

# LA SILVICULTURA DE *Pinus montezumae* Lamb. EN LA REGIÓN CENTRAL DE MÉXICO

Rodríguez Franco Carlos<sup>1</sup>

## RESUMEN

Se integra una recopilación de los resultados de investigación obtenidos por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) y otras instituciones de investigación y enseñanza, en relación con los aspectos teóricos y prácticos necesarios para el cultivo de bosques conformados por masas de *Pinus montezumae*, para la región central de México, en lo que se refiere a establecimiento, composición, estructura, crecimiento y desarrollo de masas arboladas a través de intervenciones silvícolas para favorecer la cosecha en base a un objetivo de manejo.

Palabras clave: Silvicultura, masas arboladas, crecimiento, desarrollo, manejo forestal.

## ABSTRACT

A compendium of research results obtained for the National Institute of Forestry, Agriculture and Livestock (INIFAP) and other research and education agencies was integrated in relationship with theoretical and practical aspects needed for the crop of forest stands of *Pinus montezumae* in central Mexico. The main aspects summarized are referred to establishment, composition, stand structure, growth and development of forest stands through silvicultural practices in order to facilitate the harvest based on a forest management objective.

Key words: silviculture, forest stands, growth and development, forest management.

---

<sup>1</sup> Ph.D. Director General de Investigación Forestal. INIFAP; SAGAR

## INTRODUCCIÓN

La región geográfica que contempla el presente documento, comprende las entidades donde crece de manera natural el pino Moctezuma, éstas son: Hidalgo, Estado de México, Puebla, Tlaxcala y el Distrito Federal.

La superficie cubierta por los estados mencionados es de 8.25 millones de hectáreas, en donde se desarrollan todas las actividades económicas del sector agropecuario y forestal.

La superficie arbolada de esta región es de 1.6 millones de hectáreas de bosque de clima templado y frío, que corresponden al 19% de la superficie total indicada.

La problemática de la región centro es muy distinta a la de otras regiones forestales de México, principalmente porque en esta área se concentran grandes centros poblacionales, que ejercen una fuerte presión sobre los recursos naturales forestales y que dan origen a una amplia variedad de disturbios que alteran los ciclos regenerativos de los ecosistemas forestales, ya sea alternando su composición de especies y sus estructuras naturales, o bien, causando su completa desaparición.

De los eventos de disturbio que mayor influencia tienen en la disminución de la superficie de bosques de la región centro son: la ampliación de la frontera agrícola y ganadera (eliminando a cubierta arbolada), la creación de nuevos asentamientos humanos, la creación y/o expansión de obras de infraestructura y principalmente la obtención no controlada de diferentes productos para autoconsumo en la construcción local y para cubrir necesidades dendroenergéticas, además de las extracciones para venta en mercados locales.

Sin embargo, los disturbios que por su frecuencia, periodicidad e intensidad de ocurrencia, que causan fuertes desequilibrios en el balance natural del ecosistema, originando que no se presente el establecimiento de nuevas masas arboladas de forma ordenada y que en la mayoría de los casos la regeneración no se establezca son: el **pastoreo inmoderado**, con sus fuertes repercusiones como la compactación del suelo, disminución de la capacidad de infiltración de agua y por ende, decrecimiento de mantos acuíferos, incremento del riesgo de erosión, retraso en el crecimiento y malformación en el renuevo. Así mismo, dicho pastoreo es el origen principal de los **incendios forestales**, los cuales son de tipo superficial en su mayoría (85%) y ocurren en un 14% en áreas de renuevo, en la época de sequía, ya que se realizan quemas no controladas del pasto para obtener brotes más vigorosos durante la estación lluviosa para alimentación del ganado, ocasionando decremento de bancos de semilla del



sotobosque, sustitución de especies originales por otras más tolerantes a la quema, además de favorecer la presencia de plagas y enfermedades.

Las **plagas forestales** son importantes en la región centro, porque causan daños parciales o totales, implicando con ello pérdidas en el valor de los diferentes productos forestales, afectando alrededor de 35,000 hectáreas en toda el área.

Los disturbios señalados, son la causa principal que en la región centro, se tengan 2.1 millones de hectáreas de vocación forestal en proceso de degradación con diferente grado de impacto y a los cuales el pino Moctezuma no es ajeno.

La necesidad de aprovechar los recursos naturales forestales integralmente, por el gran incremento demográfico y el decrecimiento de las superficies boscosas, no sólo en la región centro, sino en todo el país, causando el mínimo impacto ambiental, implica el uso de un fuerte soporte técnico para la toma de decisiones óptimas, desde el punto de vista ecológico y financiero, que a la vez permita su adecuada recuperación en el menor tiempo posible, con lo que se puede alcanzar una producción óptima, continua y sostenida de diversos satisfactores derivados del recurso forestal.

Con base en lo anterior, el objetivo de este documento, es el presentar los resultados de investigación principalmente generados por el INIFAP y otras instituciones de investigación y enseñanza, con relación a los aspectos teóricos y prácticos necesarios para el cultivo de bosques conformados por *Pinus montezumae*, en la región centro de México, en lo que se refiere a: establecimiento, composición, estructura, crecimiento y desarrollo de masas arboladas a través de la aplicación de una serie de tratamientos silvícolas para mantener y favorecer el desarrollo de una cosecha maderable de acuerdo a un objetivo determinado de manejo forestal.

## MARCO DE REFERENCIA

En la región se desarrolla una gran diversidad de especies de coníferas, entre las que destaca el género *Pinus*, con 15 especies, una de *Abies*, una de *Cupressus* y una de *Pseudotsuga*, además de un gran número de especies del género *Quercus*. El volumen de dichas especies en la región centro, alcanza un volumen en pic de aproximadamente 160 millones de m<sup>3</sup>, con un incremento medio anual de 3.4 millones de m<sup>3</sup>. La producción maderable por año de esta región representa entre el 11 y 13% de la producción nacional que varía entre 7.5 a 9.5 millones de m<sup>3</sup>, de lo cual se puede inferir la importancia económica del área, en el subsector forestal.

Dentro de las especies del género *Pinus*, que crecen en la región central destaca por su amplia distribución y abundancia el pino moctezuma (*Pinus montezumae*), aunque no



es una especie de carácter endémico en la región centro de México, ya que se desarrolla desde el norte del país (Parte sur de Coahuila, en la sierra de Arteaga, en Nuevo León y Tamaulipas) hasta el estado de Chiapas (en San Cristóbal de las Casas), por lo que se puede considerar como una de las especies más importantes del país, debido a su capacidad de adaptación a una gran cantidad de condiciones del medio.

*Pinus montezumae*, se caracteriza por crecer en 39 de los 43 municipios con cantidades importantes de bosques en el Estado de México, prospera en la parte oriental del volcán Iztaccíhuatl, en los municipios de Chiautzingo, Guadalupe Victoria, Atlixco y en Chignahuapan, entre otros, del estado de Puebla; se desarrolla en el área de Nanacamilpa y en la Malinche en Tlaxcala, en la zona de Real del Monte y en el área arbolada de Tulancingo en el estado de Hidalgo, se le encuentra en las masas arboladas aledañas al Distrito Federal y en las partes templadas del estado de Morelos.

## CARACTERÍSTICAS DEL PINO MOCTEZUMA

### Taxonomía y morfología

El *Pinus montezumae* fue clasificado por primera vez en 1817 como *Pinus occidentalis* y en 1832, reclasificado por Lambert, con el nombre actualmente conocido. Esta especie taxonómicamente, se ubica en el subgénero *diploxylon* o de los pinos duros, en la sección *montezumae* y en el grupo del mismo nombre.

