

# CIENCIA FORESTAL

en México

ISSN 1405-3586

REV. CIEN. FOR. EN MÉX. VOL. 32 NÚM. 102 152 p. MÉXICO, D. F. JUL-DIC 2007

**inifap**

INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES FORESTALES, AGRÍCOLAS Y PECUARIAS  
COORDINACIÓN DE INVESTIGACIÓN, INNOVACIÓN Y VINCULACIÓN

**DIRECTOR DE LA REVISTA Y PRESIDENTE DEL COMITÉ EDITORIAL**  
**Dr. Héctor M. Benavides Meza**

**SECRETARIO TÉCNICO**  
**M.C. Carlos Mallén Rivera**

**COORDINADORA EDITORIAL**  
**Dra. Cecilia Nieto de Pascual Pola**

*Ciencia Forestal en México* es la revista semestral de difusión científica en el ámbito forestal y ambiental del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Centro Público de Investigación y Organismo Público Descentralizado de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). La publicación tiene como objetivo difundir los resultados de la investigación que realizan los investigadores del INIFAP, así como de la comunidad científica nacional e internacional en el ámbito de los recursos forestales. El contenido de las contribuciones que conforman cada número es responsabilidad de los autores y su aceptación quedará a criterio del Comité Editorial, con base en los arbitrajes técnicos y de acuerdo a las normas editoriales. Se autoriza la reproducción de los trabajos si se otorga el debido crédito tanto a los autores como a la revista. Los nombres comerciales citados en las contribuciones que aparecen en *Ciencia Forestal en México*, no implican patrocinio o recomendación a las empresas referidas, ni crítica a otros productos, herramientas o instrumentos similares.

*Ciencia Forestal en México* está inscrita en el Índice de Revistas Mexicanas de Investigación Científica o Tecnológica, del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT). Es referida en el servicio de CABI Publishing (Forestry Abstracts y Forest Products Abstracts) de CAB International, así como en el Catálogo de Revistas del Sistema Regional de Información en Línea para Revistas Científicas de América Latina, El Caribe, España y Portugal (LATINDEX); en el Índice de Revistas Latinoamericanas en Ciencias (PERIÓDICA) y en el Catálogo Hemerográfico de Revistas Latinoamericanas (Hela), en la Sección de Ciencias Exactas y Naturales.

Ciencia Forestal en México, revista semestral, julio-diciembre 2007. Editor Responsable Héctor Mario Benavides Meza. Número de Certificado de Reserva otorgado por el Instituto Nacional del Derecho de Autor: 04-2007-101614253300-102. Número de Certificado de Licitud de Título: 13912. Número de Licitud de Contenido: 11485. Domicilio de la Publicación: Av. Progreso No. 5, Barrio de Santa Catarina, Delegación Coyoacán, C.P. 04010, México, D.F. Imprenta: CENID-COMEF/INIFAP, Av. Progreso No. 5, Barrio de Santa Catarina, Delegación Coyoacán, C.P. 04010, México, D.F. Distribuidor: INIFAP, Av. Progreso No. 5, Barrio de Santa Catarina, Delegación Coyoacán, C.P. 04010, México, D.F.



<b>CONTENIDO</b>	<b>Pág.</b>
CONSEJO CONSULTIVO Y CONSEJO EDITORIAL	3
CONSEJO ARBITRAL	5
EDITORIAL	9
SEMBLANZA DEL DR. MIGUEL A. MUSALEM SANTIAGO	13
EFFECTO DEL TAMAÑO DE ENVASE EN EL CRECIMIENTO DE <i>Pinus engelmannii</i> Carr. EN VIVERO José Ángel Prieto Ruiz, Mario Soto García y José Ciro Hernández García	23
RESPUESTA DE LA REGENERACIÓN NATURAL EN DOS SISTEMAS SILVÍCOLAS APLICADOS EN TLAXCO, TLAXCALA Blanca Lilia Pérez Segura, Vidal Guerra de la Cruz, Fernando Carrillo Anzures, Miguel Acosta Mireles y Enrique Buendía Rodríguez	39
FLUCTUACIÓN POBLACIONAL DE <i>Dendroctonus mexicanus</i> Hopk. BAJO DOS CONDICIONES DE MANEJO FORESTAL EN MICHOACÁN, MÉXICO Ignacio Vázquez Collazo, Guillermo Sánchez Martínez y Salvador Madrigal Huendo	57
EVALUACIÓN DE LA REGENERACIÓN EN BOSQUE DE PINO MEDIANTE EL MÉTODO "PARCELA CERO" David Arturo Moreno González, José Germán Flores Garnica y Juan de Dios Benavides Solorio	79
PLANTAS MELIFERAS SILVESTRES DE LA SIERRA PURÉPECHA, MICHOACÁN, MEXICO Miguel Ángel Bello González	103
ÍNDICES DE COMPETENCIA DEPENDIENTES DE LA DISTANCIA EN BOSQUES DE CONÍFERAS DE PUEBLO NUEVO, DURANGO Dorian de Jesús Pimienta de la Torre, Oscar A. Aguirre Calderón y Javier Jiménez Pérez	129
ACTIVIDADES DE PROMOCIÓN DE LA REVISTA CIENCIA FORESTAL EN MÉXICO	143

## CONSEJO CONSULTIVO

**Dr. Salvador Fernández Rivera**  
Coordinación de Investigación, Innovación  
y Vinculación/INIFAP

**Dr. Robert Bye Boetler**  
Jardín Botánico, Instituto de Biología  
Universidad Nacional Autónoma  
de México.

**Dr. Celedonio Aguirre Bravo**  
Forest Service,  
United States Department of Agriculture.

**Dr. Oscar Alberto Aguirre Calderón**  
Facultad de Ciencias Forestales,  
Universidad Autónoma de Nuevo León.

**Dr. Adrián Fernández Bremauntz**  
Instituto Nacional de Ecología,  
SEMARNAT.

**Dr. Miguel Caballero Deloya**  
Colegio de Postgraduados.

**Dra. Amparo Borja de la Rosa**  
División de Ciencias Forestales,  
Universidad Autónoma Chapingo.

**Dr. Alejandro Velázquez Martínez**  
Especialidad Forestal,  
Colegio de Postgraduados.

**Dra. Patricia Koleff Osorio**  
Comisión Nacional para el Conocimiento  
y Uso de la Biodiversidad

**Dr. Miguel Ángel Musalem Santiago †**  
Campo Experimental Valle de México,  
C.I.R. Centro/INIFAP.

**Dra. María Valdés Ramírez**  
Escuela Nacional de Ciencias Biológicas,  
Instituto Politécnico Nacional.

**M. C. Vicente Arriaga Martínez**  
Comisión Nacional Forestal, SEMARNAT.

## CONSEJO EDITORIAL

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias

Dra. Hilda Susana Azpiroz Rivero  
Ing. Francisco Camacho Morfin  
M. C. Tomás Hernández Tejeda  
M.C. Santa Ana Ríos Ruíz  
M.C. Juan Carlos Tamarit Urias  
M.C. Efraín Velasco Bautista  
Biól. Marisela C. Zamora Martínez

Universidad Nacional Autónoma de México  
M.C. Verónica del Pilar Reyero Hernández



## CONSEJO ARBITRAL

### Canadá

Université Laval, Québec  
Dr. Roger Hernández

### Cuba

Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical  
Dra. Amelia Capote Rodríguez

Unión Nacional de Escritores y Artistas de Cuba  
Dra. Raquel Carreras Riverey

### España

CIFOR/Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias  
Dr. Gregorio Montero González      Dr. Sven Mutke Regneri

Fundación CEAM  
Dra. María José Sáenz Sánchez

Universidad Politécnica de Madrid  
Dr. Alfredo Blanco Andray      Dr. Luis Gil Sánchez  
Dr. Alfonso San Miguel-Ayanz      Dr. Eduardo Tolosana  
Dr. Santiago Vignote Peña

### Estados Unidos de América

New Mexico State University  
Dr. John G. Mexal

Texas A&M University  
Dr. Raúl I. Cabrera

University of California  
Dr. Richard Y. Evans

University of Colorado at Denver  
Dr. Rafael Moreno Sánchez

United States Department of Agriculture  
Forest Service  
Dr. Mark E. Fenn      Dr. Carlos Rodríguez Franco

## Francia

Institut de Recherche pour le Développement  
Dr. Daniel Gauthier

## Italia

International Plant Genetic Resources Institute  
Dra. Laura K. Snook

## México

Centro de Investigación y Docencia Económicas  
Dr. Juan Manuel Torres Rojo

### Colegio de Postgraduados

Dr. Amulfo Aldrete	Dr. Dionisio Alvarado Rosales
Dr. Victor M. Cetina Alcalá	Dra. Ma. de Lourdes de la Isla de Bauer
Dr. Héctor M. de los Santos Posadas	Dr. Ronald Ferrara-Cerrato
Dr. Edmundo García Moya	Dr. Jesús Jasso Mata
Dr. Lauro López Mata	Dr. Javier López Uptón
Dr. Martín A. Mendoza Briseño	Dr. Antonio Trinidad Santos
Dr. Juan Ignacio Valdés Hernández	Dr. José René Valdez Lazalde
Dr. J. Jesús Vargas Hernández	

### Colegio de la Frontera Sur

Dr. Bernardus H.J. de Jong	Ph.D. Jorge E. Macías Samano
Dr. Neptalí Ramírez Marcial	Dr. Cristian Tovilla Hernández
Dr. Henricus Franciscus M. Vester	

Colegio de Tlaxcala, A.C.  
M.C. Noé Santacruz García

### Instituto de Ecología, A.C.

Dr. Guillermo Ángeles Álvarez	Dr. Ismael Raúl López Moreno
-------------------------------	------------------------------

Instituto Politécnico Nacional CIIDIR Unidad Dgo.  
Dr. José de Jesús Nívar Chaidés

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales  
Dr. Juan José Jiménez Zacarías

### Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro

Dr. Eladio Heriberto Cornejo Oviedo	M.C. Salvador Valencia Manzo
-------------------------------------	------------------------------



### Universidad Autónoma Chapingo

M.C. Baldemar Arteaga Martínez  
M.C. Enrique Guisar Nolasco  
Dr. Dante Arturo Rodríguez Trejo  
Dr. Enrique Serrano Gálvez  
Dr. José A. Gil Vera Castillo  
M.C. Mario Fuentes Salinas  
Dr. Hugo Ramírez Maldonado  
Dr. Leonardo Sánchez Rojas  
Dra. Ernestina Valadez Moctezuma  
Dr. Fernando Zavala Chávez  
Dr. David Zavala Zavala

### Universidad Autónoma Metropolitana

Dr. Héctor Castillo Juárez  
Dra. Carmen de la Paz Pérez Olvera

### Universidad Autónoma de Chihuahua

Ph.D. Concepción Luján Álvarez  
Ph.D. Jesús Miguel Olivas García

### Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

Dra. Ana Laura López Escamilla

### Universidad Autónoma de Nuevo León

M.C. Glaforo Alanís Flores  
Dr. Enrique Jurado Ybarra  
Dr. José Gpe. Marmolejo Moncivais

### Universidad de Guadalajara

Dr. Luis Ramón Bravo García  
M.C. Francisco J. Fuentes Talavera  
Dr. Rubén Sanjuán Dueñas  
Dr. Ezequiel Delgado Fourné  
M.C. María Guadalupe Lomelí Ramírez

### Universidad Juárez Autónoma de Tabasco

Dr. Miguel Alberto Magaña Alejandro

### Universidad del Mar

M.C. Verónica Ortega Baranda

### Universidad Juárez del Estado de Durango

Ph.D. José Ciro Hernández Díaz  
M.C. Marco Antonio Herrera Ferreyra

### Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

Dr. José Cruz de León  
M.C. Xavier Madrigal Sánchez  
Dr. José Guadalupe Rutiaga Quiñonez  
M.C. Marco Antonio Herrera Ferreyra  
Dr. Alejandro Martínez Palacios

### Universidad Nacional Autónoma de México

Dr. Humberto Bravo Álvarez  
Dr. Abisai Josué García Mendoza  
M.C. José A. Benjamín Ordoñez Díaz  
Dr. Manuel F. Rico Bernal  
Dr. Joaquín Cifuentes Blanco  
Dr. Julio Alberto Lemos Espinal  
Dr. Daniel Piñero Dalmau  
Dra. Teresa Terrazas Salgado

crecimiento de *Pinus engelmannii* en vivero. Los autores comentan que diversos aspectos influyen en el proceso operativo de la producción de la planta y el envase es uno de los elementos importantes. Evaluaron el efecto de tres tamaños de envase en el crecimiento en altura, diámetro, longitud de la raíz principal y producción de biomasa seca. Los investigadores concluyen que la dimensión del contenedor influyó en la talla alcanzada por los individuos y los mejores resultados se presentaron en los recipientes de 170 y 260 cm<sup>3</sup>. Los logros de esta investigación permiten orientar los trabajos de producción de esta especie, para la región norte centro del país y los responsables de los viveros encontrarán de gran utilidad dicha información, tomando en cuenta los aspectos de costos de producción que se consideraron en este trabajo.

