierta temperatura bajo condiciones de imbibición.

Establecimiento y desarrollo de las plántulas

El desarrollo de las plántulas, desde su germinación hasta su establecimiento, es el período más crítico del proceso de regeneración de un bosque. La mayor mortalidad ocurre durante este lapso. En las coníferas este lapso es relativamente largo, lo que se refleja en índices de mortalidad superiores a los de las latifoliadas y herbáceas (Daniel *et al.*, 1982).

Durante esta etapa se observan dos períodos separables:

a) La etapa suculenta, con duración de unas cuantas semanas, e inicia cuando la plántula emerge de la superficie del suelo y dura hasta que el hipocotilo adquiere una consistencia dura y firme.

b) La etapa juvenil que inicia con el endurecimiento del hipocotilo, y dura varios años, hasta que la plántula se establece.

Daños que ocurren durante la etapa suculenta

El alto porcentaje de mortalidad potencial de las plántulas de coníferas, en la etapa suculenta, se debe en gran parte al daño producido por el calor, al damping-off, a daños mecánicos, falta de agua en el suelo y depredación ocasionada por aves e insectos (Daniel *et al.*, 1982).

Es probable que la causa más común de muerte entre las plántulas, es el daño directo por calor; esto es más frecuente que ocurra en sitios donde la temperatura del suelo rebase los 55°C, debido a la exposición al sol. A esta temperatura ocurren daños al nivel protoplasmático. El hipocotilo suculento es muy susceptible al daño por calor que ocurre al nivel de la superficie del suelo, donde las temperaturas son mayores por la absorción de la energía del sol (Daniel *et al.*, 1982).

Mortalidad después de la etapa suculenta

Después de la etapa suculenta, se puede presentar daño o muerte de la planta, debido a varios factores, siendo los más importantes (Daniel *et al.*, 1982).

- a) La sequía
- b) Carencia de luz suficiente (ésta es la causa más común)
- c) Altas temperaturas
- d) Las heladas y el levantamiento por el hielo
- e) Ahogamiento por caída de hojas o nevadas
- f) Ataque de insectos y enfermedades
- g) El fuego
- h) Daños ocasionados por animales

Cano (1988), menciona que en el método de regeneración con árboles padres se aplica una corta de regeneración los cuales servirán para el establecimiento de la nueva masa de arbolitos que se regeneran de forma natural, esta es la carta final o cosecha del bosque, donde los árboles son seleccionados por su morfología como por su fenología, estos árboles son los que darán origen a la nueva masa, por lo que deben ser buenos productores de semilla.

La corta de regeneración es la que tiene como finalidad asegurar por medio del tratamiento efectuado, la continuidad de la masa forestal (SEMARNAT, 2006).

Los métodos de regeneración son procedimientos ordenados que incluyen la corta parcial o total de la masa forestal existente, y el establecimiento de una nueva. Existen básicamente dos métodos de regeneración forestal: natural y artificial (Hernández, 2001).

En el manejo de masas coetáneas, los arboles se remueven durante un periodo relativamente breve, creando condiciones de espacio abierto y asoleado y conduciendo el desarrollo de bosques coetáneos. Son muchas las especies que pueden manejarse con este tipo de métodos, y para ciertas especies que no son intolerantes a la sombra, los métodos para masas coetáneas pueden ser casi obligatorios, ya que una regeneración adecuada no ocurriría bajo rodales de corta ligera (Young, 1991).

Para generar rodales coetáneos existen tres métodos de regeneración; Matarrasa, Arboles padres y cortas de protección (Musálem y Fierros, 1996; Fors y Reyes, 1947; Young, 1991; Hawley y Smith, 1972).

6.2.2 Método de Matarrasa

Es el más drástico de todos los métodos de corta. Mediante este método se talan todos los árboles, sean comerciales o no, dentro de un área determinada. Los dos

propósitos de este método son, primero, talar los árboles y segundo, establecer un nuevo sitio que sea coetáneo y de composición uniforme (Granados *et al*, 2007).

Con el método de tala rasa el área es talada a raso en el sentido literal del término; prácticamente todos los arboles, grandes o pequeños de la masa son extraídos durante el proceso, en este tipo de corta toda lo madera es cortada, la superficie desnuda tratada conduce al establecimiento de un monte alto uniforme (Hawley y Smith, 1972).

Consiste en la remoción en una sola corta de aquellas masas que van llegando a su madurez o final del turno, para fomentar la regeneración natural proveniente de la semilla dejada en el suelo y de árboles en pie adyacentes al área de corta, o bien llevando a cabo la regeneración artificial por medio de siembras o plantaciones. Se reconocen como corta a matarrasa, cuando las superficies de las cortas sean como mínimo de 0.25 ha cada una. Según la forma de aplicar la corta a matarrasa, se distinguen fundamentalmente tres variantes de este sistema silvícola; corta en fajas alternas, corta en fajas progresivas y corta en grupos o rodales (Mas, 2009) (Figura 3).

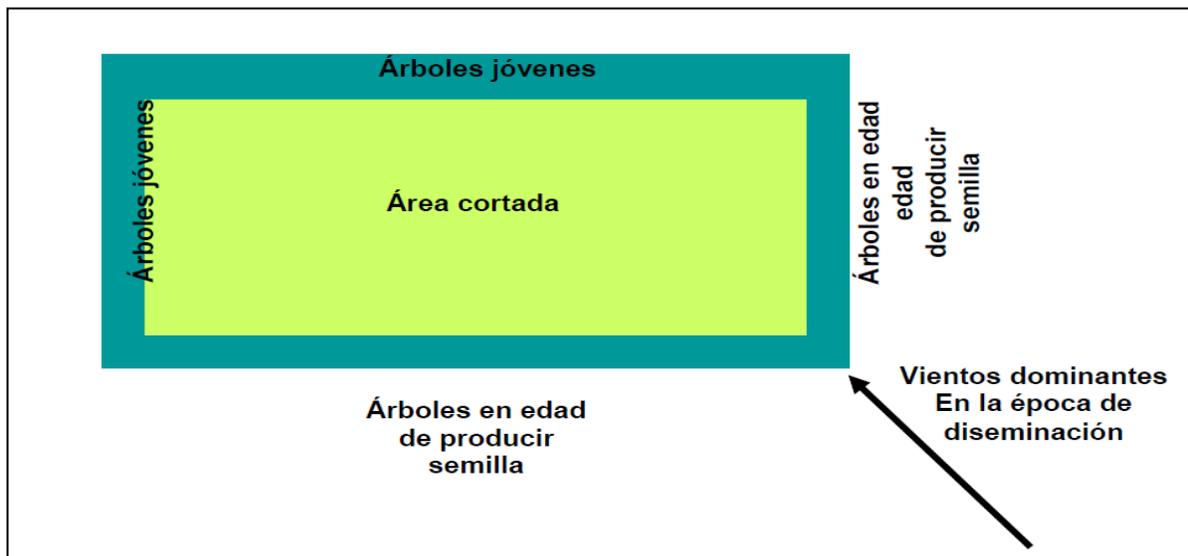


Figura 3. Corta total de todo el rodal, con la regeneración asegurada de semilla diseminada desde los árboles ubicados fuera del área tratada (Hawley y Smith, 1972).

Variantes o modalidades del método, para bosques coetáneos

Matarrasa en fajas alternas; en esta ordenación el rodal está dividido en una serie de fajas, la primera faja es talada totalmente, la siguiente mantiene sus árboles en pie, la tercera es talada y así sucesivamente a lo largo del rodal. El ancho de las fajas varía entre una y cinco veces la altura de los árboles (Hawley y Smith, 1972; Mas, 2009) (Figura 4).

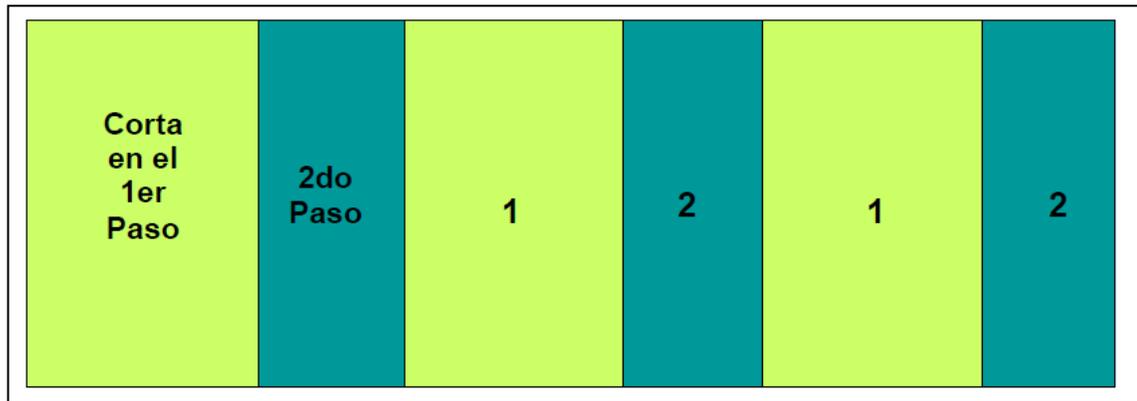


Figura 4. Corta a Matarrasa con arreglo en fajas alternas (Hawley y Smith, 1972).

Matarrasa en fajas progresivas. En esta modificación del método se requieren tres o más operaciones para extraer la totalidad del rodal. En su aplicación más sencilla se cortan fajas a cortos intervalos de tiempo empezando por un extremo del rodal. En este caso las fajas se van cortando conforme se va estableciendo la nueva masa forestal en las fajas cortadas anteriormente (Hawley y Smith, 1972) (Figura 5).