Entre las características morfológicas más sobresalientes de esta especie resaltan las siguientes (Little Jr. 1962):

1. Árbol robusto, de gran tamaño con alturas que varían de 30 a 40 m, con copa irregular y redondeada.
2. Hojas con vaina persistente en número de 5, en ocasiones de 4 a 7 de 14 a 25 cm de longitud, usualmente anchas y dentadas en el borde, y de color verde oscuro.
3. Brotes uninodales, de color café y de superficie muy rugosa.
4. Yemas largas, ovoides de color café-rojizo y resinosas.
5. Conos de 1 a 3 por grupo, **deciduos**, abiertos en la madurez, suavemente oblicuos y curvados, de ovoides y cónicos y de 9 a 15 cm de longitud.

6. Semillas de 6 a 7 mm de longitud, con una ala oscura de 20 mm de longitud y 7 mm de ancho.

## Clima

La especie prospera en climas templados subhúmedos con ocurrencia de precipitación de mayo a octubre, con un régimen de precipitación promedio anual de 1000 a 1200 mm; una temperatura media de 22° C en el mes de mayo y la mínima promedio de -5° C en el mes de diciembre. Así mismo, en lugares donde ocurre la especie las heladas son frecuentes, teniéndose en promedio hasta 100 días con presencia de las mismas en los meses de noviembre a febrero (May, 1971)<sup>2</sup>.

## Altitud

La especie ha sido reportada creciendo en un rango altitudinal que varía desde los 1,150 a 3,350 m sobre el nivel del mar, lo cual indica la gran diversidad de condiciones en la cual puede prosperar dicha especie (Jasso, 1986)<sup>3</sup>.

## Vegetación

El pino Moctezuma es una especie que se puede encontrar en masas puras o mezcladas, cuando crece en masas mezcladas se le puede encontrar asociada a las especies siguientes: *Pinus leiophylla*, *Pinus rudis*, *P. pseudostrobus*, *P. teocote*, *P. michoacana*, *P. ayacahuite*, *P. ayacahuite* var. *veitchii*, *P. hartwegii*, *Abies religiosa* y latifoliadas de los géneros *Quercus*, *Arbutus*, y *Alnus* entre otros (Rodríguez, 1980<sup>4</sup>, Jasso, *op. cit.*).

## Suelos

Es necesario conocer en primer lugar las relaciones existentes entre la especie a cultivar y las características de su medio, donde uno de los factores más importantes lo

---

<sup>2</sup> May N., A. 1971. Estudio Fitoecológico del Campo Experimental Forestal San Juan Tetla, Puebla.

<sup>3</sup> Jasso M., J. 1986. Although *Pinus montezumae* is one of the most important timber species in México, the knowledge that has accumulated on its natural range, morphology, biology and genetics is fairly limited and appears in scattered publications.

<sup>4</sup> Rodríguez F., C. 1980. Estudio epidométrico de *Pinus montezumae* Lamb. mediante análisis troncales en el CEF San Juan Tetla, Puebla.



constituye el suelo en que prospera la especie. Resultados de investigaciones desarrolladas por INIFAP, indican que *Pinus montezumae*, en la región centro de México, crece en suelos que presentan características como las siguientes: Los suelos son de origen volcánico, clasificados como de ando o húmedos, son suelos profundos, con texturas medias en todo el perfil, con variaciones en color de acuerdo a la profundidad de color negro a pardo oscuro, con alto contenido de arena en todas sus profundidades y a medida que aumenta de arcilla, disminuye. Su textura se clasifica como migajón-arenosa. El desarrollo de la estructura varía de debilmente desarrollada a moderadamente desarrollada, presentan una consistencia muy friable y una permeabilidad rápida, con altos contenidos de materia orgánica y pH que varía de 6 a 6.5, son suelos bien drenados. Estos suelos se caracterizan por tener una buena retención de humedad y por ser donde la especie alcanza su máximo potencial de desarrollo (Rodríguez y Ortiz, 1982)<sup>5</sup>.

## SILVICULTURA DE *Pinus montezumae*

### Fenología del Pino Moctezuma

En relación al establecimiento de masas arboladas, en primer lugar es necesario un adecuado conocimiento de los diferentes eventos, por los cuales pasan los árboles a través de su vida y los factores que influyen en los mismos, con la finalidad de generar una serie de prácticas que permitan asegurar el establecimiento y desarrollo de la futura masa arbolada, razón por la cual el INIFAP, se ha abocado a la tarea de estudiar los diferentes aspectos fenológicos de *Pinus montezumae*, habiendo obtenido una serie de conocimientos entre los que destacan los siguientes, con respecto a la producción de semilla:

Para que se alcance la producción de semilla, es necesario que los árboles pasen por diferentes estados de desarrollo, desde un estado juvenil hasta alcanzar su estado de maduración. Para la producción de flores, es indispensable que el árbol termine su estado juvenil y que se produzcan en él concentraciones críticas de hormonas de crecimiento reproductivo. Este punto en *Pinus montezumae* se alcanza a la edad de 14 años en el rango natural de la especie. El primer paso consiste en la diferenciación de los primordios florales, para que en la primavera siguiente se produzca la floración y polinización. Las flores masculinas se producen en la base de las hojas y se agrupan en racimos **buterminales** y varían de 1 a 5 por yema. Las flores femeninas, brotan entre una y dos semanas después de que el cono estaminado brota y terminan de brotar

---

<sup>5</sup> Rodríguez F., C y Ortiz S., C. 1982. Levantamiento de suelo del CEF San Juan Tetla, Puebla.



antes que la dispersión de polen concluya. Ellas se producen cerca de la punta en yemas laterales o subterminales, solitarias o en grupos de dos o tres. La época de brotación de las flores masculinas ocurre de febrero a abril y la dispersión de polen a partir de marzo hasta abril. Las flores femeninas permanecen receptivas de 24 a 48 horas; una vez polinizadas la fecundación del óvulo se produce entre una y dos semanas después. Los conos se desarrollan y maduran en el otoño del mismo año, aunque en ocasiones esto ocurre hasta el invierno (Patiño, 1973<sup>6</sup>, Jasso, *op. cit.* y Pérez, 1988<sup>7</sup>), lo cual ha sido también corroborado por Ramírez (1985)<sup>8</sup>, quien recomienda que la mejor época para la colecta de conos maduros debe de ser entre los primeros días del mes de diciembre y mediados de enero.

En referencia a la producción anual de conos de esta especie, resultados de investigaciones indican que, es importante contar con una adecuada producción de conos, que garantice un abastecimiento continuo de semillas, con características tales que permitan su incorporación a la cama de germinación del suelo forestal y su posterior germinación. Los factores que influyen en la producción de conos y semillas son muy diversos, lo mismo que las condiciones meteorológicas, la presencia de incendios, plagas y enfermedades y las características intrínsecas de los árboles, así como las condiciones del sitio de crecimiento.

La producción de conos por árbol individual fue avalada durante los meses de enero y febrero, época durante la cual se determinó que los conos están maduros en tres tipos de densidades arboladas. Los resultados indicaron que la producción de conos de árboles individuales creciendo en condiciones abiertas es baja (166 conos/árbol), en comparación a una condición de crecimiento media en la cual la producción de conos por árbol en promedio es de 1,284; así mismo, se determinó que a medida que la densidad del rodal incrementa el número de conos por árbol tiende a decrecer, produciéndose por árbol en promedio 135 conos. Los resultados también indicaron que las características individuales de los árboles con mayor influencia en la producción de conos fueron la posición sociológica del mismo, las dimensiones de su copa y las características relacionadas con las dimensiones del fuste. La mayor producción de conos por árbol individual de acuerdo a sus dimensiones, se presentó en los árboles dominantes con una producción promedio de 864 conos y como máximo de 2402 conos. Así mismo, se determinó que a medida que el árbol tiende a decrecer en su posición sociológica la producción de conos por árbol disminuye a 96, 32 y 0 para las posiciones sociológicas codominante, intermedia y suprimida respectivamente (Pérez, Rodríguez y Fierros, 1988).

<sup>6</sup> Patiño V., F. 1973. Floración, fructificación, recolección de conos y aspectos sobre semillas de pinos mexicanos. pp. 20-30.