El siguiente artículo se refiere a la evaluación de la regeneración natural como respuesta a dos sistemas silvícolas aplicados en la región de Tlaxco, en el Estado de Tlaxcala. El trabajo presenta particular importancia pues no se ha evaluado el impacto de dichos tratamientos después de 20 años de aplicación, por lo que los autores decidieron determinar la respuesta de la regeneración natural en los métodos Tlaxco y árboles padre. Se concluye en este trabajo que en los dos sistemas el renuevo de coníferas tuvo registros de cero hasta 90% con briznales de vigor pobre a óptimo; las superficies bajo el tratamiento de árboles padre no alcanzaron una densidad adecuada de aciculares, aunque si tuvieron mayor presencia en las áreas manejadas con el método Tlaxco e incluso, mostraron densidades satisfactorias para latifoliadas. Los resultados de este trabajo brindarán una orientación a los prestadores de servicios técnicos de la región central de México, especialmente a los que laboran en el Estado de Tlaxcala, así como en las regiones occidental de Puebla e Hidalgo y la oriental del Estado de México y permitirá fundamentar con mayor precisión las decisiones de manejo forestal que tomen en las áreas que se encuentran bajo su responsabilidad y coadyuvar a su sustentabilidad.

A continuación se presenta un trabajo que aborda la temática de un factor biótico de gran impacto en los recursos forestales, como es el de las plagas forestales, en este caso un descortezador (*Dendroctonus mexicanus*) en el



## Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias

Dr. Miguel Acosta Mireles	Dr. Francisco Becerra Luna
Dr. Fernando Carrillo Anzures	Dr. Javier Castellanos Ramos
Dr. Gustavo Cruz Bello	Dr. Vidal Guerra de la Cruz
Dr. José Amador Honorato Salazar	Dr. Fabian Islas Gutiérrez
M.C. Juan Islas Gutiérrez	Dr. Octavio S. Magaña Torres
Dra. Teresita del N J Marín Hernández	M.C. Miguel Martínez Domínguez
Dr. José Isidro Melchor Marroquín	M.C. Francisco Moreno Sánchez
Dr. Conrado Parraguirre Lezama	Dr. José Ángel Prieto Ruíz
M.C. Arturo G. Valles Gándara	M.C. Ignacio Vázquez Collazo
Dr. José Villanueva Díaz	

### Consultores Privados

M.Sc. Rosalía A. Cuevas Rangel

## EDITORIAL

El número 102 de la Revista Ciencia Forestal en México marca un nuevo derrotero en la trayectoria de esta publicación, debido a que recientemente el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, a través de la Dirección de Planeación, Evaluación y Seguimiento Científico, tuvo a bien notificar a esta Dirección a mi cargo, que la Revista Ciencia Forestal en México, fue aceptada en el Índice de Revistas Científicas y Tecnológicas del CONACYT, lo que implica el reconocimiento por parte de dicho consejo, de que esta publicación cumple los estándares de periodicidad, imparcialidad y calidad requeridos por el Comité de Evaluación. Lo anterior no hace más que reiterar el compromiso de los miembros que conforman el Comité Editorial ( árbitros, editores, integrantes del Consejo Consultivo, Secretario Técnico, Coordinadora Editorial y esta Dirección), de que la publicación continúe cumpliendo con los niveles requeridos por el CONACYT, con el fin de que Ciencia Forestal en México siga siendo considerada por los investigadores del sector forestal y ambiental de la República Mexicana y del Extranjero, como un medio de difusión científica idóneo para hacer llegar al resto de la comunidad, sus avances y logros en la dasonomía y ciencias afines.

El número 102 está conformado por una semblanza del Dr. Miguel Ángel Musalem Santiago y seis contribuciones, en este caso cinco artículos científicos y una nota técnica, provenientes de investigadores del INIFAP y de la Universidad Autónoma de Nuevo León.

El Dr. Musalem, fue un connotado investigador forestal del INIFAP, maestro de innumerables generaciones de profesionistas forestales a nivel de licenciatura y de postgrado, razón por la cual tuve el agrado de ser uno de sus alumnos. Indudablemente el Dr. Musalem deja una huella en todos los investigadores forestales y siempre lo recordaremos con afecto y respeto.

El primer trabajo que se presenta se relaciona con una investigación llevada a cabo con el fin de determinar el efecto del tamaño del envase en el



crecimiento de *Pinus engelmannii* en vivero. Los autores comentan que diversos aspectos influyen en el proceso operativo de la producción de la planta y el envase es uno de los elementos importantes. Evaluaron el efecto de tres tamaños de envase en el crecimiento en altura, diámetro, longitud de la raíz principal y producción de biomasa seca. Los investigadores concluyen que la dimensión del contenedor influyó en la talla alcanzada por los individuos y los mejores resultados se presentaron en los recipientes de 170 y 260 cm<sup>3</sup>. Los logros de esta investigación permiten orientar los trabajos de producción de esta especie, para la región norte centro del país y los responsables de los viveros encontrarán de gran utilidad dicha información, tomando en cuenta los aspectos de costos de producción que se consideraron en este trabajo.

El siguiente artículo se refiere a la evaluación de la regeneración natural como respuesta a dos sistemas silvícolas aplicados en la región de Tlaxco, en el Estado de Tlaxcala. El trabajo presenta particular importancia pues no se ha evaluado el impacto de dichos tratamientos después de 20 años de aplicación, por lo que los autores decidieron determinar la respuesta de la regeneración natural en los métodos Tlaxco y árboles padre. Se concluye en este trabajo que en los dos sistemas el renuevo de coníferas tuvo registros de cero hasta 90% con briznales de vigor pobre a óptimo; las superficies bajo el tratamiento de árboles padre no alcanzaron una densidad adecuada de aciculares, aunque si tuvieron mayor presencia en las áreas manejadas con el método Tlaxco e incluso, mostraron densidades satisfactorias para latifoliadas. Los resultados de este trabajo brindarán una orientación a los prestadores de servicios técnicos de la región central de México, especialmente a los que laboran en el Estado de Tlaxcala, así como en las regiones occidental de Puebla e Hidalgo y la oriental del Estado de México y permitirá fundamentar con mayor precisión las decisiones de manejo forestal que tomen en las áreas que se encuentran bajo su responsabilidad y coadyuvar a su sustentabilidad.

A continuación se presenta un trabajo que aborda la temática de un factor biótico de gran impacto en los recursos forestales, como es el de las plagas forestales, en este caso un descortezador (*Dendroctonus mexicanus*) en el

Estado de Michoacán. Los autores evaluaron los cambios poblacionales en dos localidades diferentes y en cada una de ellas se colocaron trampas Lindgren, cebadas con frontalina y alfa pineno. Los resultados indican que la combinación de estas feromonas atraen a *D. mexicanus* y su pico de dispersión poblacional se presenta de abril a junio y otro menos evidente de octubre a diciembre; aunque encontraron la mayor población relativa en el área bajo manejo. Este tipo de trabajos permite conocer aspectos básicos de la biología de los agentes causales de daños a nuestros recursos forestales y gracias a los mismos, las actividades de protección y manejo estarán mejor fundamentadas.

La contribución siguiente también aborda la problemática de la regeneración de nuestros bosques templados, a través de la evaluación de un método (Parcela Cero), que permite conocer la respuesta de la masa al tratamiento de árboles padre. Los autores llevaron a cabo su estudio en 315 sitios repartidos en 74 áreas de corta de la sierra de Tapalpa, Jalisco. En este método se clasifica inicialmente la densidad forestal con base en el espaciamiento entre individuos y sus respectivos valores expresados en árboles/m<sup>2</sup>. Conocida la densidad se determinó la distribución espacial con el diagrama parcela cero y el índice de Cox. Los resultados indican que el repoblado de pino tiende a la aglomeración en algunos sitios o a la dispersión en otros e indudablemente este tipo de metodologías ayudarán a los responsables del manejo forestal en áreas del occidente del país, a evaluar la regeneración de las masas forestales bajo tratamiento, lo que redundará en un manejo más acertado.

El siguiente artículo se relaciona con la temática del uso múltiple de los recursos forestales, en este caso el relativo a las plantas melíferas silvestres, que son las productoras de néctar que aprovechan las abejas para transformarlo en miel y que son un recurso de interés para los apicultores. El conocimiento de este tipo de flora es fundamental antes de instalar colmenas o establecer praderas artificiales para abejas, ya que la producción y calidad del néctar depende de las especies y de los factores ambientales en los que se desarrollan. El autor realizó su estudio en la Sierra Purépecha, que se encuentra en el Estado de Michoacán y elaboró un inventario preliminar de la flora apícola silvestre del área



y de su vegetación asociada. Los resultados obtenidos de este trabajo permiten conocer un listado de 60 especies melíferas contenidas en 51 géneros y 19 familias, siendo las más importantes: Asteraceae, Lamiaceae, Leguminosae y Scrophulariaceae. La investigación derivada de este trabajo permite ampliar nuestro conocimiento básico de los recursos forestales en su aspecto no maderable y orientará las actividades de los productores del occidente del país, especialmente aquellos que se dedican a la apicultura.

El número lo cierra una nota técnica relacionada con la elaboración de índices que permitan determinar la competencia entre individuos arbóreos por los recursos necesarios para llevar a cabo su desarrollo como lo son la luz, bióxido de carbono, agua y nutrientes minerales. La información generada por los índices de competencia y su incorporación a un modelo de predicción, hace posible calcular el crecimiento y mortalidad de los individuos. En este trabajo se evaluaron índices de competencia dependientes de la distancia con el auxilio de modelos de crecimiento, ajustados por regresión no lineal, para obtener los más convenientes para los bosques de coníferas. Los resultados indican que los índices se ajustan adecuadamente a un modelo de predicción de incremento en área basal y son indicadores de gran utilidad para el manejo silvícola de bosques de coníferas, lo cual será de gran utilidad a los prestadores de servicios técnicos del país.

Finalmente, agradezco una vez más a los árbitros y editores del Comité Editorial de la Revista Ciencia Forestal en México, pues sin su desinteresada colaboración no sería posible la publicación de esta revista y a los investigadores y académicos que confían en la misma para hacer llegar sus resultados a la comunidad forestal de México.

Dr. Héctor M. Benavides Meza  
Presidente del Comité Editorial y Director de la Revista  
*Ciencia Forestal en México*

**DR. MIGUEL ÁNGEL MUSÁLEM SANTIAGO**  
**(1942 - 2007)**



Miguel Ángel Musálem Santiago nació en Juchitán, Oaxaca, el 17 de julio de 1942. Después de haber concluido su educación básica en su pueblo natal, finalizó su educación media básica en el Distrito Federal, en la Preparatoria No. 5 de la Universidad Nacional Autónoma de México, iniciando sus estudios de Licenciatura en la Escuela Nacional de Agricultura. Hace 40 años, en su calidad de Ingeniero Forestal recién graduado, recorrió la distancia desde México hasta Chihuahua por tierra, para iniciarse en su profesión en la Sierra Tarahumara. Hace ya 39 años, en la Universidad Autónoma de Chihuahua, el Doctor Miguel Ángel Musálem comenzó a dictar el curso de ecología a las carreras de Ingeniero en Fruticultura y de Ingeniero en Agronomía de esa Universidad. Con esto, dio principio a una larga carrera en la docencia y la investigación en ecología forestal y silvicultura que duró, enriqueciéndose paulatinamente hasta nuestros días.