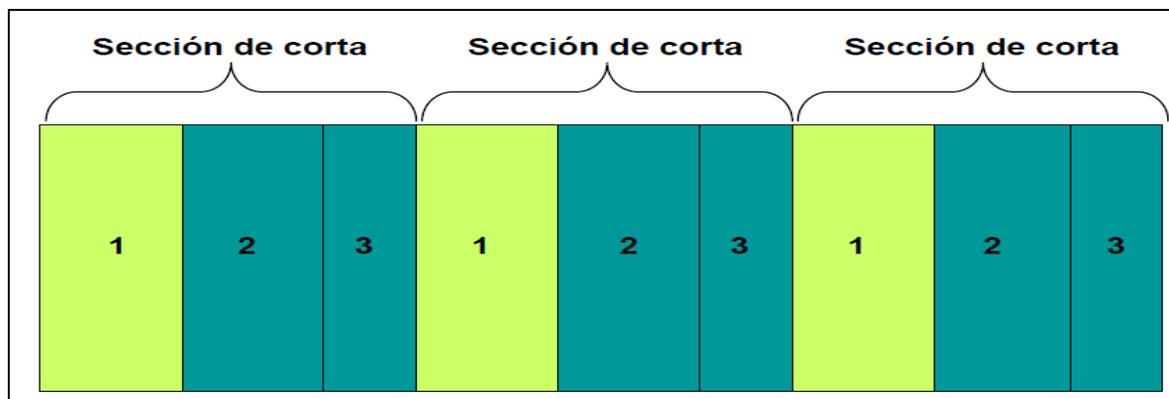


Figura 5. Corta a Matarrasa con arreglo en fajas progresivas (Hawley y Smith, 1972).

Matarrasa en grupos o bosquetes: consiste en la remoción total; pero gradualmente, de aquellos rodales maduros que van llegando al final del turno, en áreas concentradas en un solo lugar o en varios rodales esparcidos en el bosque bajo aprovechamiento. Los sectores de corta son con frecuencia en rectángulos o polígonos grandes, cuya forma y dimensiones dependen de: las condiciones ecológicas (Hawley y Smith, 1972; Mas, 2009) (Figura 6).

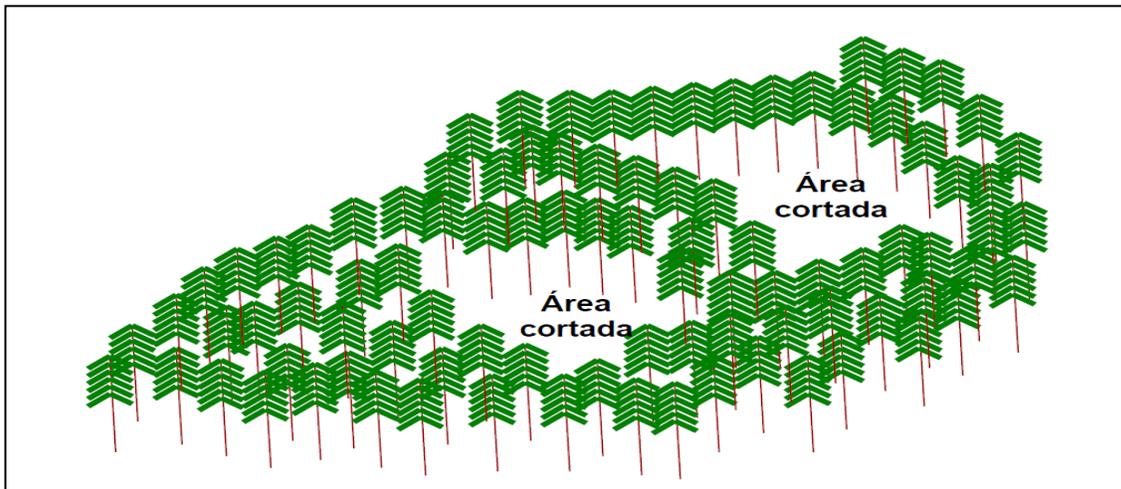


Figura 6. Matarrasa en grupos o bosquetes (Musálem y Fierros, 1996).

Ventajas y desventajas del método

Ventajas: Es muy económico debido a que las operaciones de tala y transporte se concentran en áreas pequeñas, lo que reduce los costos de operación. El método es sencillo y fácil de aplicar en la práctica. No hay daños a la regeneración. Permite al nuevo cultivo desarrollarse a plena luz y libre de competencia radical de la masa vieja. Favorece la aparición de plantas forrajeras y permite el pastoreo en una etapa de desarrollo de la masa. En las etapas iniciales del establecimiento de la nueva masa forestal, el área puede utilizarse para cultivos agrícolas (Fors y Reyes, 1947; Hawley y Smith, 1972; Musálem y Fierros, 1996; Young 1991).

Desventajas: Se reduce la protección del suelo contra la erosión. La corta total cambia bruscamente el microclima. Causa cambios en el microclima del área. Puede

causar alteraciones en las propiedades físicas del suelo. Es antiestético. Causa peligros de incendios al generarse una gran cantidad de desperdicios después de la corta. Se pueden tener problemas de mercado. Se destruye en gran medida el hábitat de la fauna silvestre. Se elimina al menos temporalmente la biodiversidad florística del lugar (Fors y Reyes, 1947; Hawley y Smith, 1972; Musálem y Fierros, 1996; Young 1991).

6.2.3 Método árboles padre

En este método el área es cortada totalmente, con la excepción de algunos árboles que son reservados como productores de semilla para regenerar el rodal en forma natural. Estos árboles pueden quedar aislados o en grupos distribuidos en forma uniforme en el rodal a regenerar (Fors y Reyes, 1947; Hawley y Smith, 1972; Musálem y Fierros, 1996; Young 1991).

El área es talada totalmente, exceptuando ciertos arboles, denominados arboles padres, que quedan en pie, aislados o en grupos, con la finalidad de proporcionar las semillas para repoblar naturalmente el área talada. Los arboles padres representan el 10 % del volumen original (Young, 1991; Hawley y Smith, 1972).

Modificaciones del método de arboles padres

Método de arboles padres agrupados. Consiste en dejar los arboles padres en grupos o franjas, en lugar de aislados en forma dispersa por el área. El fin que se persigue con esta organización es disminuir el peligro de que sean derribados por el viento (Musálem y Fierros, 1996).

Método de la reserva de arboles padres. Los arboles padres pueden ser dejados con el fin de asegurar no solo las semillas para la regeneración, sino también un crecimiento posterior. En esta modificación los arboles padres son escogidos pensando a la vez en su capacidad como productores de semillas y para crecer de

modo satisfactorio durante la totalidad o una parte de un segundo turno (Fors y Reyes, 1947; Hawley y Smith, 1972).

Arboles padres contra incendios. Consiste en dejar árboles resistentes al fuego. Estos árboles pueden ser derivados de cortas totales, de árboles padre o cortas de protección, no importa que la repoblación ya se haya logrado. Solo es posible si están presentes especies de corteza gruesa y que resistan la presencia de fuegos. También es posible que las tierras puedan ser conservadas productivas de modo más económico, aumentando la eficacia de la protección contra el fuego (Fors y Reyes, 1947; Hawley y Smith, 1972).

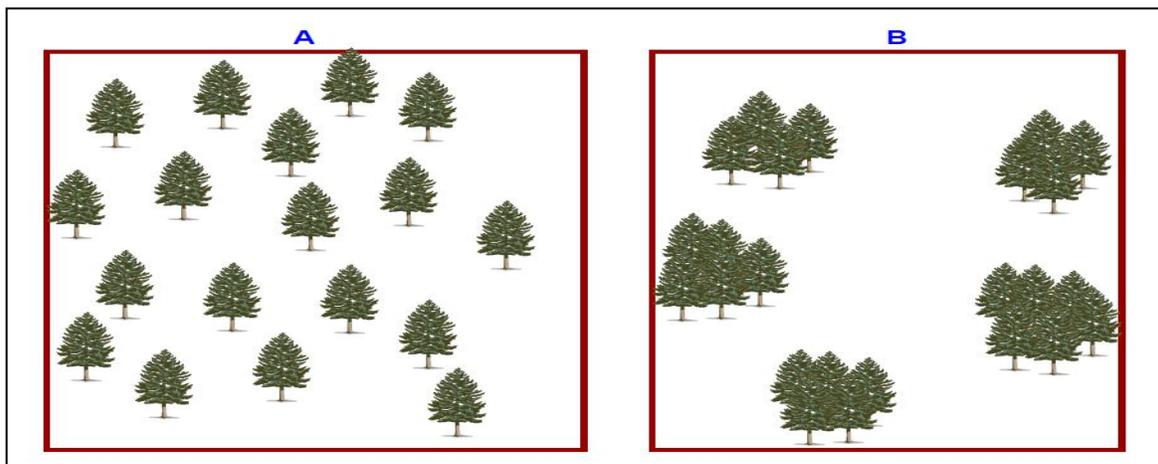


Figura 7. Método de árboles semilleros o árboles padres. A) Con árboles aislados. B) Con árboles agrupados (Hawley y Smith, 1972).

Ventajas y desventajas

Ventajas: Se ejerce cierto control sobre las especies deseables para que ésta se establezca y haya algo de ganancia genética. Es económico ya que se concentran las operaciones de tala y transporte en áreas relativamente pequeñas. Es sencillo y fácil de aplicar. Los daños a la regeneración son menores. Se puede talar grandes extensiones, ya que el abastecimiento de semillas no depende de rodales adyacentes. Favorece la aparición de plantas forrajeras y permite el pastoreo en una etapa de desarrollo de la

masa (Fors y Reyes, 1947; Hawley y Smith, 1972; Musálem y Fierros, 1996; Young, 1991;).