<sup>7</sup> Pérez B., J. L. 1988. Estimación de la producción de conos *Pinus montezumae* Lamb., en el CEF San Juan Tetla, Puebla.

<sup>8</sup> Ramírez H., L. 1985. Determinación de la época de colecta de conos de *Pinus montezumae* Lamb.



En el proceso de regeneración natural de masas arboladas en especies de reproducción por semilla como el *Pinus montezumae* uno de los aspectos más importantes lo constituye la dispersión de semillas, en lo que se refiere al período de dispersión, la distancia de la misma, así como la cantidad y calidad de semillas dispersadas, aspectos que tienen que ser considerados en la asignación, selección y aplicación de la corta final de un método de regeneración por monte alto. Los resultados de este estudio (Acosta y Musálem, 1986)<sup>9</sup> señalaron que el período de dispersión ocurre desde principios de febrero hasta finales de junio. La máxima dispersión de semillas llenas ocurre a mediados de marzo, fecha a la cual se obtiene más de un 50% de la semilla llena dispersada. La semilla dispersada en condiciones de crecimiento cerradas es de mejor calidad que en condiciones abiertas, aunque la distancia de dispersión no influyó en la calidad de la semilla. Se determinó que existe una tendencia a mejorar la calidad de la semilla a medida que aumenta el período de dispersión. El número de semillas llenas por hectáreas en condiciones cerradas fue de 200 mil, las vanas fueron 76 mil y las abortivas 115 mil; en condiciones abiertas el número de semillas llenas por hectáreas fue de 59 mil, las vanas 40 mil y las abortivas 54 mil. Finalmente, la distancia de dispersión con respecto a la calidad de la semilla indicó que a los 25 metros de dispersión se tiene la máxima cantidad de semilla llena dispersada con 104 mil por hectárea y que la calidad de semilla tiende a decrecer a medida que aumenta la distancia de dispersión en condiciones abiertas de crecimiento (Acosta, 1986)<sup>10</sup>.

### Estructuras arboladas de *Pinus montezumae*

Antes de considerar las estructuras arboladas del pino Moctezuma, es importante tomar en cuenta algunas de las características relacionadas con las mismas en la región central de México, así como clarificar algunos conceptos. La información a continuación presentada fue resumida de Rodríguez (1986)<sup>11</sup>, cuando sea de manera diferente, será señalado.

De acuerdo con Smith (1986)<sup>12</sup>, un rodal se define como un grupo contiguo de árboles suficientemente uniforme en composición de especies, arreglo de clases de edad y condición, para ser diferenciado como una unidad. El arreglo interno de la estructura del rodal varía principalmente con respecto al grado en que las diferentes especies y clases de edad se mezclan. En el caso de masas **uniespecíficas** de *Pinus montezumae*, su estructura interna varía mayormente de acuerdo con el grado en que sus clases de

<sup>9</sup> Acosta M., M. y M. A. Musálem, 1986. Dispersión de semillas de *Pinus montezumae* Lamb., en dos matarrasas del CEF San Juan Tetla, Puebla. pp. 35-40.

<sup>10</sup> Acosta M., M. 1986. Estudio de dispersión de semillas de *Pinus montezumae* Lamb.

<sup>11</sup> Rodríguez F., C. 1986. Campare and contrast posible stand structures of even-aged and irregular-aged stands of *Pinus montezumae* of a given basal area or measure of stand density.

<sup>12</sup> Smith D., M. 1986. The practice of silviculture.



edad están mezcladas. Aunque, Larson (1982)<sup>13</sup>, señala que las clases de copa son otra característica a ser considerada en la estructura interna de rodales, por lo que es importante señalar que la distribución de las clases de edad es la característica principal del rodal determinando su estructura (Smith, *op. cit.*).

Son varios los factores que determinan las diferentes clases de edad, que pueden estar integrando un rodal, pero la mayoría de ellos están relacionados con disturbios (naturales o causados) los cuales determinan la aparición de nuevos árboles. La frecuencia e intensidad de los disturbios produce diferentes agregaciones de árboles, lo cual constituye una clase de edad donde casi todos los árboles son de la misma edad (Smith, *op. cit.*).

En la región central de México, los principales disturbios regenerativos, originando estructuras coetáneas e incoetáneas de rodales del pino Moctezuma son: incendios, ataque de insectos, enfermedades y disturbios causados por el hombre.

El papel del fuego en la región central del país a través del rango de distribución natural de *Pinus montezumae* está principalmente asociado con prácticas de pastoreo no controlado. El fuego es la clase de disturbio regenerativo más común, el cual mata el bosque desde su base hasta arriba, su daño es más probable que mate árboles pequeños que grandes (Smith, 1981)<sup>14</sup>. Los incendios en esta categoría pueden ser incompletos o catastróficos y cada uno de ellos da origen a diferentes tipos de estructuras. Los rodales del pino Moctezuma son mayormente afectados por incendios incompletos, debido a que son causados durante la época de sequía en el sotobosque con el objetivo de estimular los brotes de pastos nuevos en la época de lluvias siguiente. La ocurrencia de incendios en la región central ha sido estimada en un promedio anual de 1,476 eventos sobre 7,000 hectáreas de área arbolada afectada por año (S.F.F., 1980)<sup>15</sup>. De esto, puede ser señalada la importancia del fuego como un disturbio regenerativo en rodales de *Pinus montezumae*. De acuerdo a Musálem (1984)<sup>16</sup> el establecimiento de plántulas de pino Moctezuma está relacionado a perturbaciones drásticas en el piso forestal o reducción de la competencia de raíces cuando el dosel es abierto. El efecto de los incendios incompletos es la muerte de grupos de árboles en el rodal, que libera espacio de crecimiento disponible para ser ocupado por una nueva clase de edad de regeneración de árboles de pino Moctezuma. Estos nuevos árboles se juntan a los grupos de árboles que no fueron destruidos y originan una nueva clase de edad en el rodal. Subsecuentemente, el desarrollo del rodal es por mucho tiempo

<sup>13</sup> Larson B., S. 1982. Development and growth of even-aged and uneven-aged mixed conifer stands in eastern Washington. pp. 113-118.

<sup>14</sup> Smith D., M. 1981. Patterns of development of forest stands. pp. 1-4.

<sup>15</sup> S.F.F. 1980. Vademecum forestal mexicano.

<sup>16</sup> Musálem, M. A. 1984. Effect of environmental factors on regeneration of *Pinus montezumae* Lamb. in a temperate forest of Mexico.



dominado por el patrón específico de crecimiento y desarrollo de esta especie. Aunque, cambios en la estructura del rodal ocurrirán como un resultado de la intensidad de incendios incompletos y las interacciones competitivas entre árboles de diferentes clases de edad. El número de clases de edad discreta que forman la masa incoetánea, será un resultado de la periodicidad discreta de ocurrencia de estos incendios en el mismo rodal.

La ocurrencia de incendios catastróficos usualmente inicia con un incendio incompleto y no controlado, durante la época más seca del estío. Estos incendios ocurren de marzo a abril cuando la sequía es más fuerte, debido a la escasez de precipitación (7 mm por mes), temperaturas máximas promedio por mes de 19.4° C y velocidades del viento mayores a 30 km/hr. las cuales son las condiciones apropiadas para la propagación del fuego (Anaya *et al.*, 1980)<sup>17</sup>. Esta clase de disturbio letal origina masas coetáneas de pino Moctezuma.