Desde sus primeros tiempos, en el campo de la ingeniería forestal, su preocupación por encontrar los fundamentos de la silvicultura en la ecología, fue



su actividad constante. Uno de los primeros trabajos de investigación en este campo lo realizó al recopilar para Emilio Flores Calderón, silvicultor destacado, por sus observaciones de campo en los bosques de la sierra de Chihuahua, el estudio fenológico de la producción de conos de los pinos del grupo Ponderosa.

Esta influencia marcó profundamente el camino futuro del Doctor Musálem, además de aprender a observar las huellas de venado y los lugares de caza del puma que don Emilio conocía a la perfección, se hacía acompañar por él en incontables madrugadas de domingo, a las presas cercanas a la Ciudad de Chihuahua, para observar y comentar sus experimentos en la introducción de *Pinus radiata* y *Pinus halepensis*, ambas especies exóticas, con las que pretendía realizar extensas plantaciones industriales para abastecer de madera a las plantas de celulosa del estado, en las zonas de transición entre los llanos de pastizales y la abrupta sierra de coníferas, en un lugar donde llovía menos de 600 milímetros al año.

Comenzando la década de los setentas con todo su patrimonio a cuestas, Miguel Ángel Musálem nuevamente, recorrió por tierra la distancia desde Chihuahua hasta Costa Rica en América Central, para inscribirse en la maestría en Silvicultura Tropical que coordinaban, por aquel entonces, ecólogos reconocidos de esa región, como lo fueron Leslie Holdridge y Gerardo Budowski. Los cursos lo llevaron a compenetrarse en el boom de la época en la región tropical de las plantaciones forestales tropicales comerciales, para aprovechar el potencial de crecimiento dado por la precipitación y la temperatura.

Durante su estancia en Turrialba, los estudios dendrológicos realizados por Gerardo Budowski y el estudio de las zonas de vida de Leslie Holdridge y los innumerables viajes con estos profesores y el Maestro Pablo Rosero por América Central, lo orientaron más hacia la utilización de los bosques naturales tropicales primarios y secundarios a pesar de su complejidad, que se establecía en el aquél entonces como un impedimento para su aprovechamiento. Sobre todo, el acercamiento a las posibilidades de la conservación y el uso de los bosques tropicales no necesariamente solo en el aprovechamiento de la madera, sino en áreas de reserva y turismo ecológico, en el que Costa Rica fungía como precursor.

De nuevo en México, el Doctor Musálem se incorporó a la Universidad Autónoma Chapingo para enseñar Silvicultura, Semillas, Viveros y Plantaciones Forestales, congruente con su formación en la licenciatura, su maestría y su trabajo en Chihuahua. Sin embargo, ya para entonces realizaba experiencias de observación con fuego sobre el suelo y el banco de semillas forestales, fenología de conos y semillas, producción de conos y semillas, y aspectos de dispersión y depredación en el campo experimental Zoquiapan de la Universidad Autónoma de Chapingo. Comenzó con los pinares de altura de la región





central de México con *Pinus hartwegii* y *Abies religiosa*, luego en el campo Experimental San Juan Tetla del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales con *Pinus montezumae* y *Pinus ayacahuite*.

En una reorientación de sus actividades, al final de los setentas, cambiando el énfasis de la enseñanza hacia la investigación, pero sin abandonar la primera, organizó el primer grupo de estudio en diseño de sistemas silvícolas de las coníferas de la región central de México, basado precisamente en el conocimiento fundamental ecológico que gobierna la regeneración natural de estas especies. En el comienzo de la mitad de la citada década, de los cambios en el concepto de la silvicultura mexicana tradicional hacia una llamada entonces "silvicultura intensiva"; este grupo pugnó por desarrollar los medios de decisión fundamentados en la investigación, para pasar de las recetas simples hacia una toma de decisiones científica, convertida en técnicas de aplicación, sobre todo, el desarrollo de metodologías de estudio y enfoques experimentales novedosos y de bajo costo.

A principio del año 80, el doctor Musálem recorrió de nuevo ahora del sur hacia el norte, desde México hasta Connecticut en Estados Unidos, para inscribirse en los estudios de doctorado en la Universidad de Yale con el profesor David M. Smith, probablemente el profesor de silvicultura más conocido de Estados Unidos y del mundo, formador, hasta aquel entonces durante más de 33 años,

que en la actualidad son 51 años, de generaciones de forestales silvicultores y ecólogos; y con el Profesor Francois Mergen, iniciador del Mejoramiento Genético Forestal, como sus dos profesores principales.

Las condiciones forestales de los bosques de madera dura, del Este de Estados Unidos, las prácticas complicadas de silvicultura más parecidas a las de la silvicultura tropical y la observación de los experiencias en Hubbard Brook y la introducción a cursos de ecología y funcionamiento de ecosistemas terrestres en la Universidad de Yale, fueron llevando al doctor Musálem a entender la silvicultura como herramienta de desarrollo que concilia los intereses económicos, con los ecológicos y sociales.

Bajo la dirección de F. Mergen escribió una disertación sobre los efectos ambientales en la regeneración natural de la especie *Pinus montezumae*, enfoque que extendió al resto de las especies de la Sierra Nevada de México. A su regreso a México, a mediados de la década de los ochenta, organizó e impulsó el grupo de silvicultura ya no sólo como diseño de sistemas silvícolas sino desde el enfoque de manejo sustentable y conservación de la biodiversidad en los bosques de la Sierra Nevada de México, bajo el convencimiento de que la mayoría de los bosques que rodean el Valle de México deberían dedicarse como área de conservación en forma prioritaria y para lo cual habría de encontrar las formas de manejo sustentable.

Un paréntesis fue realizado por el Doctor Musálem a cuando mediados de los ochentas y hasta el principio de los noventas, volvió al trópico, ahora al CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza), en Turrialba, Costa Rica, para participar en un proyecto que lo atrajo intelectualmente en forma extraordinaria: una vez que fueron probadas las plantaciones forestales comerciales en muchas áreas del trópico, el cultivo de bosques uniespecíficos no era adoptado por las comunidades quienes continuaban desmontando áreas de bosques naturales para sus cultivos anuales.

El proyecto en cuestión, denominado Leña y Fuentes Alternas de Energía (Proyecto Leña) había probado más de 350 especies de árboles entre especies nativas y exóticas y había creado plantaciones dendroenergéticas uniespecíficas. El reenfoque se planteó en cómo introducir árboles en las áreas de cultivo de los pequeños productores; árboles que tendrían que servir para producir además de madera para leña, madera para construcción, postes, frutos, cortezas, taninos, forrajes y servicios como sombra, protección y fijación de nitrógeno, por ejemplo. Este nuevo proyecto denominado Proyecto Madeleña fue realizado en todos los países de América Central de 1986 a 1991.

El doctor Musálem fue invitado como Silvicultor Principal del Proyecto Madeleña, en donde se dedicó a diseñar la investigación silvicultural, capacitación a profesionales en silvicultura de Centroamérica y condujo la



elaboración de publicaciones relacionadas con la silvicultura de las especies de árboles de uso múltiple utilizados actualmente en varias regiones de centro y Sudamérica e inclusive en México para capacitar silvicultores y extensionistas en desarrollo rural para el establecimiento de sistemas agroforestales.

De su experiencia adquirida y su formación antigua, a su regreso a México, en el principio de los noventas, el doctor Musálem se unió al grupo que creó el Centro de Agroforestería para el Desarrollo Sostenible de la Universidad Autónoma Chapingo, participando en los 10 cursos internacionales de Agroforestería que capacitó a más de 300 profesionales de Latinoamérica y participó en el diseño y puesta en marcha de la maestría en Agroforestería de la Universidad Autónoma de Chapingo, impartiendo el primer curso de Silvicultura de Árboles de Uso Múltiple. Asimismo, mantuvo, desde su regreso a México, el Curso de Sistemas Agroforestales de la Especialidad de Ingeniería Forestal y de Restauración Forestal de la propia UACH, convirtiéndose en su segundo interés científico.

Congruente con lo anterior, mantuvo grupos de trabajo en la región cafetalera de Puebla mediante la inclusión de árboles de uso múltiple y maderas preciosas, y otro más en la región de Catemaco, Veracruz. Ambos grupos recibieron el premio al Mérito Forestal por sus innovaciones y su importancia para la actividad forestal, donde coincidentemente la actividad del doctor Musálem se dejó sentir. El producto de las experiencias se concentró en las silvicultura de las especies de árboles de uso múltiples de México, enfocado a especies nativas poco aprovechadas por los técnicos en programas de reforestación, como el Nanche, el Cuajilote, el Guanacaste, el Guamúchil y el Mezquite.

A su regreso a México a su actividad de investigación en el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), se enfocó en el proyecto Sierra Nevada, debido al éxito del planteamiento anterior y la toma de conciencia desde mediados de los ochentas y hasta el principio de los noventas, sobre los impactos ambientales de las actividades industriales y su efecto en el entorno general, y sobre todo, algunos ejemplos suscitados como las áreas de alta mortalidad de oyametales en el Ajusco y la presencia de contaminación por lluvia ácida en la Sierra Nevada, lo que orientó y despertó más interés en los trabajos de manejo sustentable del doctor Musálem, quien expandió, su proyecto denominado Sierra Nevada de nivel que tenía un alcance regional, al proyecto Sierra Madre, de nivel nacional, el cual inició y condujo a lo largo de la década de los noventas.

Con este proyecto apoyado en forma decidida por el fondo de investigación ambiental CONACYT-SEMARNAT, se reenfocó la necesidad de recopilar toda la información publicada hasta la fecha sobre las especies forestales, que una vez conjuntada sirviera para definir los cauces de investigación no





tocados o insuficientemente tocados para iniciar un plan de investigación silvicultural que permita el diseño de su manejo silvícola, pero ahora incluyendo los aspectos económicos y sociales y bases de utilización de productos no tradicionales y sistemas de explotación de bajo impacto, además de su incorporación a sistemas de expertos y manejo de información modernos como sistemas de información geográficas. En esta actividad se escribieron varias monografías de las coníferas de la región central y se iniciaron las de la Sierra Madre Oriental, Sierra Madre del Sur y de la Sierra Madre Occidental.

Este relato somero de la actividad general cronológica del doctor Musálem, en el área de la investigación, revelan que fue un individuo dedicado a su formación persistente y constante, muy definida para sus dos intereses: la silvicultura de los bosques de clima templado y los árboles de uso múltiple en la agroforestería de la región tropical. Indican también, actividad constante sin desviaciones, siempre en centros de enseñanza e investigación, cuando en una, apoyado en la otra. También, revela un pionero en muchos de los campos que ha abordado a nivel nacional sin duda y a nivel internacional en varios de ellos, como en el caso de la silvicultura de pinares de altura, plantaciones de pinares tropicales y en los árboles de uso múltiple y la agroforestería tropical.

Este individuo fuera de serie, contribuyó a la educación en forma muy significativa, sin duda la más importante en los últimos 39 años entre los docentes de la dasonomía. Su influencia se sintió en la impartición de más de 200 cursos: 76 de licenciatura, 58 de maestría, a nivel nacional e internacional, y alrededor de 73 cursos de capacitación. Su actividad se reflejó también en más de 250 conferencias y ponencias magistrales y trabajos técnicos en congresos y seminarios, nacionales e internacionales. No solo eso, sino en la organización y promoción de la realización de eventos sobre silvicultura, plantaciones, educación e investigación. Su *curriculum* está lleno de este tipo de actividades que reflejan una actividad incansable y atenta al desarrollo de la ciencia en México.

Así mismo, en sus inicios fue profesor de licenciatura en la Universidad Autónoma de Chihuahua, para concentrarse en la Universidad Autónoma Chapingo y en el Colegio de Postgraduados en México, y en el CATIE en Costa Rica, donde colaboró frecuentemente. Gustó, particularmente, de impartir cursos en la preparatoria y en otras especialidades no tradicionales en cursos introductorios en Economía y en Agroecología, donde mantuvo que la vocación por las ciencias forestales puede desarrollarse. Asimismo impartió cada año y mantuvo la coordinación del Curso de Ecología y Recursos Forestales del PUMA (Programa Universitario de Medio Ambiente) de la UNAM, uno de los cursos más asistidos durante siete años. Fue invitado en los cursos de la Universidad de Nayarit y de la Universidad Veracruzana y en el Programa de Maestría Tecnológica Forestal del Colegio de Postgraduados.