Desventajas: Se dejan los mejores árboles como semilleros, lo que reduce los beneficios del aprovechamiento. La extracción de los árboles padres puede ser incosteable económicamente. Se causan daños a la regeneración natural durante la extracción de los árboles padres, principalmente si no se realiza en el momento adecuado. Si se dejan los árboles padres, éstos se convierten en árboles “lobo” que afectan a la nueva masa forestal (Fors y Reyes, 1947; Hawley y Smith, 1972; Musálem y Fierros, 1996; Young, 1991).

6.2.4 Método de cortas de protección

Esta corta implica la extracción gradual de la masa completa en una serie de cortas parciales que se extienden durante una parte del turno. Este método se caracteriza por el establecimiento de la nueva población, antes de que termine el turno, la regeneración genera una masa uniforme, la que es protegida por el arbolado grande, en las primeras etapas de desarrollo, las que a la vez se van liberando gradualmente (Hawley y Smith, 1972).

Detalles del método

Cortas preparatorias: Estas cortas generalmente se aplican con dos objetivos principales: mejorar el vigor de los árboles que han de proporcionar la semilla; y el exponer el piso forestal, para acelerar la descomposición de las capas de materia orgánica que son tan desfavorables para el establecimiento de las nuevas plántulas. Los posibles árboles semilleros pueden expandir sus copas y desarrollar firmeza contra el viento para cuando queden aislados (Fors y Reyes, 1947; Hawley y Smith, 1972; Musálem y Fierros, 1996).

Corta de siembra: el propósito de esta etapa de cortas es el de abrir suficiente espacio de crecimiento en una sola operación para permitir el establecimiento de la regeneración. Las cortas deben de realizarse preferentemente en años de producción abundante de semillas de las especies deseadas, pues de otra manera existe la posibilidad de que otra vegetación o especies no deseadas invadan el espacio de crecimiento liberado (Fors y Reyes, 1947; Hawley y Smith, 1972; Musálem y Fierros, 1996; Young, 1991).

Cortas de extracción: Este tipo de cortas tiene los objetivos de ir liberando gradualmente al nuevo rodal y a la vez ir haciendo el mejor uso del potencial de los árboles remanentes para incrementar su valor. Puede haber una o varias cortas de remoción, según la intensidad del manejo, la única de las cuales se llama corta final, para la cual se reservan los árboles más vigorosos. El período de cortas de remoción no debe exceder de un 20 por ciento de la duración del turno si es que se quiere conservar las características de coetaneidad del rodal (Fors y Reyes, 1947; Hawley y Smith, 1972) (Figura 8).

Modificaciones del método

Cortas uniformes en toda el área o en secciones. Es cuando el método se aplica uniformemente en todo al rodal (Fors y Reyes, 1947; Hawley y Smith, 1972; Musálem y Fierros, 1996; Young, 1991).

Cortas uniformes en fajas. En este caso el rodal es cortado en fajas y se va avanzando gradualmente hasta cubrir todo el área o rodal. La corta se concentra cada año en algunas fajas, quedando las otras temporalmente sin tocar (Hawley y Smith, 1972; Musálem y Fierros, 1996).

Cortas de protección en grupos. En este método las cortas de regeneración no se ejecutan sobre áreas definidas, si no en distintos lugares del monte donde sus árboles componentes han alcanzado la cortabilidad económica, como pueden ser

grupos de árboles derribados por el viento a manchones quemados por incendios (Fors y Reyes, 1947; Hawley y Smith, 1972; Musálem y Fierros, 1996; Young, 1991).

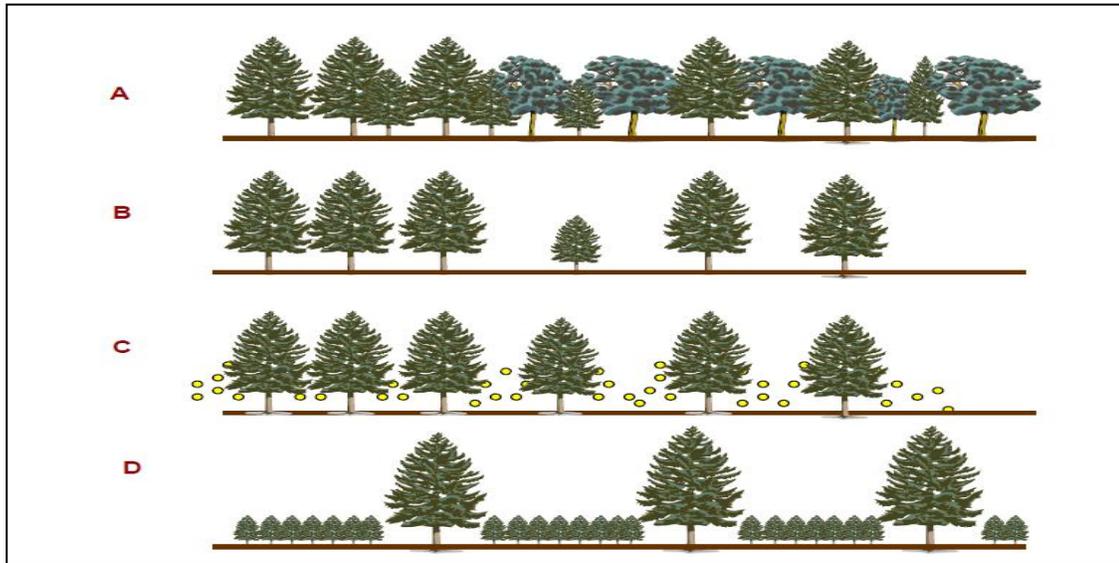


Figura 8. Diferentes tipos de cortas que se efectúan en el método de cortas de protección. A) Rodal antes de las cortas B) Rodal después de la corta preparatoria. C) Rodal después de la corta de establecimiento. D) Rodal después de una corta de remoción, faltando únicamente la corta final (Musálem y Fierros, 1996).

Ventajas y desventajas

Ventajas: Es un método excelente para la regeneración con especies de semillas pesadas cuya dispersión depende la gravedad. La reproducción es más completa y segura en comparación con los otros métodos que producen masas coetáneas. Los arboles mejores son conservados hasta que la regeneración ha sido ya establecida y solo hasta este entonces son cortados. Es el mejor método para las especies que necesitan sombra y protección para germinar y comenzar. El suelo nunca queda descubierto y evita la erosión del suelo (Hawley y Smith, 1972; Musálem y Fierros, 1996).

Desventajas: Necesita que el mercado absorba todos los productos extraídos. Requiere más habilidad para su aplicación que los métodos anteriores. No se puede evitar que una parte de la repoblación sea distribuida durante los aprovechamientos (Hawley y Smith, 1972; Musálem y Fierros, 1996).

6.3 Tratamientos complementarios

Son tratamientos complementarios a las cortas descritas anteriormente y son necesarios para proteger al cultivo, disminuir la competencia de los estratos arbustivo y herbáceo y son esenciales en la etapa de regeneración para crear las condiciones adecuadas para que la regeneración natural ocurra.

Los tratamientos más comunes se describen a continuación:

Eliminación de los restos dejados durante las operaciones de corta y transporte: Son todos los restos o desperdicios de material vegetal que queda sobre el terreno después de un aprovechamiento forestal. Entre los métodos de control de restos se encuentran los siguientes:

Quemas prescritas: Su objetivo es disminuir el material combustible y en consecuencia el riesgo de incendios forestales; regular y controlar plagas y enfermedades; mejorar la calidad y el rendimiento de los pastos; acelerar el proceso de reciclamiento de los nutrientes; mejorar las características físicas del paisaje; mejorar las condiciones del hábitat de la fauna silvestre; regular y controlar la sucesión vegetal entre otros (Fors y Reyes, 1947; Hawley y Smith, 1972; Hernández, 2001).

Amontonamiento y quemado: En este caso se amontonan los restos, se dejan durante un periodo para que pierdan humedad y se queman en tiempo favorable. El amontonamiento puede ser manual, con tracción animal o con tractor (Hawley y Smith, 1972; Hernández, 2001).

Pica y diseminación: Consiste en picar los restos donde cayeron y después dispersarlos en toda el área para acelerar su descomposición (Hawley y Smith, 1972; Hernández, 2001).

Extracción de restos: Consiste en extraer todos los restos vegetales del área de aprovechamiento y llevarlos a sitios donde no causen efectos negativos y que inclusive puedan servir como protección al suelo contra la erosión o como material combustible (Hawley y Smith, 1972; Hernández, 2001).

6.3.1 Tratamientos o labores al suelo forestal

Después de hacer lo necesario para tener un suministro adecuado de semillas, la siguiente etapa en importancia es la preparación de un medio edáfico favorable para el establecimiento de nuevo cultivo.

El barbecho y rastreo: Estas actividades generalmente se realizan con maquinaria pesada (tractor), el objetivo de estas actividades después de un aprovechamiento es incorporar la materia orgánica con el suelo para acelerar su descomposición y que sirva de nutrientes para la nueva masa (Hernández, 2001).

Fertilización: El uso de fertilizantes en áreas forestales no es una práctica común debido a los siglos biológicos largos de las especies y se aplican solo cuando el suelo es pobre en nutrientes, en algunos casos se aplican acidificantes, cal, abonos, aglutinantes e incluso fertilizantes para elevar la fertilidad del suelo y mejorar la calidad del sitio forestal (Daniel *et al.*, 1982; Hawley y Smith, 1972).