El ataque de insectos y enfermedades fungosas son disturbios regenerativos, que matan árboles de arriba hacia abajo (Smith, *op. cit.*). El efecto de estos disturbios causa la muerte de un grupo de árboles grandes antes que los pequeños y libera espacio de crecimiento disponible para ser ocupado por pequeños grupos de una nueva clase de edad de árboles de pino Moctezuma. La característica principal es que estos árboles están adaptados a iniciar su desarrollo como regeneración avanzada bajo el estrato de arbolado maduro. Musálem (*op. cit.*) indica que las semillas de pino Moctezuma son capaces de germinar bajo una pronunciada reducción de luz solar hasta que la intercepción de luz solar alcanza el 50%. Plántulas de 2 años de edad de esta especie pueden sobrevivir y soportar una fuerte sombra del dosel, sin una reducción sustancial en crecimiento en diámetro. También ha sido señalado que los rodales de pino Moctezuma pueden ser gradualmente abiertos para permitir el establecimiento de la regeneración y la corta de liberación puede ser aplicada después del segundo año. Estas características de los árboles del pino Moctezuma son las principales responsables de que puedan iniciar su desarrollo como crecimiento avanzado bajo un dosel de arbolado maduro. Subsecuentemente, cuando las aperturas del dosel han sido creadas en el rodal, estas son ocupadas por los grupos de regeneración avanzada, los cuales son aproximadamente de la misma clase de edad. Estos árboles están entremezclados con árboles que no fueron afectados por el ataque de enfermedades o de insectos. La ocurrencia de estos disturbios no catastróficos crea estructuras incoetáneas de pino Moctezuma. Los rodales de *Pinus montezumae*, son afectados principalmente por descortezadores (*Dendroctonus adjunctus*, *Dendroctonus mexicanus* y *Dendroctonus valens*) defoliadores (*Neodiprion* spp.) y enfermedades fungosas causadas en su mayoría por *Cronartium* (S.F.F., *op. cit.*).

---

<sup>17</sup> Anaya L., A.; S. R. Hernández y X. Madrigal. 1980. La vegetación y los suelos de un transecto altitudinal del declive occidental del Iztaccihuatl (México).



Los disturbios causados por el hombre a través del rango natural del pino Moctezuma, están relacionados con cortas ilegales para obtención de materia prima para hacer vigas y leña combustible. Esta actividad está dispersa a través de los rodales de pino Moctezuma y constituye la corta de pocos árboles durante cada ocasión. De acuerdo con Larson y Oliver (1979)<sup>18</sup> el efecto de esta actividad no promueve el establecimiento de regeneración, debido al tamaño pequeño de las aperturas del dosel. Ellos señalan que pequeñas aperturas promueven el establecimiento de especies de pastos y arbustos, los cuales posteriormente excluyen el establecimiento de nuevos árboles en caso de que un disturbio mayor ocurra. Por esta razón los disturbios pequeños causados por el hombre, no promueven la formación de masas coetáneas o incoetáneas de pino Moctezuma en la región central de México.

Cuando las plántulas de esta especie se establecen en aperturas de dosel rodeadas por arbolado remanente de la misma especie, pueden sobrevivir más exitosamente, porque ellas no son afectadas significativamente en sus estadios tempranos por supresión bajo masas naturales. Esto se debe a la protección parcial contra radiación solar proporcionada por los árboles aledaños, lo cual también reduce mortalidad de las nuevas plántulas (Musálem, *op. cit.*).

De acuerdo con las consideraciones procedentes, la alta frecuencia de masas irregulares de *Pinus montezumae* a través de su rango natural es resultado de las características: 1) La adaptación de la especie a crecer bajo condiciones de sombra, como una respuesta a las condiciones meteorológicas prevalecientes en la zona, 2) La respuesta de plasticidad de esta especie a soportar competencia, como un resultado de su tolerancia a la sombra, y 3) La frecuente, pero discontinua ocurrencia de pequeños disturbios como incendios incompletos, en todo el rango natural.

## **Establecimiento de regeneración**

En el diseño de tratamientos silvícolas para asegurar la regeneración natural, es de gran importancia al conocer los factores ambientales que afectan la germinación de la semilla e influyen en el establecimiento y desarrollo posterior de las plántulas, ya que este conocimiento es básico porque permite generar una serie de estrategias de carácter silvícola para manipular la estructura arbolada al momento de aplicar la corta de regeneración para renovar la masa.

En esta disciplina Musálem (*op. cit.*) desarrolló una serie de experimentos para determinar los efectos de factores ambientales en la regeneración de *Pinus montezumae*, entre los resultados más sobresalientes de sus investigaciones resaltan los siguientes:

---

<sup>18</sup> Larson B., C. and Ch. D. Oliver. 1979. Forest dynamics and fuelwood supply of the Stehekin Valley, WA. pp. 127-134.



1. Los conos de *Pinus montezumae*, tienen una longitud promedio de 14.3 cm, un diámetro de 4.9 cm, un peso fresco de 134 gr, con 144 semillas en promedio por cono y con una alta proporción de semillas vanas 68 (47%), el número de semillas llenas por cono fue de 52 (36%) y 22 semillas dañadas por barrenadores (17%). El número de semillas por kilogramo fue de 56,000. La germinación fue del 99% de las semillas llenas.
2. No se observó reducción de la viabilidad de la semilla almacenada en el piso forestal desde el tiempo de dispersión hasta la ocurrencia de la germinación. No existe influencia de la estructura remanente en la viabilidad de la semilla y se determinó que a medida que la diferencia entre el tiempo de dispersión de la semilla y su germinación es más largo, se reduce esta última al menos hasta los seis meses.
3. Se determinó que a medida que incrementa el tamaño de la semilla, se incrementa el % de germinación. Las plántulas que desarrollan de semilla grandes son superiores en el número de cotiledones, longitud de los mismos, longitud de hojas y raíces a las plántulas que provienen de semillas pequeñas.
4. Los resultados indicaron que la semilla de *Pinus montezumae* es capaz de germinar bajo condiciones pronunciadas de reducción de luz solar y que la capacidad de germinación se reduce significativamente cuando la intercepción de luz solar alcanza el 50%.
5. Las plántulas de un año de edad son fuertemente afectadas por la competencia de raíces y vegetación herbácea; cuando este material es eliminado no se afecta la sobrevivencia de las plántulas. Así mismo, se determinó que la mayor mortalidad ocurre de febrero a mayo, cuando las temperaturas son bajas y no ocurre precipitación pluvial.
6. La germinación se reduce en doseles cerrados, aunque se tengan disturbios en el suelo, cuando el dosel es abierto se realiza remoción de vegetación herbácea o exposición del suelo mineral, la germinación incrementa. El óptimo de germinación ocurre cuando se abre parcialmente el dosel, indistintamente del tratamiento del suelo. Después de la germinación se observó mortandad de plántulas causada por el ataque de hongos y por sequía. Lo anterior se evitó mediante la manipulación de la estructura remanente.
7. Finalmente, se concluye que el tratamiento silvícola más adecuado tiene que ser uno que combine un cierto grado de protección contra radiación solar directa y bajas temperaturas durante la germinación y los estadios iniciales de establecimiento, con una liberación posterior de la regeneración a partir del segundo año.



En los casos en que la regeneración natural de esta especie, se ha dificultado por eventos de disturbio que impiden su establecimiento y posterior desarrollo como lo son: el fuego, el pastoreo, la depredación de plántulas por ratones, pájaros, tuzas y hormigas, se han realizado investigaciones que tienden a solucionar dicho problema de una forma práctica, exitosa y barata, a través de la siembra directa y la aplicación de labores previas al sitio, en la época adecuada. Los resultados de esta investigación demostraron que la siembra se puede realizar manualmente, dejando la semilla descubierta, aplicándose labores previas de preparación al sitio como el quitar toda la vegetación dejando expuesto el suelo mineral o bien mediante la remoción de la vegetación y del suelo mineral, con la incorporación del material al suelo, con lo cual se alcanzan porcentajes de germinación elevados. La mejor época de siembra es la comprendida entre los meses de junio a agosto, no recomendándose realizarla posteriormente a esta fecha, además de no ser recomendable la aplicación de quemas controladas, como una práctica de preparación del sitio, dado que no favorecieron la germinación de la semilla y la supervivencia de las plántulas (Lepe, 1983)<sup>19</sup>.