Formador de Investigadores, educador de educadores y capacitador de capacitadores, son tres conceptos que pueden aplicarse a la actividad de docencia, capacitación e investigación del doctor Musálem. Con la sola excepción de los apuntes para los cursos de Silvicultura de Bosques Naturales, Sistemas Agroforestales, Viveros y Reforestación y Silvicultura de Plantaciones Forestales Comerciales, donde recopiló y virtió su experiencia y que renovó constantemente cada año, las casi 600 publicaciones que escribió con sus estudiantes a quienes dirigió en 75 tesis de licenciatura, de maestría y doctorado, en varias escuelas, además de participar en otras 80, es decir estuvo involucrado en más de 155 tesis. Es también notable observar la lista de personas que fueron sus estudiantes y colaboradores cercanos, no solo casi todos los profesores de la especialidad forestal, ecología y de recursos naturales de Chapingo y del Colegio de Postgraduados, sino un gran número de investigadores y conductores de la investigación forestal en México, América Central y en Estados Unidos.

Su interés por la investigación y la docencia lo llevaron a dirigir, transformar e impulsar instituciones de enseñanza, llegando a conducir la enseñanza en la División de Ciencias Forestales de la UACH y al ser Director Regional y luego subdirector de Investigación del INIF (antiguo Instituto Nacional de Investigaciones Forestales) a nivel nacional. En el ámbito académico fue Miembro de Número de la ANCF (Academia Nacional de Ciencias Forestales) y Presidente de la misma de 1993 a 1996 y reelecto para el periodo 1996 al 1999. Fue miembro del Sistema Nacional de Investigadores desde 1986 alcanzando el nivel III. Fue miembro de la Academia de Ingeniería y de la Academia de Ciencias. Fue también, miembro de los comités editoriales de las revistas forestales y recursos naturales renovables importantes de México y dos del extranjero. Gremialmente fue secretario de Asuntos Técnicos y Vicepresidente de la AMPFAC (Asociación Mexicana de Profesionales Forestales) a nivel nacional y recibió como distinción máxima, el Premio al Mérito Forestal en Investigación en 1992.

El doctor Musálem constituyó un pilar muy fuerte que trabajó en el desarrollo de las ciencias forestales, a través de su trabajo constante en la docencia y la investigación, el trabajo con grupos de productores, acostumbrado a trabajar a contracorriente, visionario y pionero, estimado por estudiantes, respetados por los que lo conocieron y en la actividad política dentro del sector forestal, luchador y ganador de todos los puestos de elección en los que concursó, y desde luego un incansable promotor de que la preocupación global por nuestro entorno solo podría ser resuelta, como ya se ha postulado, con un accionar local de todos y cada uno de los individuos que lo forman.

El 8 de junio de 2006, fue designado por la Academia Nacional de Ciencias Forestales como Silvicultor Distinguido, reconociendo así su dedicación, la



honestidad y el trabajo y preocupación por los que lo rodean, se reconoció así el gran impacto que tuvo en la formación de sus estudiantes, que actualmente son líderes científicos y educativos, en los que los miembros del sector forestal han encontrado y junto con el consentimiento de la comunidad científica nacional que lo conoció y los sintió parte de ella, vieron con el accionar del doctor Musálem, la aplicación primaria de la ecología forestal y su aplicación en los sistemas silvícolas, llevados a la administración de los bosques en planes y programas de manejo, como parte integrante del manejo de los recursos naturales y la conservación de la biodiversidad, para el bien de todos los mexicanos, al hacer viable el Desarrollo Sustentable de la sociedad.

Miguel Ángel Musálem Santiago, profesor de muchas generaciones, amigo entrañable caracterizado por su sencillez y convencimiento de querer ser cada día mejor en beneficio de la sociedad, esposo y padre ejemplar, baluarte de la actividad forestal de México, sin duda deja un legado que servirá de ejemplo de trabajo, honradez, dedicación y preocupación por el destino de los recursos forestales de México.

Dr. Alejandro Velázquez Martínez  
Presidente  
Academia Nacional de Ciencias Forestales, A.C.  
Morelia, Michoacán  
29 de octubre de 2007



# EFECTO DEL TAMAÑO DE ENVASE EN EL CRECIMIENTO DE *Pinus engelmannii* Carr. EN VIVERO

José Ángel Prieto Ruíz<sup>1</sup>, Mario Soto García<sup>2</sup>  
y José Ciro Hernández Díaz<sup>3</sup>

## RESUMEN

Diversos aspectos influyen en el proceso operativo de la producción de planta; por ello, es necesario el conocimiento y uso apropiado de cada técnica para favorecer la supervivencia y crecimiento de las plantas tanto en vivero, como en campo. El envase es uno de los elementos importantes que tiene relación directa con dicho proceso, por lo que definir su tamaño apropiado ayuda a optimizar el rendimiento y minimizar los costos de producción. Al respecto, en el Campo Experimental Valle del Guadiana del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias se realizó el presente estudio en el cual se evaluó el efecto de tres tamaños de envase: 80, 170 y 260 cm<sup>3</sup>, sobre *Pinus engelmannii* durante seis meses en condiciones de vivero; con un diseño experimental completamente al azar y cuatro repeticiones por tratamiento. Las variables evaluadas fueron: altura, diámetro, longitud de la raíz principal y producción de biomasa seca (parte aérea, del sistema radical y total). Después de 24 semanas se consideró que la dimensión del contenedor influyó en la talla alcanzada por los individuos; los mejores resultados se verificaron en los recipientes de 170 y 260 cm<sup>3</sup>; no obstante que la calidad de planta obtenida es similar en ambos, se recomienda utilizar el primero, porque los costos son menores.

**Palabras clave:** Calidad de planta, crecimiento, invernadero, *Pinus engelmannii* Carr., producción de planta en vivero, tamaño de envase.

Fecha de recepción: 21 de junio de 2006

Fecha de aceptación: 6 de noviembre de 2007

<sup>1</sup> Campo Experimental Valle del Guadiana. CIR- Noroeste. INIFAP. Durango, Dgo. Correo-e: prieto.jose@inifap.gob.mx

<sup>2</sup> Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Juárez del Estado de Durango. Durango, Dgo.

<sup>3</sup> Instituto de Silvicultura e Industria de la Madera. Universidad Juárez del Estado de Durango. Durango, Dgo.

## ABSTRACT

Many aspects influence the process of plant production. Therefore, it is essential to understand and properly use techniques to foster survival and growth of seedlings in the nursery and in the field. Because the container is one of the key elements directly affecting such processes, the definition of the most adequate size helps optimal yield and minimal production costs. As such, in INIFAP's Valle del Guadiana Experimental Station nursery at Durango, Mexico, three container sizes: 80, 170 and 260 cm<sup>3</sup>, were studied in order to assess the effect of container size on the growth of *Pinus engelmannii*, during six months in the greenhouse. A completely randomized experimental design was used, with three treatments and four replications per treatment. The evaluated variables were: height, diameter, main root length and total biomass (expressed as dry weight). After 24 weeks of evaluation, the 260 cm<sup>3</sup> and 170 cm<sup>3</sup> containers proved to be the most appropriate in terms of improving the growth of nursery seedlings. Based on these results the latter container is concluded to be the best because seedling quality was not different from that of seedlings produced in the 260 cm<sup>3</sup> container, that is more expensive.

**Key words:** Seedling quality, growth, greenhouse, *Pinus engelmannii* Carr., greenhouse plant production, container size.

## INTRODUCCIÓN

Existen diversos aspectos que influyen en el proceso de producción de planta; por ello, es necesario usar la técnica que favorezca su crecimiento y supervivencia tanto en vivero, como en campo. En el estado de Durango los métodos han evolucionado en los últimos 15 años, del tradicional al de contenedores rígidos, mediante la introducción de las charolas de poliestireno de 112 y 77 cavidades; esto ha implicado modificaciones operativas, respecto a los medios de crecimiento, la fertilización, el riego y el manejo de las condiciones ambientales, entre otras.

Su selección por tipo y dimensiones del envase dependen del sistema de producción utilizado, las características de crecimiento y del tamaño final de los individuos; así como de los costos y requerimientos del programa de plantación a donde se destine la planta (Aldana, 1998). La función primaria de cualquier envase es la de contener el sustrato, que a su vez abastece a las raíces de agua, aire, nutrimentos minerales; provee soporte físico a la planta (Landis *et al.*, 1990).

En la actualidad hay en el mercado una gran variedad de clases y marcas de contenedores, capaces de satisfacer la mayoría de las necesidades propias de cualquier tipo y condición de vivero; sin embargo, para tener la certeza de que es el adecuado, es indispensable evaluar su funcionamiento e influencia en el



crecimiento de las plantas. Las características del "envase ideal" deben garantizar su funcionalidad desde el punto de vista biológico, sin dejar de lado los costos de producción.

La evolución de los contenedores se ha enfocado hacia el uso de materiales ligeros, resistentes y de gran durabilidad, que permitan responder a la meta de lograr sistemas radicales bien estructurados (uniformes, fibrosos y bien desarrollados), que aumenten la supervivencia en campo; además, se busca hacer más eficientes las labores de producción y utilizar el mínimo de insumos en vivero (Sánchez, 1998). Por su parte, autores como Peñuelas y Ocaña (1996), Domínguez (1997), Domínguez *et al.* (2000) y Mullan y White (2001) coinciden en que el volumen del contenedor influye en el desarrollo de las plantas en vivero y en campo, en relación directa con el crecimiento del sistema radical. La durabilidad también es importante cuando son biodegradables, ya que están sujetos a condiciones de alta humedad, que prevalecen en los invernaderos; al respecto, Montoya y Cámara (1996) indican que la desintegración debe ocurrir al siguiente año después de la plantación.

A la fecha más del 80% de los 21 viveros forestales de Durango, donde anualmente se producen alrededor de cuatro millones de individuos, utilizan charolas de poliestireno de 35 x 60 cm, con 112 y 77 cavidades, equivalente a 80 y 170 cm<sup>3</sup> por unidad cavidad, respectivamente; sus principales desventajas son la fragilidad y la penetración del sistema radical en sus paredes, en particular cuando se deja la planta mucho tiempo en el contenedor. Sin embargo, la selección del envase está basada más en criterios de tipo económico, empleándose en general, los de menor costo; por ello, es necesario evaluar su funcionalidad desde el punto de vista biológico.

En este contexto, el presente trabajo tuvo por objetivo evaluar el efecto en el crecimiento de *Pinus engelmannii* Carr. en tres tamaños de envase (80, 170 y 260 cm<sup>3</sup>), en charolas de poliestireno; bajo la hipótesis de que a mayor tamaño de envase hay mejor supervivencia y crecimiento en altura, diámetro y producción de biomasa

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Características del área de estudio

El trabajo se realizó en el Campo Experimental Valle del Guadiana, del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), localizado en Durango, Dgo., a 24° 01' de latitud norte, 104° 44' longitud oeste, y 1,830 m de altitud. La planta se produjo en un invernadero cubierto con plástico de polietileno, calibre 720, tratado contra rayos ultravioleta y protegido con malla sombra al 35%. La temperatura y la humedad relativa se controlaron mediante

cortinas laterales enrollables de 2.5 m de ancho. Para favorecer el acondicionamiento de las plantas, en la fase de preacondicionamiento, correspondiente a las últimas ocho semanas de crecimiento, se eliminó el efecto de invernadero y se dejó el material en condiciones ambientales de intemperie.

### Condiciones de producción y siembra

El sustrato utilizado fue una mezcla compuesta por 55% de turba (*peat moss*), 24% de vermiculita, 21% de agrolita. Se le agregó fertilizante granulado Multicote® en dosis de 5 kg m<sup>-3</sup> de sustrato, que tarda de 9 a 11 meses en liberarse y cuya formulación es 15-07-15 de N-P-K.