6.3.2 Tratamiento a la cobertura vegetal viva competidora

Después del aprovechamiento es indispensable tener un control en el desarrollo de la nueva masa, evitar que sea dañada por otras plantas o que impida el desarrollo de la misma, para esto se eliminan las hierbas y los arbustos de forma física o con la

aplicación de algún producto químico (Fors y Reyes, 1947; Hawley y Smith, 1972; Hernández, 2001).

La forma física consiste en la eliminación de las mismas con algún elemento mecánico que las dañe o extraiga. Esta es una tarea factible cuando se trata de pequeñas superficies, pero cuando estas se extienden, en la práctica es un método que se torna imposible por lo lento y costoso (Hawley y Smith, 1972).

La forma química consiste en la aplicación de herbicidas. Son sustancias químicas empleadas para matar o inhibir el crecimiento de las malezas. Esta actividad es menos costosa que física, por lo rápido de aplicar (Hawley y Smith, 1972).

6.3.3 Control de los enemigos bióticos

Cercado: Es una práctica común en las áreas forestales donde se practica la ganadería extensiva. Esta labor se lleva a cabo para proteger la regeneración natural, por lo que se realiza principalmente una vez que se ha aplicado una corta de regeneración y se mantiene hasta que las plántulas adquieren un tamaño tal que ya no son afectadas por el ramoneo del ganado. Otras de las prácticas que se realizan para proteger el renuevo son: La caza de animales, trampas, venenos, etc. (Daniel *et al*, 1982; Fors y Reyes, 1947; Hawley y Smith, 1972; Hernández, 2001).

6.3.4 Tratamientos del suelo mineral

Subsolado: Esta labor permite romper el piso de arado y deberá realizarse a una profundidad de 50 a 60 cm, sólo cuando el suelo este compactado ya que requiere de maquinaria potente y de equipo pesado (tractor de oruga o bien, tractor convencional con doble rodado trasero); es una labor lenta y costosa, que tiene como fin que el suelo retenga mayor cantidad de agua y la materia orgánica se puede incorporar de manera rápida (Daniel *et al*, 1982; Hawley y Smith, 1972).

VII. LA SILVICULTURA EN LOS BOSQUES INCOETÁNEOS

Una masa irregular o incoetanea está definida como aquella que está formada por pies de todas las edades o clases diamétrica. La estructura instantánea de una masa irregular, representando en el eje de las ordenadas las densidades y en abscisas las edades o diámetros de los pies que la componen, se expresan por curvas en forma de J invertida (Serrada, 2008).

Los bosques de rodales con estructuras irregulares están conformados principalmente por especies tolerantes. En las masas irregulares las edades no son uniformes y pueden contar al menos con tres o cuatro clases bien definidas por su edad (Cano 1988; Daniel *et al.*, 1982; Hawley y Smith, 1972).

Están formados por varios estratos de árboles en los que se distinguen individuos dominantes, codominantes, intermedios y suprimidos, con una gran diversidad de formas y tamaños, o incluso por individuos de varias especies mezclados (Gadow, *et al.*, 2007).

7.1 Tratamientos intermedios

A través de su vida, desde su nacimiento hasta el comienzo del periodo de reproducción, el monte necesita cortas a intervalos variables y con diferentes fines especiales, aunque siempre con el propósito de corregir sus defectos y aumentar la cantidad y valor de sus productos maderables, todas estas cortas realizadas durante este periodo se llaman cortas intermedias (Fors y Reyes, 1947).

Para los bosques incoetaneos, no se aplican las seis cortas intermedias que especifican los autores; en este caso serian las siguientes:

Corta de mejora: Las cortas de mejora son aplicadas más ampliamente en masas pobres, que tienen una distribución tan irregular de las clases de edad y de

tamaño. Las cortas de mejora pueden ser realizadas en masas puras o mixtas con el fin de mejorar la composición, tanto desde el punto de vista de la calidad como de las especies. Son casi siempre necesarias para recuperar bosques abandonados o de mala administración (Musálem y Fierros, 1996).

Corta de recuperación: Son cortas que se hacen con el propósito de remover árboles que han sido dañados o están en peligro inminente de morir por cualquier causa diferente a la competencia entre árboles, esta corta se puede aplicar en bosques coetáneos e incoetaneos, por lo que la corta es distribuida en todo el rodal en búsqueda de los arboles indeseables (Hawley y Smith, 1972; Musálem y Fierros, 1996).

Aclareo: El aclareo es una de las cortas que se realiza tanto en rodales coetáneos como incoetaneos, ya que liberar espacios dentro de la masa, con el fin de que los arboles dejados se desarrollen más rápidamente y que el producto sea de calidad. Para los bosques incoetaneos es recomendable aplicar los métodos de aclareo; por lo bajo, por lo alto y selectivo (Fors y Reyes, 1947; Musálem y Fierros, 1996).

7.2 Tratamiento de regeneración

El manejo de los rodales incoetáneos se lleva a cabo básicamente por un método, por el método de selección, en el cual se cortan árboles dispersos o en pequeños grupos de ellos (Fors y Reyes, 1947; Yung, 1991).

7.2.1 Método de selección

Método de selección (o entresaca): La madera se saca cortando individuos aislados o en pequeños grupos a intervalos relativamente cortos, proceso que se repite indefinidamente, con lo que se favorece la repoblación continua y se mantiene el bosque irregular. En el método de selección se establece un diámetro equivalente al turno, el cual sirve para definir los tipos de cortas que generalmente se aplican en forma simultánea, en

rodales incoetáneos, es decir corta de arbolado con fines de cosecha y regeneración y corta de aclareo, con fines de regulación de la densidad del rodal. Cuando se intervienen rodales no manejados previamente, la primera corta es más bien de aclareo, ya que se corta gran cantidad de árboles inmaduros que tienen diámetro inferior al diámetro de corta definido; esta corta generalmente no se apega a ningún patrón, sino que estará sujeto a las necesidades del rodal, por lo que se le clasifica como aclareo libre (Musálem y Fierros, 1996).

Con el método de selección se pueden crear condiciones ambientales muy similares a las de los bosques no alterados, sin embargo mediante las variantes de aplicación como la extracción en grupos de árboles las condiciones puede variar como desde las creadas por la matarrasa hasta las del método de cortas de protección.

En el método de selección se talan todos los arboles más viejos, enfermos, deformes, o mayores de una masa a intervalos repetidos a lo largo del turno, ya sea en forma individual o por grupos pequeños, proceso que se repite indefinidamente, con lo que se favorece la repoblación continua y se mantiene la masa irregular. Los árboles cortados se toman aisladamente o en pequeños grupos, pero nunca es talado el rodal entero, y la repoblación se establece en los pequeños claros dejados por los árboles extraídos. (Fors y Reyes, 1947; Granado *et al*, 2007; Hawley y Smith, 1972; Hernández, 2001; Yung, 1991) (Figura 9).

Modificaciones del método

Método de selección de arboles aislados. En esta forma del método, cada pequeño componente uniforme de la masa irregular, ocupa el espacio creado por la extracción de un solo individuo maduro. Una masa de selección de arboles aislados se origina extrayendo arboles individuales aislados de la edad del turno. Aunque se puede requerir una docena o mas de renuevos en el claro abierto (Fors y Reyes, 1947; Hawley y Smith, 1972, Yung, 1991).

Método de selección en grupos o bosquetes: Esta modificación del método de selección se adapta más fácilmente a una amplia variedad de condiciones que cualquier otro. Los árboles maduros son extraídos en grupos relativamente grandes en lugar de aislados. La tala de los árboles más viejos se hace en forma más económica y con menos daños a la masa residual, los claros creados son lo bastante anchos para que el desarrollo de la regeneración y el crecimiento de las clases de edad más jóvenes no sea limitada (Fors y Reyes, 1947; Hawley y Smith, 1972; Yung, 1991).

Método de selección en franjas: Tanto en el método de selección de árboles aislados como en el de grupo, los individuos de clases de edad más viejos están dispersos por la masa y deben a menudo ser extraídos atravesando áreas en regeneración. Para lograr una eficiente operación y reducir la economía en el aprovechamiento, consiste en concentrar todos los árboles de la misma edad en fajas largas y estrechas. Cada franja contendrá una sola clase de edad. Esto se puede realizar por el método de selección en franjas, en el que cada clase de edad es concentrada en una clase de edad larga y estrecha (Fors y Reyes, 1947; Hawley y Smith, 1972).

Ventajas y desventajas

Ventajas: Ofrece un elevado grado de protección al suelo, así como a la regeneración natural, principalmente contra la acción del frío, del viento y de los rayos solares. Debido a la mezcla de clases de edad, el bosque es más resistente al ataque de plagas, por lo que se reduce los riesgos de plagas. Reduce el riesgo de incendios, al conservar mayor humedad en el suelo y el ambiente, y a que el material combustible está siempre a la sombra. No altera significativamente la belleza escénica del lugar. Debido a la abundancia de árboles, la reproducción es más segura. Proporciona hábitats más favorables para la fauna silvestre. Es el método que menos altera las condiciones ecológicas y de biodiversidad del sitio (Fors y Reyes, 1947; Hawley y Smith, 1972; Yung, 1991).

Desventajas: Debido a la mezcla de edades es difícil evitar daños a la regeneración natural y al arbolado residual. Puede degenerar la masa forestal, principalmente cuando se extraen los mejores árboles. Los costos de extracción y transporte son más altos, debido a que los árboles cosechados se encuentran diseminados en un área relativamente grande. La madera producida resulta de calidad inferior ya que es más nudosa (Fors y Reyes, 1947; Hawley y Smith, 1972; Yung, 1991).