## Desarrollo de regeneración

Evaluaciones realizadas con la finalidad de determinar las características dasométricas de la regeneración establecida, después de 2 años de aplicada la corta de regeneración a través del método de árboles padres, en masas puras de *Pinus montezumae*, indicaron que la estructura vertical de la regeneración tiende a ser coetánea en términos de altura de la regeneración. Con respecto al primer estrato se estimó que tiene una altura promedio de 35 cm, con un diámetro en la base de 4.12 cm, y 9,642 individuos por hectárea. El segundo estrato presentó una altura promedio de 78 cm, con un diámetro en la base de 5.44 cm, y con 3,571 árboles por hectárea, lo cual da como resultado hasta 13,213 brinzales por hectárea, aunque, es necesario señalar que se estimó que esta regeneración se distribuye en un 64 % de la hectárea, por lo cual se recomienda la redistribución de brinzales en el terreno a fin de tener una cobertura más homogénea del mismo (Mora y Rodríguez, 1988)<sup>20</sup>.

## Guía de densidad

Diversos autores, han señalado que la manera de que un silvicultor conduce la evolución de un rodal hacia una condición, que le permita satisfacer un objetivo de

---

<sup>19</sup> Lepe B., J. C. 1983. Sistema y época de siembra directa de *Pinus montezumae* Lamb. en el CEF San Juan Tetla, Puebla.

<sup>20</sup> Mora F., F. y C. Rodríguez F. 1988. Evaluación de la estructura de la regeneración de *Pinus montezumae* Lamb., en el ejido "Los Romeros", Tulancingo, Hidalgo.



manejo silvícola es a través de la manipulación de la densidad, la estructura y composición del rodal. Una herramienta de apoyo silvícola para realizar lo mencionado son las guías de densidad, las cuales se definen como diagramas en donde se definen las relaciones entre diámetro cuadrático medio (aquel diámetro que genera el área basal del árbol medio del rodal), área basal por hectárea y el número de árboles, que para su elaboración se basa en requerimientos de espacio de crecimiento (USDA, 1984)<sup>21</sup>.

En este caso Balderas y Rodríguez (1989)<sup>22</sup> han generado guías de densidad para *Pinus montezumae*, basadas en límites de referencia como el factor de competencia de copas, que se fundamenta en la relación existente entre el diámetro de copa y el diámetro normal de árboles que crecen en condiciones aisladas, por lo que los árboles no están sujetos a competencia con otros árboles y por lo cual tienden a ocupar el máximo espacio de crecimiento que les es posible y forman copas bastante amplias y ramificadas, lo cual se traduce en la máxima eficiencia de crecimiento dada por la fotosíntesis de sus copas. Ello expresado a través de formulaciones matemáticas permite estimar el espacio máximo de crecimiento requerido por un árbol de un cierto diámetro normal, lo que al ser referido a una hectárea proporciona la estimación del número mínimo de árboles que es posible tener en esa unidad de superficie sin que estén creciendo en competencia entre sí.

El límite superior de la guía de densidad puede estar dado, por la relación existente entre el área ocupada por un árbol y su diámetro normal al cuadrado conocido como la relación área-árbol, o bien por el índice de densidad de Reineke, el cual se basa en la relación existente entre el diámetro cuadrático promedio y el número máximo de árboles por hectárea que crecen en rodales coetáneos y completamente densos, lo que se traduce en el número máximo de árboles por unidad de superficie, creciendo sin competencia y ocupando plenamente el espacio de crecimiento.

Lo anterior conduce a que en la guía de densidad se tengan tres zonas bien definidas que corresponden al nivel mínimo de referencia, en el cual por debajo del mismo se tienen densidades deficientes; el límite máximo, cuando se supera dicho límite indica que el rodal está excesivamente poblado y los árboles crecen en presencia de interacciones competitivas por espacio de crecimiento y finalmente la zona comprendida como zona de ocupación plena del espacio de crecimiento, sin competencia, la cual proporciona la zona de manejo para diferentes objetivos de producción. Por ejemplo, en el caso de tener un diámetro cuadrático de 10 cm, el espacio de crecimiento está deficientemente poblado cuando se tengan menos de 2,466 árboles por hectárea y excesivamente poblado cuando se tenga un número de árboles superior a 7,128 por hectárea, así mismo, el espacio de crecimiento está

---

<sup>21</sup> USDA, Forest Service. 1984. Forest stand density and stocking: concepts, terms and the use of stocking guides.

<sup>22</sup> Balderas, A. y C. Rodríguez F. 1989. Elaboración de tres guías de densidad para *Pinus montezumae* Lamb., en el CEF San Juan Tetla, Puebla.



adecuadamente poblado cuando el número de árboles se encuentre entre ambos límites. Sin embargo, si el objetivo de manejo es el producir la máxima cantidad de biomasa para celulosa y se tiene un 90 % de ocupación del sitio con un área basal de 54 m cuadrados y 6,300 árboles de 10 cm de diámetro y se dejaran crecer los árboles hasta 20 cm de diámetro y se desea tener el mismo porcentaje de ocupación del sitio y el mismo nivel de área basal, las intervenciones a realizar mediante aclareos son: una primera intervención que reduzca el número de árboles de 6,300 a 4,100 para que los árboles alcancen un diámetro de 12 cm; una segunda intervención cuando los árboles tengan un diámetro de 12.5 cm que reduzca el número de 4,100 a 2,900 árboles por hectárea y así sucesivamente hasta la corta final cuando los árboles tengan 30 cm de diámetro cuadrático. Lo anterior, constituye uno de los ejemplos más sencillos, sin embargo se pueden trabajar diferentes opciones de tal forma que con la aplicación de técnicas de programación lineal se pueden determinar soluciones que optimicen el número de árboles a dejar en pie en cada intervención y permitan incluir restricciones en la solución del mismo (Figuras Nos. 1 y 2)