La semilla se recolectó en rodales naturales del ejido San Isidro, Durango, ubicado a 23° 40' 23" N y 105° 02' 14" W, con una altitud de 2, 483 m. Previo a la siembra se le remojó en agua durante 24 horas y se desinfectó 10 minutos en una solución compuesta por nueve partes de agua y una de cloro comercial al 6%. Se aplicó dos veces por semana el producto Peters Professional®, fertilizante soluble en agua que se caracteriza por tener diferentes proporciones de N-P-K para cada fase de crecimiento, y que son: a) establecimiento: Peters iniciador® (7-40-17), utilizado hasta la séptima semana de edad de las plantas en dosis de 100-250-202 ppm; b) fase de crecimiento rápido: Peters desarrollo® (20-7-19), adicionado de la octava a la décimo sexta semana en dosis de 200-30-158 ppm; y c) preacondicionamiento: Peters finalizador® (4-25-35), incorporado de la decimoséptima a la vigesimocuarta semana en dosis de 70-191-508 ppm.

### Tratamientos y diseño experimental

Se evaluaron tres tamaños de envase, en charolas de poliestireno de 35 x 60 cm de ancho y largo, respectivamente (Cuadro 1). Los tratamientos se distribuyeron en un diseño completamente al azar, con cuatro repeticiones y cada unidad estuvo compuesta por 56 plantas ( 7x 8).

Cuadro 1. Características de los envases evaluados en la producción de planta de *Pinus engelmannii*, en el vivero del Campo Experimental Valle del Guadiana. INIFAP. Durango, Dgo.

Volumen por cavidad (cm <sup>3</sup> )	Largo (cm)	Diámetro superior (cm)
80	10.6	3.6
170	15.3	4.3
260	20.0	5.2

## Modelo estadístico y análisis de la información

El modelo utilizado para el análisis estadístico fue (Martínez, 1988):

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

$Y_{ij}$  = variable respuesta

$\mu$  = promedio general que considera a las diferentes fuentes de variación

$\tau_i$  = efecto del  $i$ -ésimo tratamiento

$\varepsilon_{ij}$  = error aleatorio  $ij$ .

Se efectuó un análisis de varianza con el paquete Statistical Analysis System (SAS), mediante el procedimiento PROC GLM. Cuando se obtuvieron diferencias significativas entre tratamientos ( $p < 0.05$ ), se hicieron pruebas de comparación de medias de Tukey.

## Evaluación

Se realizó una evaluación al final de cada fase de desarrollo de las plantas, con excepción de la etapa de crecimiento que se monitoreó dos veces: a) fase de establecimiento, a las siete semanas; b) fase de crecimiento rápido, a las 12 y 16 semanas y c) fase de precondicionamiento, a las 24 semanas de edad. En cada ocasión se extrajeron en forma aleatoria ocho plantas por unidad experimental, a las que se les midió: altura de la parte aérea, diámetro del cuello, longitud de la raíz principal; se determinó la biomasa seca de la parte aérea, del sistema radical y la biomasa total.

Así mismo, se estimó el Índice de calidad de Dickson (ICD), que se obtiene de la conjunción de cinco variables, y los valores mayores de ICD indican mejor calidad de planta (Dickson *et al.*, 1960).

$$ICD = \frac{Biomasa\ total\ (g)}{\frac{Altura\ (cm)}{Diámetro\ (mm)} + \frac{Biomasa\ parte\ aérea\ (g)}{Biomasa\ raíz\ (g)}} \dots(1)$$



## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Crecimiento en altura

El crecimiento en altura a las edades de muestreo resultó estadísticamente ( $p>0.05$ ) similar en los tres tamaños de envase empleados (Figura 1); dicha variable incrementó su valor conforme transcurrió el tiempo, sin que influyera de manera significativa el volumen del sustrato disponible. El tamaño de la planta al final del experimento en todos los tratamientos quedó en el intervalo recomendado por Prieto *et al.* (1999), quienes señalan que al salir del vivero debe tener entre 15 y 25 cm; además, la densidad en la que fueron producidas (250 a 533 plantas  $m^{-2}$ ) tampoco afectó la altura. Las diferencias en cada registro de los datos nunca fueron mayores a los 2 cm entre tratamientos.

La altura de las plantas está relacionada directamente con su crecimiento inicial en el sitio de plantación (Mexal y Landis, 1990; Johnson y Cline, 1991). Cuando las condiciones son adversas respecto a la vegetación herbácea y arbustiva, se recomienda utilizar individuos que tengan al menos 15 cm de alto para que pueda competir por luz, humedad y nutrimentos, de manera que tengan un buen desarrollo (Prieto *et al.*, 1999).

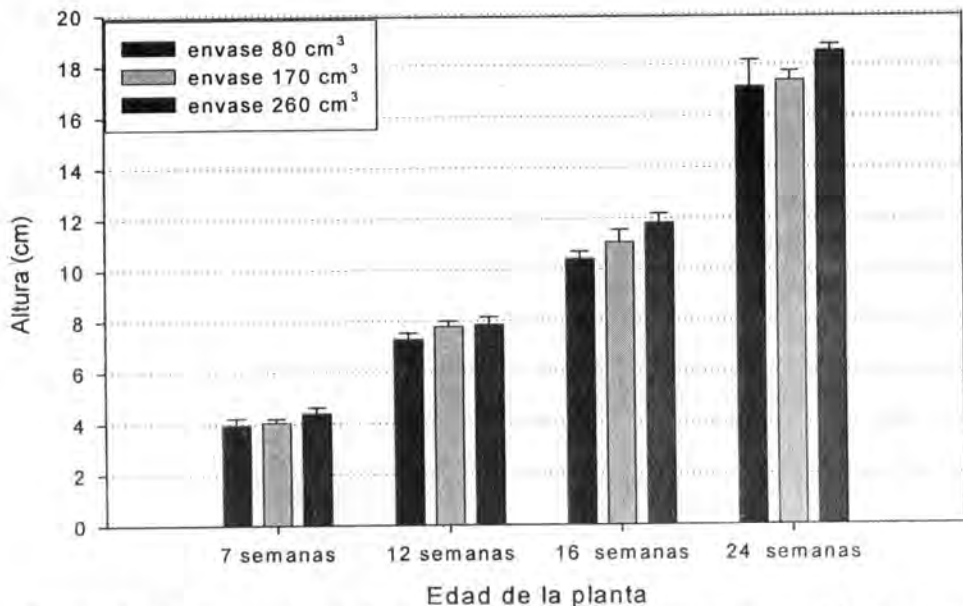
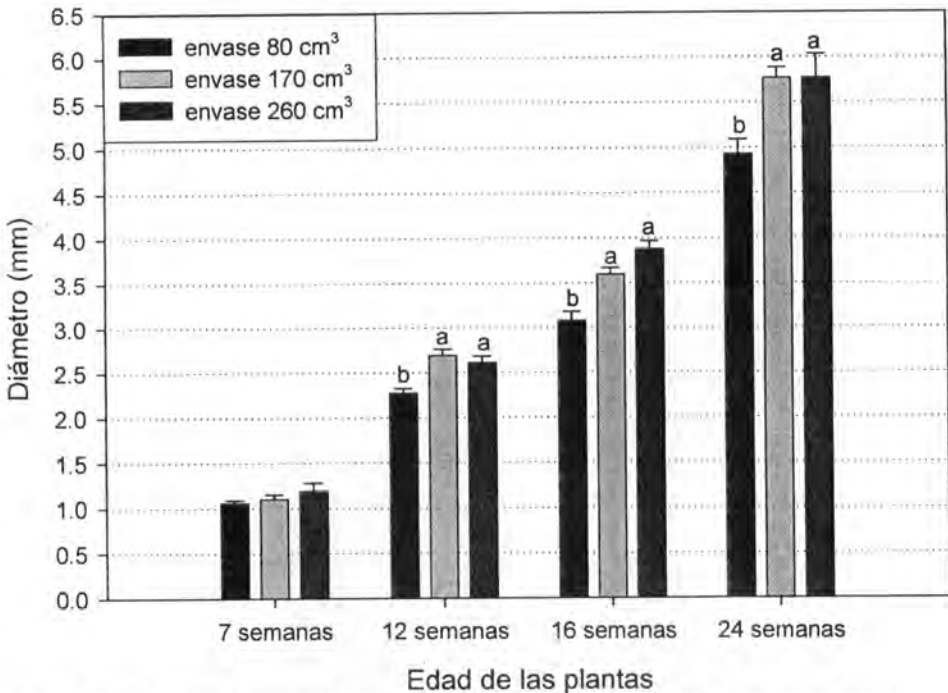


Figura 1. Crecimiento en altura de *Pinus engelmannii* producido en tres tamaños de envase.

## Diámetro del cuello

En el diámetro del cuello hubo diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) a partir de las 12 semanas de edad debido al efecto del volumen de los envases utilizados, en los cuales sobresalió la de los contenedores de 170 y 260  $\text{cm}^3$ , que se mantuvo durante todo el periodo de experimentación (Figura 2).



Letras diferentes para la misma fecha de evaluación significan diferencias estadísticas ( $p < 0.05$ )

Figura 2. Diámetro del cuello de las plantas en los tres tamaños de envase evaluados.

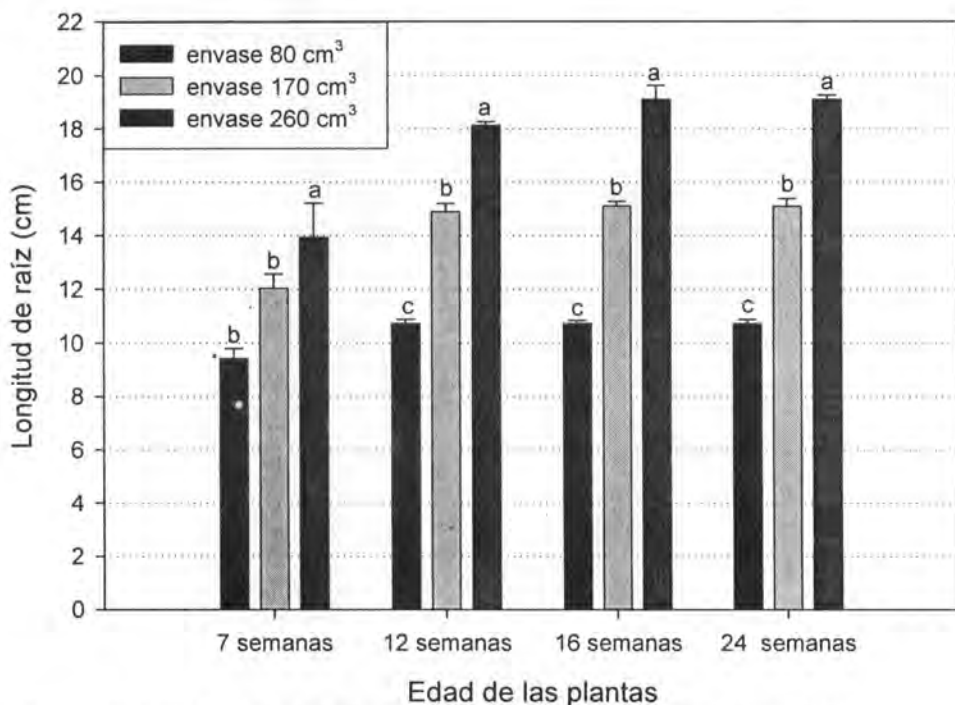
Una planta de buena calidad en el género *Pinus* tiene al menos 5 mm (Prieto y Alarcón, 1998), valor que es mayor para especies de lento crecimiento y en sitios de plantación que presentan condiciones críticas de humedad y/o profundidad del suelo. En este ensayo se obtuvieron registros finales de 5.70 y 5.80 mm en los envases de 170 y 260  $\text{cm}^3$ , respectivamente, lo que significa que la calidad de la planta es adecuada con relación al criterio de Prieto y Alarcón (1998); mientras que en el contenedor de 80  $\text{cm}^3$  fue de 4.90 mm.

El diámetro del cuello es la medición morfológica más utilizada para determinar la calidad de planta; refleja su resistencia y el tamaño del sistema radical (Cano y

Cetina, 2004), a diámetros grandes proporcionan mejor soporte; además es considerado como un buen predictor de la altura y la supervivencia en el sitio de plantación (Prieto, 2004). Para intervalos de 5 a 6 mm, la supervivencia en campo de *Pinus taeda* L. es superior al 80% (Mexal y Landis, 1990).