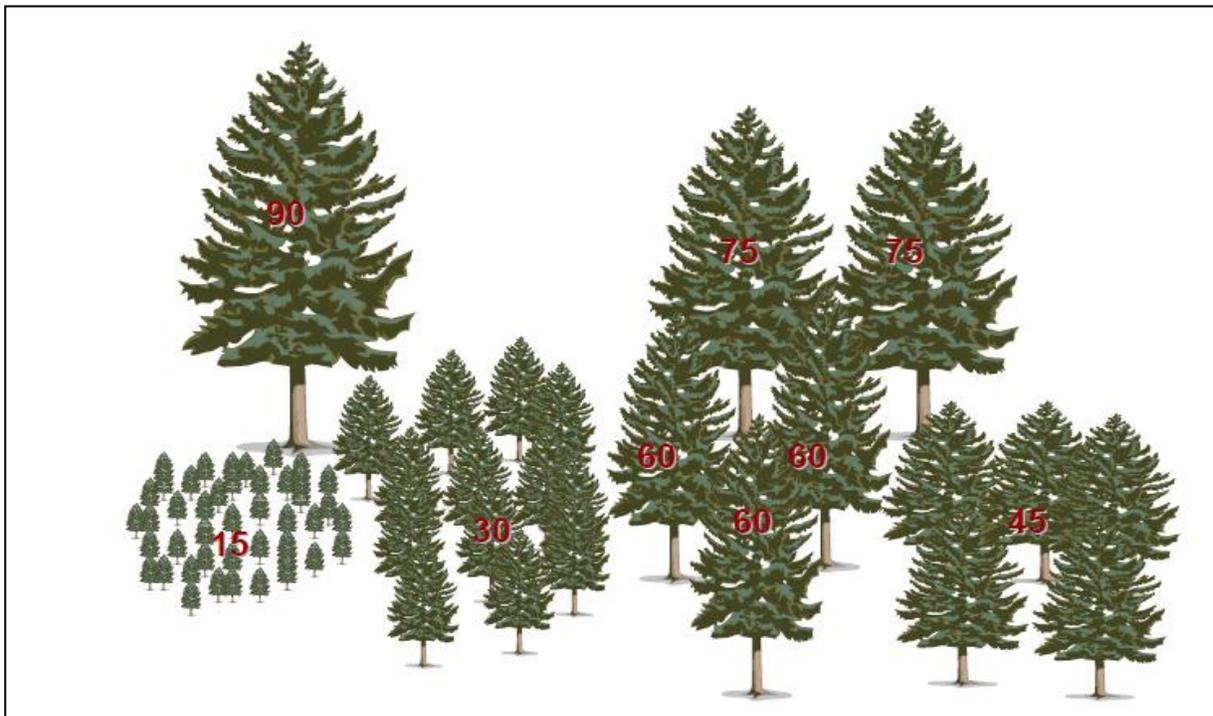


Figura 9. Diagrama de un rodal incoetáneo completo, manejado por el método de selección de árboles individuales en un ciclo de corta de 15 años. Cada cono representa un árbol de la edad que se indica. El árbol con la edad de 90 años está listo para ser cortado y reemplazado por numerosas plántulas, mientras que el número de árboles de las clases de edad intermedias ha sido reducido con aclareos (Musálem y Fierros, 1996).

7.3 Tratamientos complementarios

Eliminación de los restos dejados durante las operaciones de corta y transporte:

Pica y diseminación: consiste en picar los restos donde cayeron y después dispersarlos en toda el área para acelerar su descomposición (Hernández, 2001).

Pica y apilamiento: los restos se amontonan y se pican dejándose sin quemar, es útil en rodales donde es peligroso quemar o donde hay que mejorar la estética después de haber cortado. Tiene la ventaja de controlar casi en forma total los restos sin afectación alguna al rodal, pero los costos de mano de obra son muy elevados (Hernández, 2001).

7.3.1 Tratamiento o labores al suelo forestal

Para los bosques incoetáneos es difícil realizar este tipo de tratamiento por lo que los espacios dejados son muy pequeños y no permite la entrada de maquinaria pesada para realizar estas actividades. Solo que se requiera realizarlo con herramientas de mano, como puede ser (talache, pico, pala, etc.). Pero el costo de la operación sería muy costoso.

7.3.2 Tratamiento a la cobertura vegetal competitiva

Forma física: consiste en la eliminación de las mismas con algún elemento mecánico o manual que las dañe o extraiga (machetes, podadoras, etc.). Esta es una tarea factible cuando se trata de pequeñas superficies, pero cuando estas se extienden, en la práctica es un método que se torna imposible por lo lento y costoso.

Forma química: consiste en la aplicación de herbicidas. Son sustancias químicas empleadas para matar o inhibir el crecimiento de las malezas. Esta actividad es menos costosa que física, por lo rápido de aplicar.

7.3.3 Control de los enemigos bióticos

Para el control de los enemigos biológicos se puede utilizar, venenos, ruidos, etc. También se puede realizar caza de animales, cercado de las áreas cortadas, trampas, etc.

7.3.4 Tratamiento del suelo mineral

Para el tratamiento del suelo mineral en bosques incoetaneos, no se puede realizar debido a que los espacios son muy pequeños y no permite la entrada de maquinaria pesada para realizar esta labor, y de forma manual no se puede realizar.

VIII. LA INVESTIGACIÓN SILVÍCOLA EN BOSQUES TEMPLADOS EN MÉXICO

Tratamientos intermedios

Díaz (2002) evaluó la aplicación de diferentes grados de aclareos en un rodal de *Pinus rudis* Edl., durante cuatro años, en San José de la Joya, Galeana, Nuevo León. Los aclareos fueron de 20%, 40%, 60% y 0% de remoción. Encontró que en el primer año con el 40% de remoción el rodal creció en diámetro y área basal individual, debido al aclareo por lo bajo. Con relación a la altura total, volumen fuste total árbol, área basal por hectárea, no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos. Para el cuarto año se encontró que no hay diferencias significativas en el incremento de ninguna de estas variables con los diferentes tratamientos, esto debido a que las intensidades de corta fueron bajas.

Ruiz *et al.* (1996) evaluaron el efecto inicial del aclareo en plantaciones de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* Barr, y Golf, en la sabana Oaxaca, se aplicaron cuatro intensidades de aclareo por lo bajo (20%, 40%, 60% y 80%) con un testigo. En dos diferentes edades 8 y 11 años. A los dos años de aclareo se manifestaron diferencias significativas debidas a los tratamientos en incremento absoluto, en diámetro promedio, área basal y volumen. El incremento absoluto en diámetro fue mayor conforme la intensidad de aclareo, en ambas edades: en este mismo parámetro, el área basal y el volumen por parcela fueron menores, conforme la intensidad de corta. Los resultados también indicaron que la respuesta a los tratamientos fue ligeramente mayor en la plantación más joven.

Domínguez *et al.* (1997) evaluaron la intensidad de cuatro podas en una plantación de *Pinus patula* Schl, et. Cham de siete años de edad. En la región de Huayacocotla, Veracruz. Las podas consistieron en podar los arboles a diferentes alturas: (2.50m, 3.30m, y 4m) con un testigo sin podar. A un año de haber aplicado las podas se realizó la primera evaluación. Estadísticamente no se registraron efecto para la altura y el diámetro. Para el segundo año, las intensidades de poda influyeron en la

altura provocando una disminución en el ritmo del crecimiento. Para el diámetro no se encontró respuesta alguna, ya que conservó su ritmo de crecimiento en comparación con el testigo.

Tratamientos de regeneración

Negreros y Snook (1984), evaluaron el efecto de la intensidad de corta sobre la regeneración natural de pinos en un bosque de pino-encino, localizado en la sierra de Juárez, Oaxaca. La evaluación se realizó veinte años después de las corta y se consideró como variable al área basal de renuevos. Los resultados encontrados indicaron que cuando el área basal residual era igual a 0.0 m²/ha, el área basal de renuevos varió entre 37.1 y 47.7 m²/ha. Cuando el área basal residual varió entre 6.5 y 11.4 m²/ha, el área basal de renuevos varió entre 12.2 y 14.6 m²/ha. Cuando el área basal residual se ubicó entre 14.0 y 37.8 m²/ha, los renuevos presentaron un área basal entre 0.0 y 2.3 m²/ha. Finalmente, para bosques no intervenidos, cuya área basal variaba entre 27.1 y 41.7 m²/ha, los renuevos presentaron área basal entre 0.0 y 0.2 m²/ha. De lo anterior se concluyó que a mayor área basal residual, la densidad de la regeneración es menor. Lo anterior se explica porque las especies de pino presentes en el área de estudio, son intolerantes y requieren aberturas mayores en el dosel para que la regeneración natural ocurra.

Chacón (1983) analizó la respuesta del ecosistema, al aplicar la técnica silvícola denominada cortas de regeneración mediante árboles padres, en una zona localizada en el área experimental forestal "Madera" en el municipio de Madera, Chihuahua, en un bosque mixto de pino-encino. Para tal evaluación se emplearon parcelas cuadradas de 50 por 50 m, con una separación de 5 m; el experimento contó con 15 parcelas, lo cual representó una superficie total de 4.76 ha.

Los tratamientos fueron el número de árboles que se dejaron como progenitores, el A presentó 4 árboles padre por hectárea, el B 8, el C 12, el D 16, y por último, el E con 20 árboles. Los resultados obtenidos de las tres mediciones son:

- a) En noviembre de 1980 se detectó un total de 19,800 plántulas por hectárea.
- b) En mayo de 1981 se efectuó la segunda remediación, presentando un total de 16,800 plántulas por hectárea.
- c) En noviembre de 1981 en lo que fue la última remediación, se tuvieron 14,000 plántulas por hectárea.