### **Crecimiento de árboles individuales**

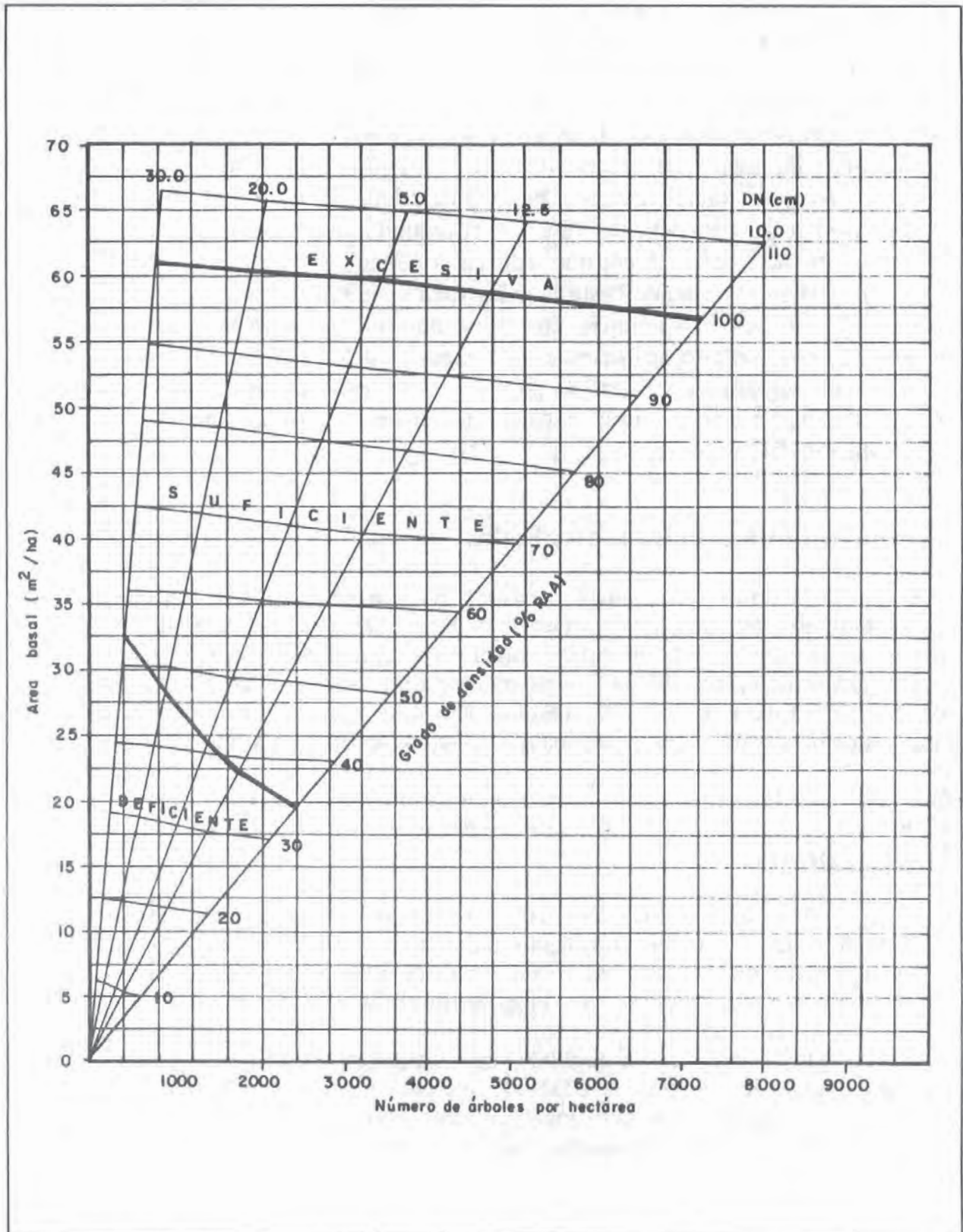
Mediante la técnica de análisis troncales se han reconstruido, los patrones de crecimiento en diferentes dimensiones de *Pinus montezumae*, en rango de crecimiento altitudinal de 3,000 a 3,300 m sobre el nivel del mar, habiéndose determinado que esta especie alcanza en promedio un crecimiento de 1.9 m a los 10 años de edad y 31.4 m a los 70 años. El incremento medio anual en alturas es máxima a los 40 años de edad y el incremento corriente anual culmina a los 30 años de edad en promedio.

Con respecto a las altitudes, el máximo crecimiento ocurre en las altitudes de 3,000 a 3,100 y de 3,101 a 3,200 m sobre el nivel del mar a los 70 años de edad con 32.4 y 31.8 m respectivamente.

El crecimiento en diámetro normal va de 5.5 cm a los 10 años de edad a 46.5 cm a los 70 años de edad. El incremento medio anual culmina a los 40 años y el incremento corriente anual culmina entre los 10 y 20 años de edad. Se determinó que no existe efecto significativo de la altitud en el crecimiento en diámetro.

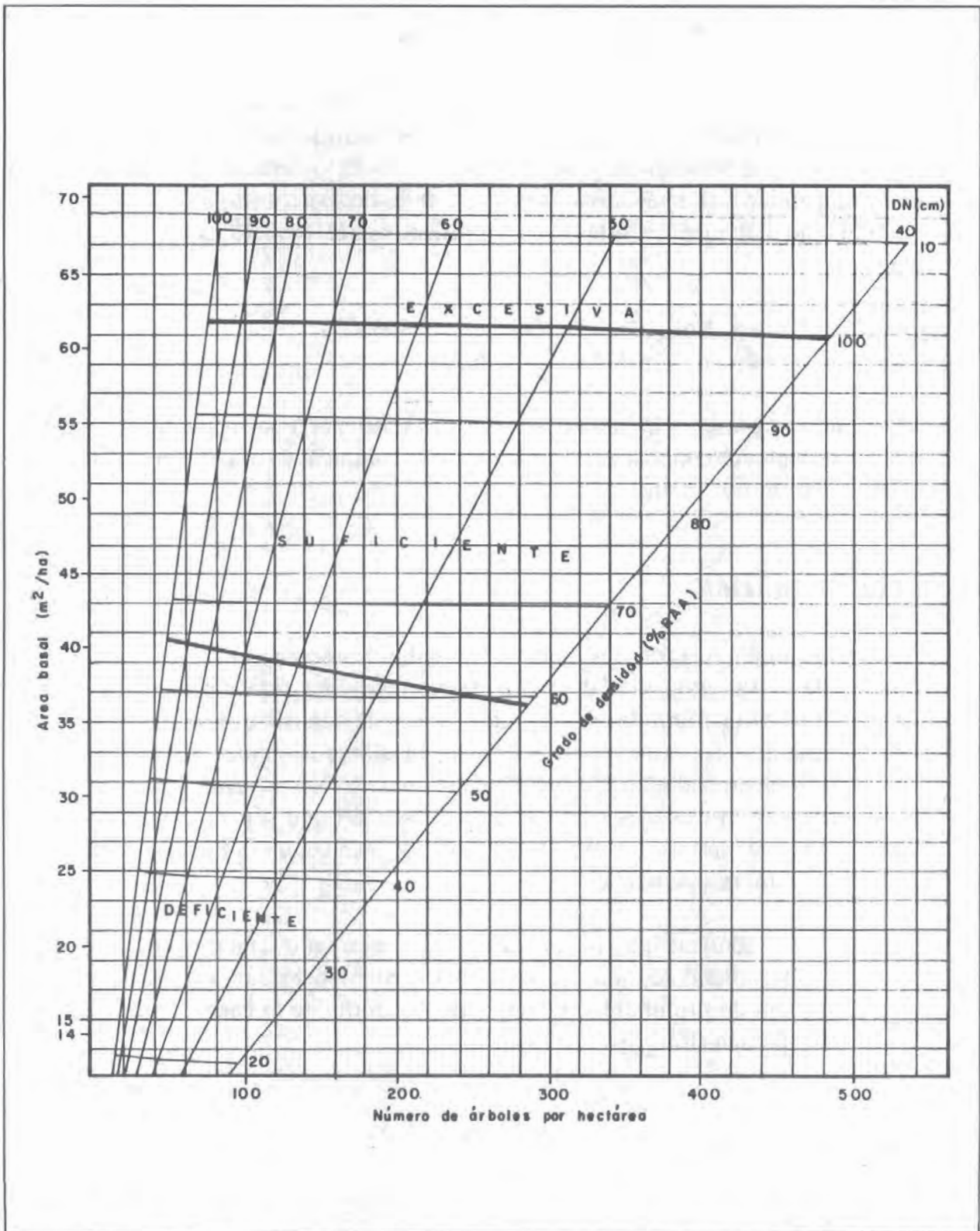
El crecimiento en volumen va de 0.008 metros cúbicos a los 10 años de edad a 2.96 metros cúbicos a los 70 años de edad. El incremento medio anual culmina a los 70 años y el incremento corriente anual culmina entre 60 y 70 años de edad. Se determinó que no existe efecto significativo de la altitud en el crecimiento en volumen (Rodríguez, *op. cit.*).





**Figura N° 1.** Guía de densidad para *Pinus montezumae* Lamb., en el CEF San Juan Tetla, estado de Puebla, México, utilizando a la RAA como norma de densidad.





**Figura N° 2.** Guía de densidad para *Pinus montezumae* Lamb., en el CEF San Juan Tetla, estado de Puebla, México, utilizando a la RAA como norma de densidad.