### Longitud de la raíz principal

Los resultados muestran diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) desde la primera evaluación, en la que destacaron los individuos producidos en el envase de  $260 \text{ cm}^3$ , tendencia que se mantuvo en las mediciones subsiguientes. A las 12 semanas de edad la raíz había ocupado más del 90% del largo del envase. Por ello, a las 16 y 24 semanas, se obtuvo un incremento mínimo en todos los tratamientos, y con los mejores desarrollos en el contenedor de  $260 \text{ cm}^3$  seguido del de  $170 \text{ cm}^3$  y en el último lugar se ubicó el de  $80 \text{ cm}^3$  (Figura 3). La altura del contenedor es un factor determinante en la longitud del sistema radical; de tal manera que esta aumenta el tamaño del envase. Sin embargo, el interés del presente estudio fue determinar la rapidez con que la planta ocupa el espacio disponible.



Letras diferentes para la misma fecha de evaluación significan diferencias estadísticas ( $p < 0.05$ ).

Figura 3. Longitud de la raíz principal de las plantas en los tres tamaños de envase evaluados.



La raíz principal mostró un crecimiento notable en las primeras siete semanas, con más de 9 cm de longitud en todos los tratamientos; Johnson y Cline (1991) manifiestan que después de la germinación, el sistema radical es la parte de la planta que más se desarrolla como respuesta a la necesidad que tiene de establecerse rápidamente en el sustrato; además, en ese periodo no existieron limitantes de espacio, en cambio, hacia la parte final de la evaluación hubo un crecimiento mínimo debido al poco volumen disponible. Lo anterior está relacionado con el momento oportuno para el trasplante, ya que la capacidad total del contenedor determina los puntos de crecimiento del sistema radical y ésta empieza a morirse, la planta disminuye de manera considerable su vigor; incluso en charolas de poliestireno, la raíz se incrusta en las paredes laterales del envase.

Bello (1998) recomienda que el largo de la raíz principal en pinos no cespitosos sea de 10 a 15 cm, con más de siete raíces secundarias. En cambio, para individuos cespitosos el intervalo es de entre 15 y 20 cm de largo y al menos siete raíces secundarias. Cano y Cetina (2004) indican que plantas con sistemas radicales grandes favorecen la absorción de agua y nutrientes, por lo que logran tolerar el estrés hídrico después de plantarse en campo.

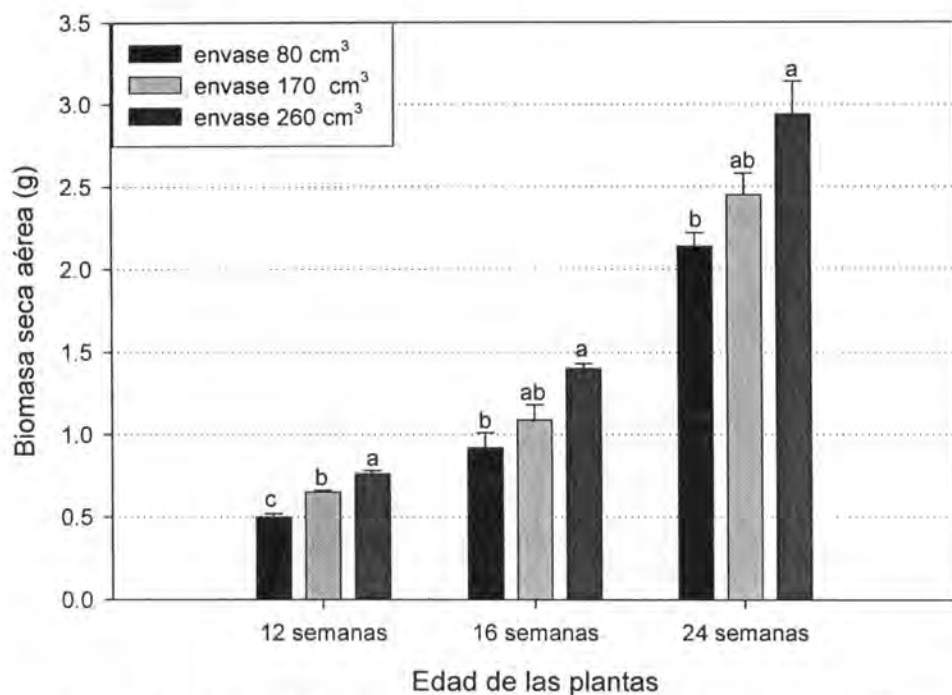
### Biomasa seca de la parte aérea

La biomasa seca de la parte aérea presentó diferencias estadísticas ( $p < 0.05$ ) en las mediciones realizadas a las 12, 16 y 24 semanas de edad (Figura 4), sobresalió la planta producida en el envase de 260 cm<sup>3</sup>; sin embargo, en las dos últimas evaluaciones los resultados no tuvieron diferencias estadísticamente significativas a los obtenidos en el envase de 170 cm<sup>3</sup>.

El aumento en el volumen del envase favoreció la producción de biomasa aérea, dado que hubo un mayor espacio entre las plantas, el sistema radical dispuso de un espacio más grande para su crecimiento; lo que se manifestó en una producción superior de follaje; que a su vez, implicó una mejor eficiencia en la tasa de fotosíntesis.

La parte aérea de la planta tuvo menos densidad con 286 y 367 plantas m<sup>-2</sup>, para los envases de 260 y 170 cm<sup>3</sup>, respectivamente; con relación al envase de 80 cm<sup>3</sup> (533 plantas m<sup>-2</sup>); por lo tanto, la competencia por luz y espacio, y el crecimiento del área foliar, se incrementó.

Thompson (1984) y Mexal y Landis (1990) señalan que la producción de biomasa tiene gran correlación con la supervivencia de la planta en campo, pues un indicador de su eficiencia fisiológica durante su desarrollo en el sitio de plantación propicia una producción mayor de fotosintatos disponibles que inciden en una mejor adaptación de la planta.



Letras diferentes para la misma fecha de evaluación significan diferencias estadísticas ( $p < 0.05$ )

Figura 4. Biomasa seca de la parte aérea de las plantas en los tres tamaños de envase evaluados.

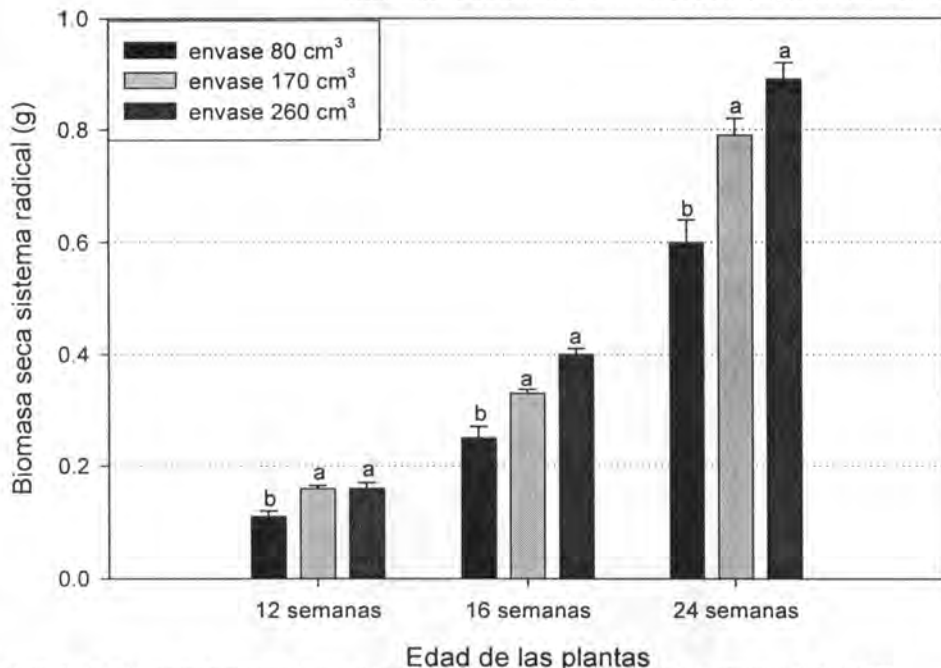
### Biomasa seca del sistema radical

Mostró diferencias estadísticas ( $p < 0.05$ ) a las 12, 16 y 24 semanas de los resultados más sobresalientes correspondieron a los envases de 170 y 260 cm<sup>3</sup> (Figura 5), al ubicarse siempre en el grupo estadístico superior sin diferencias significativas entre sí.

### Biomasa seca total

La biomasa seca total de las plantas presentó diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0.05$ ) en las tres evaluaciones realizadas y desde las siete semanas de edad. Destacaron los individuos producidos en el envase de 260 cm<sup>3</sup> (Figura 6); sin embargo, a las 24 semanas de edad, el contenedor de 170 cm<sup>3</sup> no tuvo diferencias significativas con respecto al de 260 cm<sup>3</sup>, en cambio, el de 80 cm<sup>3</sup> fue inferior estadísticamente al de 170 cm<sup>3</sup> sólo en la primera fecha de muestreo.





Letras diferentes para la misma fecha de evaluación significan diferencias estadísticas ( $p < 0.05$ )

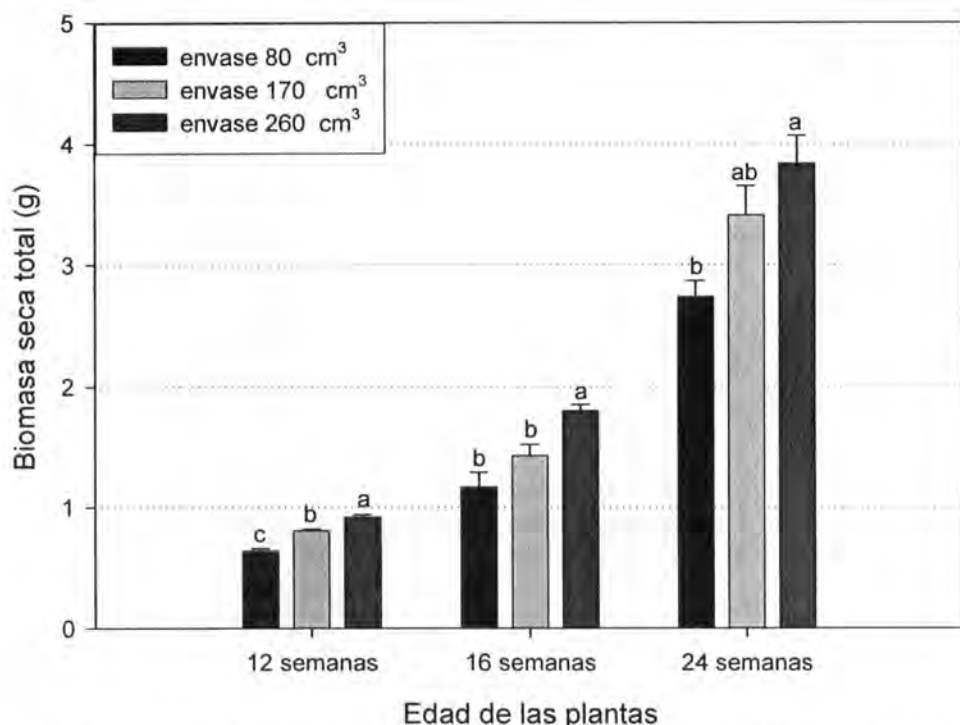
Figura 5. Biomasa seca sistema radical de las plantas en los tres tamaños de envase evaluados.

Esta variable es importante por que conjunta en un valor único la producción de biomasa de las plantas.

### Índice de Calidad de Dickson.

Los resultados a las 12, 16 y 24 semanas de edad arrojan diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos; en el grupo estadístico superior estuvieron las plantas producidas en los envases de 170 y 260 cm<sup>3</sup> (Figura 7). La interpretación del Índice de Calidad de Dickson radica en que un solo dato concentra los valores de un conjunto de características morfológicas (altura, diámetro y biomasa), las cuales definen en gran medida el comportamiento futuro de la planta en el sitio de plantación. De acuerdo con Dickson *et al.* (1960), un índice grande corresponde a una mejor calidad de la planta, lo que ocurrió en los materiales producidos en los envases de 170 y 260 cm<sup>3</sup>.