El autor considera que la disminución de plántulas por hectárea, fue causada posiblemente por las bajas temperaturas, conjuntamente con las nevadas que se suscitaron en 1980 así como el pastoreo y a la competencia de la regeneración de pino con el estrato herbáceo. En este trabajo se concluye, que el tratamiento más adecuado para esas condiciones ecológicas es el E, o sea, el de 20 árboles por ha. Este tratamiento se definió como el mejor, considerando el análisis de los aspectos climatológicos, topográficos y agentes de disturbio, así como la relación que hay entre el estrato herbáceo y la regeneración en cuanto a la lucha por los nutrientes y la luz, se definió así este tratamiento como el mejor ya que al obtener los resultados de la última remediación presentó una densidad de 3.52 plantas por m², la cual es adecuada sobre todo si se consideran las condiciones después de haber sufrido la mortandad por los efectos ya mencionados.

Chacón (1994) estableció un experimento sobre cortas de regeneración mediante árboles padre, en el ejido El Largo, Chihuahua. Los tratamientos fueron 4, 8, 12, 16 y 20 árboles por hectárea, con una cobertura de copa de 64.5, 119.5, 204.0, 233.0 y 345.0 m²/ha respectivamente. Se encontró una declinación en el número de plántulas, con relación a la cobertura de los árboles padre, siendo menor en aquellos sitios con menor cobertura, lo cual indica que a medida que la cobertura de copa se incrementa, la sobrevivencia de plántulas es mayor.

Valencia (1992) llevó a cabo un análisis de la regeneración natural, después de aplicar el tratamiento de árboles padres en el área conocida como el “Cucharo”, en la sección II de Atenquique, Jalisco. En el trabajo se empleó un muestreo sistemático, con

sitios circulares de 50 m² y una intensidad de muestreo del 16%. La toma de datos se dividió en dos partes: 1) datos ecológicos (pendiente, exposición, hojarasca, competencia de la vegetación herbácea, pedregosidad, desperdicios y disturbios); 2) datos dendrométricos (número de plántulas por hectárea, altura de la regeneración, edad, número de árboles padres). El análisis de la información fue mediante regresión simple, resultando que las variables independientes significativas en el análisis de regresión fueron: grosor de hojarasca, competencia de la vegetación herbácea, piedras por metro cuadrado y árboles padres por hectárea. Asimismo, se establecieron las siguientes conclusiones:

- a) La competencia interespecífica fue el factor que más influyó en el establecimiento y desarrollo inicial de la regeneración.
- b) Se observó que el número de árboles padre por hectárea, no presenta respuestas significativas en la regeneración si las condiciones de la cama de germinación son inadecuadas.
- c) Labores complementarias al tratamiento de árboles padres podría aumentar la densidad de la regeneración.

López (1997) evaluó la regeneración natural de un bosque de *Pinus rudis* Endl., mediante la estimación de las características cualitativas y cuantitativas del renuevo en cuatro áreas sujetas a diferentes intensidades de corta en Arteaga, Coahuila. Seleccionó para ello, tres rodales que fueron intervenidos silvícolamente en 1981 y 1983, con tratamiento de aclareo, donde empleó 10 ha para cada uno de ellos, y un rodal intervenido en 1984 con el tratamiento de regeneración mediante el método de árboles padres, el cual presenta una superficie de 4 ha.

Consideró como tratamientos, las estructuras residuales de cada rodal. De acuerdo a las variables densidad, cobertura de copa, y área basal, tanto del arbolado como de la regeneración natural. Reportó que la especie dominante es el *Pinus rudis* en ese bosque, en comparación con las especies *Pinus ayacahuite* y *Pseudotsuga sp.* Así también encontró que los rodales intervenidos con el tratamiento de aclareo,

presentaron una densidad de renuevos importante, conformando un segundo piso en dichos rodales.

La mayor incorporación de renuevos, en los rodales intervenidos con corta de aclareo, se presentó durante el periodo de los 6 a 10 años posteriores a las cortas.

El rodal intervenido con corta de regeneración, es el que presentó la mayor densidad de renuevos por hectárea. Este tratamiento mostró la mayor incorporación de renuevos durante los cinco años posteriores a la corta.

Nájera (2000) evaluó el efecto de tres tratamientos silvícolas sobre el microclima y la regeneración en un bosque de *Abies-Pseudotsuga-Pinus*, en la sierra de Arteaga, Coahuila. El objetivo de dicho estudio fue evaluar el efecto de la cobertura de copa residual en tres tratamientos silvícolas aplicados a un bosque mixto de las especies, *Abies vejari*, *Pseudotsuga flahaulti*, *Pinus ayacahuite* y *Pinus rudis*, sobre el microclima y su influencia en el establecimiento de la regeneración natural de las coníferas, así como la vegetación arbustiva y herbácea en general.

Los tratamientos silvícolas evaluados fueron una corta de regeneración con el método de árboles padres, una corta de aclareo y un testigo (sin tratamiento). Se evaluó la vegetación arbórea, arbustiva y herbácea, considerando la densidad y cobertura; además, el área basal en el estrato arbóreo, así como la densidad en el estrato de renuevos de coníferas en cada tratamiento. Los resultados mostraron que las características evaluadas en el bosque en cada tratamiento silvícola, fueron diferentes a las del testigo, particularmente en los parámetros de densidad y cobertura arbórea. Para el caso de la condición de la regeneración de las coníferas, se presentaron diferencias por efecto del microclima así como de las características ecofisiológicas de las especies. La densidad de la regeneración disminuyó de 1,775 individuos por hectárea, en el testigo, a 1,300 en el tratamiento de aclareo y a 629 en el de árboles padres.

A su vez, Jarillo (2000) evaluó la regeneración natural de coníferas, inducida por el tratamiento de árboles padres, en cuatro localidades del municipio de Arteaga, Coahuila; a fin de determinar su respuesta en función a diferentes géneros, especies y condiciones ecológicas, mediante la estimación de las características cualitativas y cuantitativas del renuevo. La investigación se llevó a cabo específicamente en los terrenos del ejido Santa Rita (A) y en la pequeña propiedad el Pilar (B), pertenecientes a la sierra de las Alazanas, así como en los ejidos Rancho Nuevo (C) y Piedra Blanca (D), pertenecientes al Cañón de Carbonera. Estas áreas fueron intervenidas en un tiempo que varía de 14 a 20 años, con una superficie promedio de 8 hectáreas cada una.

La evaluación de las áreas se realizó durante los meses de marzo y abril del 2000. Las variables evaluadas en la regeneración fueron: densidad, diámetro de copa, diámetro basal, altura, edad (estas tres últimas distribuidas por categorías), y vigor, el cual se evaluó en una escala de 1, 2 ó 3, equivalente a bueno, regular o malo, respectivamente. Se consideró a cada área de estudio como tratamiento y a cada sitio de muestreo como repetición. Cada área de estudio con sus características de composición de especies y densidad de árboles, se constituyó en un tratamiento.

En los resultados se encontró que las áreas A y D presentaron las mismas especies de árboles progenitores, correspondientes a *Abies vejari*, *Pinus ayacahuite* y *Pinus rudis*, y las áreas B y C presentaron estas mismas especies, además de *Pseudotsuga flahaulti*. La densidad de árboles padres fue variable para cada especie, registrándose el área A con un total de 46 árboles por hectárea; el B, con 63, el C con 50; y el D con 40. Las variables de cobertura y área basal se comportaron según las especies y sus diámetros normales.

La densidad de la regeneración fue mayor en el área C con 4,053 renuevos por hectárea, obedeciendo a la mayor cobertura y área basal de árboles progenitores; el área B presentó un total de 1,912 renuevos por hectárea, el A 1,433 y el D registró la menor densidad son sólo 603 renuevos por hectárea. El área basal y la cobertura de

los árboles progenitores influyeron más que la densidad, en el establecimiento de la regeneración, ya que se observó mejor respuesta sobre todo en especies tolerantes, para las áreas con mayor área basal y cobertura, es decir, se muestra una correlación positiva desde el punto de vista numérico, puesto que a mayor área basal y cobertura, se tuvo mayor regeneración natural, en el contexto de los rangos evaluados.

El área A presentó los más altos valores en las medias de diámetro basal (7.25 cm), altura (2.1 m) y edad (11.7 años); en contraste, el área C presentó los más bajos valores de estas mismas variables, diámetro basal (2.06 cm), altura (1.08 m) y edad (7.22 años) aún cuando estas dos áreas fueron intervenidas en el mismo año (1984), se muestra que el desarrollo de su regeneración ha sido muy diferente; esto obedece posiblemente a que el área A registró la menor cobertura de árboles padres (1,436 m²), y la C la mayor cobertura con 2,095 m², además de que en ésta última, se presentó la mayor densidad, la cual está agrupada en espacios específicos donde hubo preparación de sitio y, como se trata de especies tolerantes y medianamente tolerantes, su desarrollo inicial fue más lento. Las áreas B y D registraron promedios muy similares entre sí, a pesar de que la primera fue intervenida en 1985 y la segunda en 1988; su diámetro basal tuvo promedio de 4.35 cm, su altura 1.5 m y su edad 9.4 años. El vigor en general se mostró bueno para todas las especies en la diversas áreas estudiadas, excepto en Piedra Blanca, donde éste ha sido considerablemente mermado por efectos del pastoreo doméstico.

En general, el establecimiento de la regeneración después de 14 y 20 años de intervención silvícola, no es satisfactoria en ninguna de las cuatro áreas, lo cual puede obedecer a que, por tratarse de asociaciones vegetales que incluyen especies tolerantes, y medianamente tolerante, y dado que el tratamiento de árboles padres proporciona condiciones para la regeneración de especies intolerantes, dichas especies no se establecieron adecuadamente bajo estas condiciones de luz. Las especies con mayor índice de establecimiento fueron *Abies vejari* y *Pinus ayacahuite*.