## Tabla de volumen de árboles individuales

Rodríguez y Moreno (1982)<sup>23</sup> con información proveniente de análisis troncales, determinaron un modelo de predicción de volumen total de fuste sin corteza, a partir del diámetro normal sin corteza y altura total. El modelo obtenido corresponde a un modelo logarítmico, el cual tuvo un coeficiente de determinación elevado, bajo cuadrado medio del error y altamente significativo, el modelo determinado es el siguiente:

$$\text{Log. Vol}_{\text{SC}} = - 9.20360831 + 1.88663777 \\ \text{Log DN} + 0.84536093 \text{ Log Alt.}$$

En este estudio se presenta la tabla de volúmenes generada a partir de dicho modelo y se presenta la metodología a seguir para convertir volúmenes sin corteza a volúmenes con corteza para *Pinus Montezumae*.

## Calidad de estación

La capacidad productiva de los suelos forestales para sostener y/o mantener el crecimiento de masas arboladas de *Pinus montezumae*, ha sido determinada para el rango de crecimiento natural de esta especie a través de análisis troncales relacionando la altura dominante y las características edáficas mediante la técnica del levantamiento detallado de suelos probada por Ortiz y Cuanalo en 1980<sup>24</sup>. Los resultados indican que la especie prospera en tres clases de calidad de estación que son rica, media y pobre calificadas a la edad base de 50 años, a los cuales se alcanza un desarrollo en altura de 24.8, 24.1 y 22.2 m, respectivamente.

Las características edáficas que mayor influencia tienen en el crecimiento en altura y que determinan la calidad de estación son: el pH, contenido de limo y arcilla de la capa de suelo 0 a 50 cm de profundidad y contenido de arcilla de la capa de suelo de 50 a 100 cm de profundidad (Rodríguez, 1982)<sup>25</sup>.

<sup>23</sup> Rodríguez F., C. y R. Moreno S. 1982. Elaboración de tablas de volúmenes a través de análisis troncales para *Pinus montezumae* Lamb., en el CEF San Juan Tetla, Puebla.

<sup>24</sup> Ortiz S., C. y H. Cuanalo de la C. 1982. Introducción a los levantamientos de suelos.

<sup>25</sup> Rodríguez F., C. 1982. Determinación de calidad de estación de *Pinus montezumae* Lamb., a través de análisis troncales en el CEF San Juan Tetla, Puebla.



## Tablas de producción

Una tabla de producción se define como una serie de valores tabulares de las características dasométricas de una masa arbolada, a edades sucesivas, que son alcanzadas en un cierto nivel de densidad y para un índice de sitio dado.

En referencia a esto, se han determinado tablas de producción para *Pinus montezumae*, (Carrillo, 1984)<sup>26</sup>, a través de inventarios forestales con sitios de muestreo temporales de un décimo de hectárea elegidos de manera selectiva en base a edades sucesivas de masas coetáneas de esta especie, creciendo en todas las condiciones de desarrollo posible dentro de su rango natural, por lo que dichas tablas se denominan empíricas porque sólo son referidas a una calidad de estación promedio y a un nivel de densidad promedio, por lo que sus estimaciones sólo proporcionan una idea del posible potencial de desarrollo de los rodales a lo largo de su espectro de vida. Sin embargo, las mismas pueden ser utilizadas como una herramienta preliminar en la planeación de intervenciones silvícolas, hasta que se desarrollen tablas de producción basadas en sitios permanentes de muestreo.

Las estimaciones de cada una de las características dasométricas, también pueden ser efectuadas a través de modelos de predicción en cada caso.

Dentro de los resultados relevantes obtenidos en estas tablas resaltan los siguientes:

1. El número de árboles por hectárea varía de 6728 a los 10 años de edad a 63 a los 80 años.
2. La altura va de 4.3 m a los 10 años de edad a 35.2 m a los 80 años.
3. El diámetro normal va de 5.9 cm a los 10 años de edad a 52.4 cm a los 80 años de edad.
4. El volumen por hectárea varía de 67.2 m<sup>3</sup> a los 10 años de edad a 701.8 m<sup>3</sup> a los 60 años, edad a partir de la cual la mortandad del arbolado aumenta considerablemente, por lo que se recomienda realizar la corta de regeneración a esta edad. Esto se debe también a que las dimensiones alcanzadas son de 26.6 m en altura y de 39.5 cm de diámetro normal, lo cual se puede considerar como buenas medidas comerciales para aserrío.

---

<sup>26</sup> Carrillo E., G. 1984. Tablas de producción de densidad variable para *Pinus montezumae* Lamb., en el CEF San Juan Tetla, Puebla.



Con respecto a otras estimaciones más precisas del rendimiento de masas arboladas de *Pinus montezumae*, Acosta en 1991<sup>27</sup>, determinó modelos de predicción del crecimiento y rendimiento, a partir del uso de información de sitios permanentes de muestreo en rodales puros, coetáneos de edad madura y de alta densidad.

La predicción del rendimiento fue realizada de dos maneras, la primera de ellas utilizando las técnicas de totalidad del rodal a partir del modelo de Schumacher para predecir volumen actual y volumen futuro. En ambos casos las variables predictoras consideradas fueron el índice de sitio y una medida de densidad del rodal, expresada a través del área basal.

La segunda manera empleada en la predicción del rendimiento fue mediante el ajuste de modelos de distribución diamétrica de la función de distribución Weibull.

Las variables predictoras que se utilizaron en los modelos para estimar los parámetros de la función Weibull como el área basal, diámetro cuadrático y diámetro normal, se proyectaron para predecirlos a edades futuras; para estimar el número de árboles por hectárea a edades futuras, se ajustó una función de mortalidad.

## **Indicador del efecto de competencia**

Rodríguez en 1987<sup>28</sup>, desarrolló un estudio para determinar el efecto de la densidad del rodal en el crecimiento en diámetro normal, altura total y volumen, además de determinar el efecto de la densidad del rodal en otras características tales como longitud de copa y tamaño de fuste.

De los resultados sobresalientes se encontró que la altura del árbol fue la característica más altamente relacionada con la estructura del rodal. También fue el mejor indicador de la edad de la mayoría de los árboles en el rodal y que la altura del árbol afecta fuertemente los atributos de copa de árboles individuales.

Otro de los factores responsables de las interacciones competitiva entre árboles por espacio de crecimiento aéreo fue la irregular distribución espacial de los árboles en el terreno, lo cual fue expresado a través de la distancia promedio del árbol sujeto a competencia a su más cercanos competidores.

---

<sup>27</sup> Acosta M., M. 1991. Modelo de crecimiento para *Pinus montezumae* Lamb.

<sup>28</sup> Rodríguez F., C. 1987. Development of a competition index for *Pinus montezumae* Lamb. in a temperate forest of Mexico.



El mejor indicador de las interacciones competitivas desarrolladas entre árboles fue el área lateral de copa. También, fue concluido que el área lateral de copa del árbol sujeto a competencia está altamente relacionada con el incremento periódico anual en volumen de dicho árbol.

Se concluye que el índice de competencia encontrado expresa la posición relativa del árbol en el rodal en relación a sus competidores, refleja el arreglo espacial de los competidores para un árbol dado, así como, sus tamaños, e indirectamente expresa su número.

Finalmente, se encontró alta eficiencia del índice de competencia obtenido, debido a la alta correlación entre el incremento periódico anual en volumen y el efecto de competencia. Se concluye que el índice de competencia puede ser utilizado para estimar el crecimiento potencial en volumen de árboles individuales de pino Moctezuma.

## RECOMENDACIONES

1. En actividades de recolección de semilla se recomienda se inicie la colecta de conos a partir del mes de diciembre y máximo hasta mediados del mes de febrero.
2. Se recomienda se colecten conos de arbolado dominante, creciendo en estructuras de densidades medias (entre 60 a 80% de cobertura arbórea).
3. Se recomienda se apliquen las cortas de regeneración durante la época de invierno, como máximo durante todo el mes de enero, con la finalidad de que se tenga una adecuada dispersión de semilla, en los meses posteriores y además con las actividades de extracción se haga una remoción del suelo y se ponga el suelo mineral en contacto directo con la semilla.
4. De acuerdo con las distancias óptimas de dispersión de semilla, se recomienda se dejen en pie cuando menos 20 árboles padres por hectárea, homogéneamente distribuidos, para tener un cubrimiento adecuado del sitio con semilla.
5. En lugares difíciles para el establecimiento de la regeneración, se recomienda que el tratamiento silvícola más adecuado tiene que ser uno que combine un cierto grado de protección contra radiación solar directa y bajas temperaturas durante la germinación y los estadios iniciales de establecimiento, con una liberación posterior de la regeneración a partir del segundo año.