Los Índices de Calidad de Dickson son consistentes con respecto al análisis individual que se hizo de las variables estudiadas. Lo interesante es saber si los materiales vegetales producidos en vivero tendrán la misma respuesta en la fase de campo, donde finalmente se evaluará la calidad de la planta producida.



Letras diferentes para la misma fecha de evaluación significan diferencias estadísticas ( $p < 0.05$ )

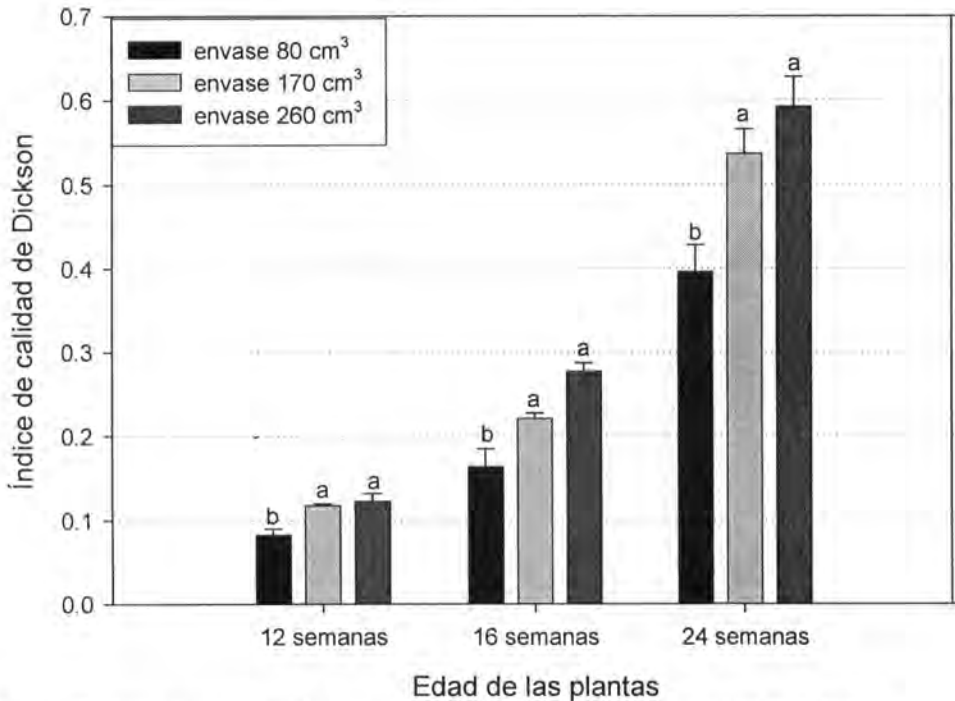
Figura 6. Biomasa seca total en los tres tamaños de envase evaluados.

## DISCUSIÓN

De acuerdo con los resultados obtenidos, de las 7 a las 24 semanas de edad, en los envases de 260 cm<sup>3</sup> y de 170 cm<sup>3</sup> se produjo la planta de mejor calidad con valores similares entre ellos, excepto para la longitud de la raíz, donde sobresalió el envase de 260 cm<sup>3</sup>. Además, se cumplió con los estándares mínimos de calidad citados en la literatura, tales como: altura y diámetro, entre otros. Sin embargo, es conveniente que estas evaluaciones tengan seguimiento en campo, para definir si la tendencia de comportamiento en vivero es similar en el sitio de plantación.

En diversas investigaciones se ha demostrado que el envase de mayor volumen favorece el crecimiento de las plantas; Quiñones (2001), quien estudió el crecimiento y supervivencia de *Pinus greggii* Engelm. y *Pinus engelmannii* Carr., producidos en cinco tamaños de contenedores rígidos (93 a 262 cm<sup>3</sup>) y determinó que el Teko (262 cm<sup>3</sup>) ofrece condiciones superiores para el desarrollo de las plantas. Por su parte, Prieto (2004) llegó a conclusiones similares al probar dos tamaños de envase (80 y 170 cm<sup>3</sup>), para *Pinus cooperi* Blanco.





Letras diferentes para la misma fecha de evaluación significan diferencias estadísticas ( $p < 0.05$ )

Figura 7. Índice de Calidad de Dickson en los tres tamaños de envase evaluados.

Aunque, Pineda y Olivas (2000) y Segura y García (2000), quienes evaluaron tres tamaños de contenedores rígidos (Apb de 100 cm<sup>3</sup>, Apb de 156 cm<sup>3</sup> y Teko de 262 cm<sup>3</sup>) con cuatro especies del género *Pinus*, registraron que el envase Apb de 156 cm<sup>3</sup> se produjo la planta de mejor calidad; además, los costos de producción fueron menores. Por ello, para seleccionar el envase que se desea utilizar, aparte de su eficacia, se deben considerar los costos de producción. En el presente trabajo, bajo los criterios señalados anteriormente, el envase de 170 cm<sup>3</sup> es el más indicado para producir *Pinus engelmannii*, ya que su costo es 15.30% más barato en comparación con el de 260 cm<sup>3</sup>.

El material vegetal procedente del envase de 80 cm<sup>3</sup> fue más económico, aunque de menor calidad. Con relación a las variables morfológicas estudiadas, los resultados fueron consistentes en los tres tratamientos, sobresalieron en los contenedores de 170 y 260 cm<sup>3</sup>, en cambio, el de 80 cm<sup>3</sup> siempre tuvo valores inferiores.

El volumen del envase es un factor determinante en la calidad de la planta; sin embargo, una buena selección del mismo debe complementarse con técnicas apropiadas de manejo para lograr los objetivos propuestos.

## CONCLUSIONES

El tamaño del envase influyó positivamente en el crecimiento morfológico de las plantas de *Pinus engelmannii* en condiciones de vivero.

El envase de 170 cm<sup>3</sup> permite producir planta de buena calidad con menores costos de producción.

Es importante darle continuidad a este tipo de evaluaciones en diferentes condiciones de campo para corroborar si el comportamiento en vivero se refleja de la misma manera en el sitio de plantación.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Fundación Produce Durango, A. C. el financiamiento otorgado por medio del Proyecto Bosque Modelo Durango, para la ejecución de este trabajo. Así mismo, hacen patente la valiosa contribución de los revisores en la mejora del documento.

## REFERENCIAS

- Aldana B., R. 1998. Sistema de producción de planta en contenedores. *In*: Segunda Reunión Nacional sobre Producción de Planta en Contenedores. 27 al 30 de octubre de 1998. Comisión Nacional Forestal. Guadalajara, Jalisco. p. 7.
- Bello L., A. 1998. Calidad de planta. *In*: Segunda Reunión Nacional sobre Producción de Planta en Contenedores. 27 al 30 de octubre de 1998. Comisión Nacional Forestal. Guadalajara, Jalisco. p. 13.
- Cano P., A. y V. M. Cetina A. 2004. Calidad de planta en vivero y prácticas que influyen en su producción. Folleto Técnico N° 12. Campo Experimental Saltillo. INIFAP-CIRNE. Coahuila, México. 24 p.
- Dickson, A., A. L. Leaf. and J. F. Hosner. 1960. Quality appraisal of white spruce and white pine seedlings stock in nurseries. *For. Chron.* 36(1):10-13.
- Domínguez L., S. 1997. Influencia de distintos tipos de contenedores en el desarrollo en campo de *Pinus halepensis* y *Quercus ilex*. Centro Nacional de Mejora Forestal "El Serranillo". Ministerio de Medio Ambiente. Guadalajara, España. 10 p.
- Domínguez L., S., I. Carrasco M., N. Herrero S., L. Ocaña B., J. L. Nicolás P. y J. L. Peñuelas R. 2000. Las características de los contenedores influyen en la supervivencia y crecimiento de plantas de *Pinus pinea* en campo. *In*: Actas del Primer Simposio sobre el Pino Piñonero. Valladolid, España. pp. 203-209.
- Johnson, J. D. and L. Cline. 1991. Seedling quality of southern pines. *In*: Duryea M. L. and P. M. Dougherty. (Eds.). *Forest Regeneration Manual*. Kluwer Academic Publishers. Boston, MA. USA. pp: 143-159.

- Landis, T., D., R. W. Tinus, S. E. McDonald y J. P. Barnett. 1990. Contenedores y medios de crecimiento. Vol. 2. Manual de viveros para la producción de especies forestales en contenedor. Manual Agrícola 674. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. SEMARNAP. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Texcoco, Edo. de México, México. 91 p.
- Martínez G., A. 1988. Diseños experimentales. Editorial Trillas, S.A. México, D. F. México. pp: 118-160.
- Mexal, J. G. and T. D. Landis. 1990. Target seedling concept: height and diameter. In: Robin Rose, Sally J. Campbell and Thomas D. Landis (Eds.). Target Seedling Symposium. Proceedings and Meetings of the Western Forest Nursery Associations. Rocky Mountain and Range Experiment Station. General Tech. Rep. RM-200. Fort Collins, CO. USA. pp. 1-8.
- Montoya O., J. M. y M. A. Cámara O. 1996. La planta y el vivero forestal. Ediciones Mundi-Prensa. Barcelona, España. 127 p.
- Mullan, G. D. and P. J. White. 2001. Seedling quality: making informed choices. Bushcare and the Department of Conservation and Land Management. Wheatbelt Region, Australia. 24 p.
- Peñuelas R., J. L. y L. Ocaña B. 1996. Cultivo de plantas forestales en contenedor. Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación. Mundi-Prensa. Madrid, España. 190 p.
- Pineda O., T. y E. J. Olivas G. 2000. Análisis de la calidad de brinzales de *Pinus greggii* Engelm. y *Pinus patula* Schl. et. Cham. producidos en tres tamaños de envases rígidos. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo. División de Ciencias Forestales, Chapingo, Texcoco, Edo. de México, México. 111 p.
- Prieto R., J. A. y M. Alarcón B. 1998. Producción de planta forestal. Folleto Técnico N° 10. Campo Experimental Valle del Guadiana. CIRNOC. INIFAP. Durango, Dgo. México. pp: 5-6
- Prieto R., J. A., G. Vera C. y E. Merlín B. 1999. Factores que influyen en la calidad de brinzales y criterios para su evaluación en vivero. Folleto Técnico No. 12. CIRNOC-INIFAP. Durango, Dgo. México. 23 p.
- Prieto R., J. A. 2004. Factores que influyen en la producción de planta de pino en vivero y en su establecimiento en campo. Tesis de Doctorado. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma de Nuevo León. Linares, N. L. México. 110 p.
- Quiñones M., L. A. 2001. Crecimiento y sobrevivencia de *Pinus greggii* Engelm y *Pinus engelmannii* Carr. producidos en cinco tipos de envase en sistema tecnificado. Tesis Licenciatura. Escuela de Ciencias Forestales. Universidad Juárez del Estado de Durango. Durango, Dgo. México. 55 p.
- Sánchez V., J. R. 1998. Tipos de contenedor. In: Segunda Reunión Nacional sobre Producción de Planta en Contenedor. 27 – 30 de octubre de 1998. Comisión Nacional Forestal. Guadalajara, Jal, México. p. 12.



- Segura R., O. y J. L. García R. 2000. Evaluación de algunas variables morfológicas y fisiológicas para determinar la calidad de brinzales de *Pinus pseudostrobus* Lindl. y *Pinus leiophylla* Schl. et. Cham. producidos en tres tamaños de envases rígidos. Tesis de Licenciatura. División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Texcoco, Edo. de Méx., México. 145 p.
- Thompson, B. E. 1984. Seedling morphological evaluation-what you can tell by looking. *In*: Duryea M. L. (Ed.). Proceedings: evaluation seedling quality: principles, procedures and predictive abilities of major test. Oregon State University. Forest Research Laboratory. Corvallis, OR. USA. pp: 59-71.