Castelán (2003) en el Ejido la Mojonera, Zacualtipán, Hidalgo, evaluó la regeneración natural de *Pinus patula* Schiede ex Schldl, en áreas aprovechadas con el método de arboles padres, se contemplaron 5 años después de los aprovechamientos para que se considere como establecida la regeneración. Los resultados indicaron que la regeneración natural se comporta de manera regular y uniforme; considerándose como establecida a los cuatro años después del aprovechamiento con una densidad de 4 200 árboles/ha, una altura de 2.7 m, diámetro en la base de 3.8 cm y un diámetro de copa de 1.34 m; superando la norma prefijada por el MDS de 2 500 árboles/ha.

Alanís (2006) en un estudio de diversidad de especies arbóreas y arbustivas en áreas con distinto historial antropogénico (ganadería extensiva, matarasa, agricultura y ganadería intensiva) en el matorral espinoso tamaulipeco, encontró 25 especies en las áreas con ganadería extensiva, seguida del Matarrasa con 20 especies, agricultura con 19 especies y ganadería intensiva con 11 especies. Esto probablemente a que el área con historial de ganadería extensiva fue la única que no se desmontó en su totalidad; mientras la ganadería intensiva al ser desmontada en su totalidad y después compactada por el pisoteo del ganado, es la que presenta las condiciones menos favorables para la germinación y establecimiento de las plántulas.

Solís *et al.* (2006) en la Sierra de la Candela, Tepehuanes, Durango, evaluaron el efecto de dos tratamientos silvícolas en la estructura del ecosistema. El análisis se realizó comparando dos parcelas, una con aclareos y la otra con tratamiento de selección. Los resultados obtenidos en el estudio comparativo muestran que existe una mayor mezcla y diversidad de especies en la parcela con el tratamiento de selección que en aquella con cortas de aclareos. La distribución espacial de los árboles de ambas parcelas presenta un esquema de agregados. Los resultados de la diferenciación dimensional no presentaron evidencias significativas que indiquen un efecto en la estructura dimensional de las parcelas estudiadas.

IX. LAS NUEVAS TENDENCIAS DE LA SILVICULTURA

El objetivo de la Silvicultura y la ordenación de los bosques, es todavía la producción continua y eficiente de madera, sin embargo, esto se debe realizar bajo un esquema de uso múltiple o aprovechamiento integral de los recursos forestales y asociados, pero sin una degradación ambiental.

Cultivar implica fomentar, cuidar y dirigir el bosque para obtener algún beneficio. Un bosque se cultiva para la producción de bienes y servicios, generalmente, para la producción de madera, de productos no maderables, conservación o aprovechamiento de fauna silvestre y para la proporción de servicios ambientales, como la captura de carbono, el régimen hidrológico, la obtención de valores estéticos o recreativos, entre otros.

Sin embargo, es necesario considerar que la práctica de la Silvicultura está afectada por factores internos y externos al bosque:

Factores Internos: Características de la especie (biológicas), del sitio (productividad o factores limitantes, etc.).

Factores externos: Política forestal, normatividad, mercado de productos, demandas o necesidades sociales.

Las decisiones tomadas en las prácticas silvícolas se basan plenamente tanto en las limitaciones económicas y los objetivos sociales, como en los factores naturales que gobiernan el bosque. El reconocimiento de los objetivos y limitaciones establecidas por la sociedad en un caso determinado reduce las alternativas silvícolas que necesitan ser consideradas. A pesar de que la aplicación inteligente de la silvicultura puede hacer una contribución positiva a la táctica, la estrategia para resolver los problemas relacionados con las ciencias sociales no es académicamente parte de la silvicultura. Aquellos asuntos que involucran a las consideraciones económicas se tratan en el ámbito de la

ordenación forestal, que se ocupa de la planificación forestal, el análisis económico, la programación de la cosecha, y los aspectos administrativos de la actividad forestal (Leuschner, 1984, citados por Smith *et al.*, 1997).

La silvicultura y el manejo forestal son interdependientes, y no paralelas, son enfoques alternativos para el mismo problema. Debido a su objetivo principal para la aplicación eficaz de las ciencias naturales, la silvicultura no es menos "práctica" que el manejo forestal, con su tendencia a la consideración de implicaciones económicas. No hay un plan de manejo mejor que lo que la silvicultura estipula, ni ningún tipo de tratamiento silvícola mejor que la utilidad de los resultados que produce (Smith *et al.*, 1997).

La interacción de todos estos factores hace que el cultivo del bosque demande mayor creatividad y mejores prácticas silvícolas.

Por esto último, los propósitos actuales de la silvicultura son (Smith, *et al.*, 1997):

1. Mejoramiento de la naturaleza por medio de la silvicultura
2. Control de la estructura y procesos del rodal
3. Control de la composición
4. Control de la densidad del rodal
5. Restauración de áreas improductivas
6. Protección y reducción de pérdidas
7. Control sobre la longitud del turno
8. Facilitar la cosecha
9. Conservación de la productividad del sitio

De acuerdo con el marco normativo de México, la práctica silvícola forma parte del manejo forestal, y este debe llevarse a cabo en el contexto de las cuencas hidrológico forestales y bajo la premisa del manejo de ecosistemas forestales, que se puede definir como el procedimiento que busca mantener la diversidad, integridad y

resiliencia del ecosistema, generando un concepto de gestión de los recursos dentro del cual se alcanza el rendimiento sostenido. El manejo de ecosistemas forestales busca la sustentabilidad enfocando al bosque como un sistema jerárquico y complejo de organismos y componentes abióticos con relaciones funcionales entre ellos.

El manejo de ecosistemas pretende mantener la condición de los ecosistemas durante largos períodos, para garantizar los beneficios y valores que tales sistemas proporcionan. El desafío es preservar la integridad de los procesos, funciones y patrones ecológicos, así como mantener la sanidad y resiliencia de los sistemas, de forma tal que puedan ajustarse a condiciones de estrés de corto plazo y adaptarse a cambios a largo plazo.

X. OPORTUNIDADES Y RETOS DE LA SILVICULTURA EN MÉXICO

Sin duda alguna, la silvicultura en México, es aún una actividad joven que tiene grandes oportunidades de desarrollo, pero también con grandes retos por enfrentar.

Oportunidades:

Una de las mayores oportunidades es la existencia de extensas áreas forestales, que se ubican en zonas de alta productividad dentro de los límites tropicales, con un alto número de manifestaciones ecosistémicas, que se manifiesta en una alta diversidad biológica, que a su vez genera la posibilidad de aplicación de diversas opciones silvícolas para su manejo.

Se cuenta con una legislación forestal y ambiental sólida, que aunque rigurosa permite la aplicación de cualquier opción silvícola, y a la vez delinea una política del estado que pone énfasis en la conservación, el uso múltiple y el beneficio pleno a la sociedad de todos los satisfactores que brindan los bosques.

La política forestal del estado mexicano se traduce en beneficios diversos hacia los poseedores de recursos forestales, a través de diversos subsidios, que incluyen a los enfocados a las prácticas silvícolas para el mejoramiento de las masas forestales.

No obstante que aún falta mucho por aprender a través de la investigación silvícola formal, existe ya una gran experiencia en el cultivo forestal, por medio de diversas prácticas silvícolas en la comunidad de prestadores de servicios técnicos forestales, cuya oferta es además amplia y cada vez más capacitada en esta disciplina.

Retos:

Uno de los mayores retos que tiene el país es la eliminación del clandestinaje como forma de explotar el bosque, ya que esta práctica es totalmente ajena a cualquier

práctica silvícola, y sin embargo trastoca cualquier plan de manejo silvícola formal. Este reto es probablemente el mayor que se tiene.

Falta desarrollar tecnologías silvícolas por medio de la investigación científica para las diferentes regiones ecológicas del país, ya que lo que se está haciendo actualmente es la adopción de tecnología extranjera, que se aplica generalmente como una práctica de ensayo y error, con un alto componente empírico, lo que ha resultado en la aplicación de prácticas silvícolas erróneas o equivocadas, que han degradado en buena medida la potencialidad de algunas áreas forestales.

Por lo anterior es necesario, tal como los señalan Smith *et al.* (1997) ser más creativos al diseñar las prácticas silvícolas, explorar diversas opciones de ellas y sobre todo evitar la generalización de metodologías, lo cual es indebido dada la gran diversidad de especies forestales y condiciones ecológicas que existen en México.

Incursionar con más impacto en el mejoramiento genético de especies forestales, que permita aprovechar al máximo el alto potencial productivo de muchas áreas forestales, actualmente subaprovechado.

Complementar hasta donde sea necesario y donde se requiera, la regeneración natural del bosque por medio de plantaciones, lo cual permitiría introducir genotipos superiores e iniciar nuevos cultivos con la densidad inicial necesaria que favorezca el cultivo, la extracción continua y el aprovechamiento final con volúmenes altos de cosecha, acordes a la calidad del sitio y a las diferentes especies que conformen los rodales forestales.