6. En lugares sujetos a eventos de disturbio constantes, se recomienda se realice la siembra directa durante los meses de junio a agosto, de preferencia aplicando una preparación previa al terreno a través de limpia o remoción.
7. En aquellos casos que se presente la regeneración de manera excesiva concentrada en manchones se recomienda se realice una redistribución de brinzales, tratando de cubrir homogéneamente el sitio.
8. Se recomienda la utilización de las guías de densidad determinadas para esta especie, para la definición de intensidades de aclareo de acuerdo a objetivos específicos de manejo forestal.
9. En base a los resultados de crecimiento de la especie y en base a los resultados de la tabla de producción se recomienda, la aplicación de aclareos cada 10 años, en masas coetáneas de esta especie, hasta los 50 años. Se recomienda, se aplique la corta final a los 60 años de edad.

## BIBLIOGRAFÍA

- Acosta M., M. 1986. Estudio de dispersión de semillas de *Pinus montezumae* Lamb. Tesis Profesional. Div. de Ciencias Forestales. UACH., México. 64p.
- Acosta M., M. 1991. Modelo de crecimiento para *Pinus montezumae* Lamb. en CEF San Juan Tetla, Puebla. Tesis de Maestría en Ciencias. Div. de Ciencias Forestales. UACH., México. 88p.
- Acosta M., M. Y M. A. Musálem. 1986. Dispersión de semillas de *Pinus montezumae* Lamb., en dos matarrasas del Campo Experimental Forestal San Juan Tetla, Puebla. Rev. Chapingo, México. Año XI. No. 52-53:35-40.
- Anaya L., A. L.; S. R. Hernández y X. Madrigal. 1980. La vegetación y los suelos de un transecto altitudinal del declive occidental del Iztaccihuatl (México). INIF. Boletín Técnico # 65., 74p. Illus.
- Balderas, A. M. C. y R. Rodríguez F. 1989. Elaboración de tres guías de densidad para *Pinus montezumae* Lamb., en el C.E.F. San Juan Tetla, Puebla. Tesis Profesional. Div. de Ciencias Forestales. UACH. México. 71p.



- Carrillo E., G. 1984. Tablas de producción de densidad variable para *Pinus montezumae* Lamb., en el CEF San Juan Tetla, Puebla. Tesis Profesional. Div. de Ciencias Forestales. UACH, México. 82p.
- Jasso M. J. 1986. Although *Pinus montezumae* is one of the most important timber species in Mexico, the knowledge that has accumulated on its natural range, morphology, biology, and genetics is fairly limited and appears in scattered publications. Please, synthesize the current knowledge of this species. Question 3., Ph. D. Qualifying Examination. Yale University. USA. 70p.
- Larson B., C. 1982. Development and growth of even-aged and uneven-aged mixed conifer stands in eastern Washington. In Proceedings symposium on forest succession and stand development research in the Northwest, held March 26, 1981 at Oregon State University, published in 1982. Means, J.E., editor. pp. 113-118.
- Larson B., C. y Ch. D. Oliver 1979. Forest dynamics and fuelwood supply of the Stehekin Valley, WA. Proceedings of the Conference on Scientific Research in the National Parks (2nd), held at San Francisco, CA, on 26-30 November 1979. U.S. Department of the Interior, Park Service, Vol. 10. pp. 127-134.
- Lepe B., J. C. 1983. Sistema y época de siembra directa de *Pinus montezumae* Lamb. en el CEF San Juan Tetla, Puebla. Tesis Profesional. UACH. Chapingo, México. 78p.
- Little E., L. Jr. 1962. Tables for identification of Mexican species of pines ( *Pinus* ). In Seminar and study tour of Latin-American. Conifers. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales FAO. México. No. 1:61-64.
- May N., A. 1971. Estudio Fitoecológico del Campo Experimental Forestal San Juan Tetla, Puebla. Tesis de Licenciatura. IPN-ENCP. México. 130p.
- Mora F., F. E. y C. Rodríguez F. 1988. Evaluación de la estructura de la regeneración de *Pinus montezumae* Lamb., en el ejido "Los Romeros", Tulancingo, Hidalgo.
- Musálem, M. A. 1984. Effect of environmental factors on regeneration of *Pinus montezumae* Lamb. in a temperate forest of Mexico. Ph.D. Dissertation. Yale University. USA. 224P.
- Ortiz S., C. A. y Cuanalo de la C., H. 1982. Introducción a los levantamientos de suelos. México. C.P. Chapingo. 154p.



- Patiño V., F. 1973. Floración, fructificación, recolección de conos y aspectos sobre semillas de pinos mexicanos. *Bosques y Fauna*. II época 10 (4): 20-30.
- Pérez B., J. L. 1988. Estimación de la producción de conos *Pinus montezumae* Lamb., en el CEF San Juan Tetla, Puebla. Tesis Profesional. UACH., Chapingo, México. 57p.
- Pérez B., J. L., C. Rodríguez F. y A. M. Fierros M. 1988. Estimación de la producción de conos de *Pinus montezumae* Lamb. en al CEF San Juan Tetla, Puebla. Artículo Técnico. *Rev. Chapingo*. (En prensa).
- Ramírez H., L. 1985. Determinación de la época de colecta de conos de *Pinus montezumae* Lamb. Tesis de Ing. Agr. esp. en Bosques. UACH, Chapingo, México. 82p.
- Rodríguez F., C. 1980. Estudio epidométrico de *Pinus montezumae* Lamb. mediante análisis troncales en el CEF San Juan Tetla, Puebla. Tesis Profesional. UACH., Chapingo, México. 274p.
- Rodríguez F., C. 1982. Determinación de calidad de estación de *Pinus montezumae* Lamb., a través de análisis troncales en el CEF San Juan Tetla, Puebla. Tesis de Maestría en Ciencias. C.P. Chapingo, México. 134p.
- Rodríguez F., C. 1986. Compare and contrast posible stand structures of even-aged and irregular-aged stands of *Pinus montezumae* of a given basal area or measure of stand density. Question 3., Ph. D. Qualifying Examination. Yale University. USA. 31p.
- Rodríguez F., C. 1987. Development of a competition index for *Pinus montezumae* Lamb. in a temperate forest of México. Dissertation presented to the faculty of the School of Forestry of Yale University in candidacy for the degree of Doctor of Forestry. New Haven, USA. 200p.
- Rodríguez F., C. y R. Moreno S. 1982. Elaboración de tablas de volúmenes a través de análisis troncales para *Pinus montezumae* Lamb., en el C.E.F. San Juan Tetla, Puebla. INIF. Bol. Téc. No. 90, México. 37p.
- Rodríguez F., C. y Ortiz S., C. 1982. Levantamiento de suelos del CEF San Juan Tetla, Puebla. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. *Ciencia Forestal*. Vol. 7 No. 40.



Subsecretaría Forestal y de la Fauna. 1980. Vademecum forestal mexicano. 1980. SARH, SFF. México. 118p

Smith D., M. 1981. Patterns of development of forest stands. In Proceedings symposium on forest succession and stand development research in the Northwest, held March 26, 1981 at Oregon State University, published in 1982. Means, J.E. editor. pp 1-4.

Smith D., M. 1986. The practice of silviculture. 8th ed. John Wiley & Sons, Inc. New York. 527p.

USDA, Forest Service. 1984. Forest stand density and stocking: concepts, terms, and the use of stocking guides. 8p.