Generar para las especies forestales más importantes del país instrumentos silvícolas, como los índices o guías de densidad, que contribuyan al manejo eficiente de la densidad de los rodales para evitar la aplicación de aclareos en forma empírica, y la descapitalización del bosque por cortas inadecuadas

XI. LITERATURA CITADA

- Abellanas O., B. 2009. La selvicultura: Herramienta básica de gestión de los montes. *Revista Ambiental*. 6 p.
- Alanís R., E. 2006. Diversidad de especies arbóreas y arbustivas en áreas con distinto historial antropogénico en el matorral espinoso tamaulipeco. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma de Nuevo León. Linares, Nuevo León. México. 110 p.
- Boyer., C. R. 2007. Evolución y paternalismo ecológico: Miguel Ángel de Quevedo y la política forestal en México, 1926- 1940. *Historia mexicana*. Vol. LVII. No. 001 pp. 91- 138.
- Caballero D., M. 2000. La actividad Forestal en México. Primera edición. Universidad Autónoma de Chapingo. México. 227p.
- Cano C., J. 1988. El sistema de manejo regular de los bosques de México. Primera edición. Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo, México. 221 p.
- Castelán L., M. 2003. Evaluación de la regeneración natural de *Pinus patula* Schiede ex Schldl. Cham. En el ejido la mojonera municipio de Zacualtipán, estado de hidalgo. Tesis profesional. Universidad Autónoma de Chapingo. México. 95p.
- Chacón S., J. 1983. Regeneración mediante árboles padres de *Pinus arizonica* Engelm. *Ciencia Forestal*, Vol. 8, No. 42. INIF. México. pp. 3-20.
- Chacón S., J. 1994. Comportamiento de la repoblación natural de *Pinus arizonica* Engelm., bajo diferentes grados de cobertura de dosel de árboles padres. Resumen del simposio y II Reunión nacional de silvicultura y manejo de recursos forestales. Colegio de Postgraduados, Montecillo, México. p. 4.
- CONAFOR (2009). Aclareos y podas: Manual para beneficiarios. Coordinación general de educación y desarrollo tecnológico. 23 p.
- Dajoz, R. 1974. Tratado de Ecología. 1a. edición. Ed. Mundi-prensa. España. 478 p.
- Daniel P., W., J. A. Helms., y F. S. Baker. 1982. Principios de silvicultura. McGraw-Hill. México. 490 P.
- Díaz B., J. A. 2002. Aclareos en una regeneración natural de *Pinus rudis* Endl. En San José de la Joya, Galeana, Nuevo León. Tesis de licenciatura, UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila. México. 71 p.

- Domínguez A., F., A. M. Rodríguez A., y C. Mallen R. 1997. Evaluación de cuatro intensidades de poda en una plantación de *Pinus patula* schl et. Cham. En la región de Huayacocotla, Veracruz. Revista ciencia forestal. Vol. 22. No. 82. 127p.
- Espinoza B., M., y F. Muñoz S. 2000. Silvicultura aplicada 1. Apuntes de clases. Facultad de ciencias forestales. Departamento de silvicultura. Universidad de concepción.
- Fors J., A., y Reyes 1947. Manual de selvicultura. Ministerio de agricultura, republica de cuba.
- Fowler, W. B. 1974. Microclimate, in O.P. Kramer (ed), Environmental effects of forest residues management in the Pacific Northwest. A state of knowledge compendium, p. N-1 to N-18. USDA Forest Service. General Technical Report PNW-24. U.S.A.
- Gadow, K. V; S. Sánchez O y J. G. Alvares G. 2007. Estructura y crecimiento del bosque. Vol.12. 242 p.
- González P., A. 2001. La educación superior en el proceso histórico de México. Siglo XIX/siglo XX. Tomo II. Edición Mexicali, México. 686 p.
- Granados S., D., G. F. López R., y M. A. Hernández G. 2007. Ecología y silvicultura en bosques templados. Revista Chapingo. Vol.13 No.001 pp. 67-83.
- Graves, R. D., R. K. Hermann, and B. D. Cleary. 1978. Ecological principles, in Regenerating Oregon's Forest. B. D. Cleary, R. D. Graves and R. K. Hermann, (eds), Oregon State University Extension Service. Corvallis, Oregon. pp 7-26.
- Gutiérrez P., A. 1989. Conservacionismo y Desarrollo del Recurso Forestal. Texto Guía Forestal. Editorial Trillas, Mexico, 205 p.
- Hawley R., C., y D. M. Smith. 1972. Silvicultura Práctica. Omega. Barcelona, España. 544 P.
- Hawley, R. C. y D. M. Smith. 1982. Silvicultura práctica. 1a. edición española. Ed. Omega, S.A. Barcelona. 544 p.
- Hernández R., M. 2001. Silvicultura y manejo integral de los recursos forestales. Notas preliminares. 27 p.
- Jarillo H., M. 2000. Evaluación de la regeneración natural de coníferas, con el método de árboles padres en cuatro localidades de Arteaga, Coahuila. Tesis profesional. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 119 p.

- Kirchner S., F., M.T. Atilano D., A. Granados C., y A. Orosco L. 2008. Producción forestal. Tercera edición. Trillas. México. 152 p.
- Krebs, C.J. 1985. Estudio de la distribución y la abundancia. Ed. Harla, S.A. de C.V. México. 753 p.
- Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) 1988. Última reforma publicada en el diario oficial de la federación el 30 de agosto del 2011. 108 p.
- Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS) 2003. Última reforma publicada en el diario oficial de la federación el 16 de noviembre del 2011. 72 p.
- López T., A. 1997. Regeneración natural en un bosque de *Pinus rudis* Endl. sujeto a diferentes intensidades de corta en Arteaga, Coah. Tesis profesional. UAAAN, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 117 p.
- Margalef, R. 1974. Ecología. Ed. Omega, S.A. Barcelona. 951 p.
- Martínez C., G. 1970. La silvicultura Nacional. Estudios de desarrollo económico, organización y administración, análisis económico y financiero. Torre latinoamericana. México.
- Mas P., J. 2009. El sistema silvícola de cortas a matarrasa (siscoma) una posible alternativa para renovar ordenadamente bosques improductivos en el estado de Michoacán. México. Comisión forestal del estado de Michoacán. 33 p.
- Mendoza B., M. A. 1983. Conceptos Básicos de Manejo Forestal. Universidad Autónoma de Chapingo. México, 117 p.
- Musalem., M. A. y A. M. Fierros. 1996. Apuntes del curso de Silvicultura de los bosques naturales. División de ciencias forestales. Universidad Autónoma de Chapingo. México. 119 p.
- Nájera C., J. A. 2000. Efecto de tres tratamientos silvícolas sobre el microclima y la regeneración en un bosque de *Abies-Pseudotsuga-Pinus*, en Arteaga, Coahuila. Tesis de Maestría en Ciencias Forestales. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 173 p.
- Negreros C., P. y L. Snook. 1984. Análisis del efecto de la intensidad de corta sobre la regeneración natural de pinos en un bosque de pino-encino. Ciencia Forestal. Vol. 9. No. 47. INIF. México. pp. 48-61.

- Oliver, C.D., and B.C. Larson. 1990. Forest stand dynamics. Mc Graw-Hill, Inc. New York. 467 p.
- Ordoñez D., J. A. B. 2008. Como entender el manejo forestal, la captura de carbono y el pago de servicios ambientales. Ciencias. No. (90) 37-42 pp.
- Pardé, J. 1978. El microclima del bosque. "In: Ecología Forestal". Pesson, P. (Ed.). Mundi-Prensa, España. (pp:29-46).
- Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (RLGDFS) 2005. Nuevo reglamento publicado en el diario oficial de la federación el 21 de febrero de 2005. 44 p.
- Rivero B., D. P. y E. M. Zepeda B. 1990. Principios básicos de regulación forestal. Universidad Autonoma de Chapingo. Serie de apoyo académico num. 42. 262 p.
- Ruiz M., M. A. M. Fierros G., y H. Ramírez G. 1996. Efecto inicial del aclareo en plantaciones forestales de pinus caribaea. Var. Hondurensis Barr. Y Golf. En la sabana Oaxaca. Revista ciencia forestal. Vol. 6. No. 80. 144 p.
- SEMARNAT 2006. Norma Oficial Mexicana – 152. Que establece los lineamientos, criterios y especificaciones de los contenidos de los programas de manejo forestal para el aprovechamiento de los recursos forestales maderables en bosques, selvas y vegetación de zonas áridas. Diario Oficial de la Federación. 24 p.
- Serrada R. 2008. Apuntes de selvicultura. Servicio de publicaciones. EUIT forestal. Madrid.
- Smith., D.M., B.C. Larson, M.J. Kelty and P.M.S. Ashton. 1997. The practice of silviculture. Applied forest ecology. Ninth edition. John Wiley and Sons, Inc. U.S.A. 537 p.
- Solís M., R., O. A. Aguirre C., E. J. Treviño G., J. Jiménez P., E. Jurado Y y J. Corral R. 2006. Efecto de dos tratamientos silvícolas en la estructura de ecosistemas forestales en Durango, México. Revista madera y bosque. Vol. 12 No. 002 pp. 49-64.
- Spurr, S.H. y B.V. Barnes. 1982. Ecología Forestal. 1ª. Edición en Español. A.G.T. Editor S.A. México. 690 p.
- Vale, T.H. 1982. Plants and people. Association of american geographers. Washington, D.C. 88 p.
- Valencia, V. J. 1992. Análisis de la regeneración después del tratamiento de árboles padre en Atenquique, Jalisco. Ciencia forestal, Vol. 17. No. 71. INIF. México.

Velázquez H., E. 2010. Los retos de la política forestal en zonas indígenas de México: un estudio de caso en el istmo veracruzano. Revista estudios agrarios. 16 p.

Vera R., M. 1903. La dasonomía, generalidades.

White, P.S., and S.T.A. Pickett. 1985. Natural disturbance and patch dynamics: An introduction, in S.T.A. Pickett and P.S. White (eds.), The Ecology of Natural Disturbance and Patch Dynamics, Academic, New York, pp. 3-13.

Young R., A. 1991. Introducción a las ciencias forestales. Primera edición. Limusa, México, 632 p.