# RESPUESTA DE LA REGENERACIÓN NATURAL EN DOS SISTEMAS SILVÍCOLAS APLICADOS EN TLAXCO, TLAXCALA

Blanca Lilia Pérez Segura<sup>1</sup>, Vidal Guerra de la Cruz<sup>1</sup>,  
Fernando Carrillo Anzures<sup>2</sup>, Miguel Acosta Mireles<sup>2</sup>  
y Enrique Buendía Rodríguez<sup>2</sup>

## RESUMEN

Entre los tratamientos silvícolas más importantes están los que promueven la regeneración natural por lo que es fundamental conocer sus efectos. En Tlaxco, Tlaxcala han transcurrido más de 20 años de aprovechamientos regulados sin que se hayan evaluado sus impactos sobre el particular. El objetivo del presente estudio fue determinar la respuesta de la regeneración natural en los métodos Tlaxco y árboles padre. Se estimaron la densidad establecida y frecuencia de la regeneración, además del vigor de los brinzales mediante un muestreo sistemático con parcelas circulares de 10 m<sup>2</sup>. La regeneración en el tratamiento de árboles padre varió desde cero hasta 1, 636 individuos ha<sup>-1</sup> de coníferas para la clase de altura C1 (0.30 m, hasta 1.50 m); en tanto que para C2 (de 1.51 a 2.75 m) y C3 (mayores de 2.75 m) el intervalo fue de cero a 1, 720 y 2, 840 individuos ha<sup>-1</sup> respectivamente. Para el método Tlaxco los valores abarcaron de 500 y 1, 900 individuos ha<sup>-1</sup> (C1); de 166 a 833 (C2) y de cero a 166 individuos ha<sup>-1</sup> para C3. En las áreas con el tratamiento de árboles padre la frecuencia de los sitios con renuevo de coníferas tuvo registros de cero hasta 90%, con brinzales de vigor pobre a óptimo, al igual que en el método Tlaxco. Las superficies con el tratamiento de árboles padre no alcanzaron una densidad adecuada de aciculares, aunque sí estuvieron presentes; en cambio, las áreas manejadas con el método Tlaxco mostraron densidades satisfactorias para las latifoliadas.

**Palabras clave:** Árboles padre, coníferas, corta de regeneración, latifoliadas, método Tlaxco, vigor de brinzales.

Fecha de recepción: 15 de marzo de 2007

Fecha de aceptación: 13 de octubre 2007

<sup>1</sup> Campo Experimental Tlaxcala. Centro de Investigación Regional de la Región Centro. INIFAP. Correo-e: guerra.vidal@inifap.gob.mx

<sup>2</sup> Campo Experimental Valle de México. C.I.R. Centro. Texcoco, Edo. de Méx.

## ABSTRACT

Regeneration cutting is among the most important silvicultural treatments in forest management, and therefore it is important to assess their effects. In the region of Tlaxco, Tlaxcala, regeneration cuttings have been applied for more than twenty years but no studies on their effects are currently available for the forest areas with timber harvesting. The objective of this study was to evaluate natural regeneration under clear-cut and seed tree methods in the region of Tlaxco in the state of Tlaxcala. Seedling density, frequency of regenerated sites and seedling vigor were assessed through a systematic sampling design with 10 m<sup>2</sup>-circular plots; seedlings were classified in three height classes. Regeneration under seed-tree treatment varied from zero to 1, 636 conifer seedling/ha for height class C1 (from 0.30 m to 1.50 m), whereas for height classes C2 (from 1.51 to 2.75 m) and C3 (bigger than 2.75 m) varied from zero to 1, 720 and 2, 840 seedling/ha respectively. For clear-cut these values varied from 500 to 1, 900 seedlings/ha for C1, 166 to 833 seedlings/ha for C2 and 0 to 166 seedlings/ha for C3. In areas with seed-trees, frequency of regenerated sites with conifers varied from zero to 90 per cent, with seedling vigor from poor to optimum; similar results were for clear-cut method. In general, seed-tree areas have not reached adequate conifer seedlings density, although the focus have regenerated, in contrast, clear-cut areas showed adequate seedling density for broad-leaves.

**Key words:** Seed-tree, conifers, regeneration cutting, broadleaf, Tlaxco method, seedling vigor,

## INTRODUCCIÓN

Se ha registrado que 72.60% (142 574 337.5 ha) de la superficie de México aún presenta cubierta vegetal, de la cual sólo 34 141 500 ha son de bosques y selvas (SEMARNAT, 2005b); la restante corresponde a terrenos agrícolas, ganaderos, urbanos y destinada a otras actividades. En el período comprendido entre 1993 y 2000 se estimó que se perdieron 776 mil ha/año de terrenos forestales, lo que representa una tasa de deforestación de 1.14% anual (SEMARNAT, 2005a).

Por lo anterior es indispensable que los recursos forestales del país se aprovechen con sistemas silvícolas que garanticen, además de su manejo adecuado, la conservación de su potencial en beneficio de los habitantes de las zonas forestales y de la sociedad en general.

Uno de los problemas más comunes en las técnicas de manejo es que se aplican indistintamente de las condiciones del hábitat; así como de la estructura y composición de los taxa dominantes. En el estado de Tlaxcala, por medio del Método de Desarrollo Silvícola (MDS), se han realizado tratamientos de regeneración



mediante árboles padre con resultados muy variables, ya que hay sitios en donde fue exitosa y en otros en los que la población nueva no se estableció de forma satisfactoria, como sucede en la Región de Calpulalpan (Gonzalez *et al.*, 1991).

A fines de la década de los ochentas surgió en Tlaxco, Tlaxcala, un esquema de manejo distinto al MDS, conocido como Método Tlaxco (MT) propuesto por la Asociación de Silvicultores de Tlaxco A. C. (ASILVITLAX), el cual prescribe tratamientos de regeneración que consisten en matarrasas pequeñas, de no más de un cuarto de hectárea (Caballero, 1985; 1993) y cuyos resultados aún se desconocen. Éstos y otros contrastes se deben a la falta de estudios ecológicos de las especies que forman parte de los bosques del estado, particularmente en la citada región, lo que repercute en el poco control que se tiene sobre los agentes que afectan al fenómeno.

Por lo tanto, es importante realizar evaluaciones de los métodos dirigidos a promover la regeneración natural en áreas bajo manejo forestal en Tlaxcala, que permitirán conocer algunos de los factores que influyen en su establecimiento y, así definir, sobre bases técnicas, los aspectos que se deben mejorar durante la aplicación de los tratamientos silvícolas.

El objetivo del presente estudio fue determinar mediante el uso de sitios de muestreo, el establecimiento de la regeneración natural a partir de la aplicación de los métodos de árboles padre y Tlaxco en las áreas forestales de la región de Tlaxco, Tlaxcala.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de estudio

El municipio de Tlaxco se ubica en la parte norte del estado de Tlaxcala, presenta una altitud promedio de 2,540 msnm, comprende una superficie de 564.34 km<sup>2</sup> (Figura 1). Presenta clima templado subhúmedo, con una temperatura promedio máxima anual de 22.9 °C y una mínima de 5.3 °C; la precipitación media anual es de 681.4 mm, con un promedio de máxima registrada en un mes de 122.5 mm y la mínima de 7.6 mm (INEGI, 1999).

Pertenece a la región hidrológica del Río Balsas (RH-18); cuenca del río Atoyac, subcuenca del río Zahuapan, dentro del estado de Tlaxcala representada por la cuenca del río Zahuapan, que abarca una superficie de 1900 km<sup>2</sup>. Sus principales escurrimientos tienen origen en la vertiente sur del accidente orográfico conocido como Sierra Norte de Puebla (INAFED, 2006).

El relieve se compone principalmente de laderas, con predominio de las intermedias, que en su mayoría corresponden al bosque de oyamel, pino-oyamel y oyamel-encino. En general la zona boscosa se localiza en la parte media y alta de los lomeríos, su pendiente es variable y va del 5 al 55%, siendo la más frecuente la de 30% (INAFED, 2006).

La vegetación de la región de Tlaxco está compuesta por bosques de pino y oyamel; cuyas especies más representativas son *Pinus ayacahuite* Ehren., *P. montezumae* Lamb., *P. patula* Schltl. et Cham., *P. pseudostrobus* Lindl. y *P. teocote* Schltl. et Cham. En ciertas localidades forman pequeños manchones en asociación con *Abies religiosa* (HBK.) Schltl. et Cham., y en menor medida con *Pseudotsuga macrolepis* Flous, *Alnus jorullensis* Kunth, *Arbutus xalapensis* Kunth, *Quercus rugosa* Née y *Buddleia parviflora* Kunth (INEGI, 2005).

La región Tlaxco-Terrenate es la más importante en aprovechamientos forestales comerciales del estado, no sólo por superficie sino también por el volumen de madera producido (Aguirre, 2006).



Figura 1. Localización geográfica del municipio de Tlaxco, Tlaxcala.

### Selección de rodales

En principio se realizó la recopilación y ordenamiento de la información; para lo cual se revisaron los programas de manejo, las autorizaciones de aprovechamiento y los informes finales en poder de la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales - Tlaxcala (SEMARNAT-Tlaxcala) y de los Prestadores de Servicios Técnicos Forestales en Tlaxco, Tlax. Con base en dicha revisión se conformó una compilación de datos de más de 100 predios; de ellos se seleccionó un subconjunto en los que se hicieron cortas de regeneración de 1991-1998, a partir de las cuales se tomó una muestra equivalente al 10% de los sitios, que correspondieron a cuatro predios con el método de árboles padre (MDS) y dos

con el método Tlaxco (MT). Los lineamientos y criterios de aplicación en campo de cada tratamiento están establecidos y descritos en los manuales de cada uno de los dos métodos de manejo (SARH, 1982; Caballero, 1993).

Una vez identificados los lugares de trabajo se procedió a ubicar en campo las áreas de corta de regeneración de cada uno; en esta fase se requirió de la ayuda de los prestadores de Servicios Técnicos Forestales de la Región de Tlaxco.

### Toma de datos

El muestreo de la regeneración se realizó de forma sistemática en parcelas circulares de  $10 \text{ m}^2$  situadas sobre transectos equidistantes, trazados con rumbos francos, con separaciones de 40 m y de 20 m entre parcelas (Figura 2).

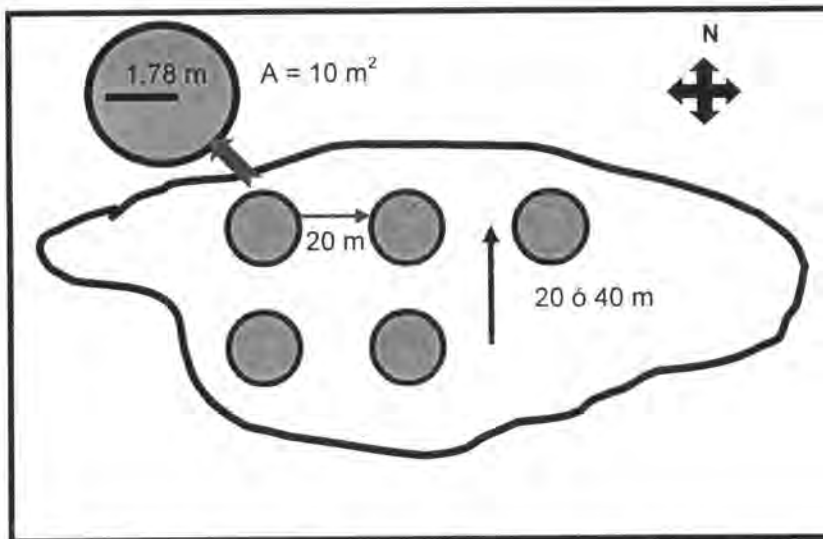


Figura 2. Distribución de las parcelas de muestreo de la regeneración en el área de corta

De cada parcela se obtuvo la siguiente información: número de renuevos o brinzales establecidos es decir aquellos con una altura de al menos 30 cm, de acuerdo con el criterio seguido por Ferguson y Carlson (1991). Así mismo se midió el diámetro normal y/o diámetro basal de los renuevos de todas las especies arbóreas, separándolas en tres clases de altura. La clase de altura 1 (C1) incluyó individuos desde 0.30 m hasta 1.50 m; la clase de altura 2 (C2) se integró con los ejemplares de 1.51 a 2.75 m y la clase de altura 3 (C3) la conformaron los individuos mayores de 2.75 m de altura, pero menores de 7.5 cm de diámetro normal, que correspondió a la regeneración avanzada.



El vigor de los brinzales de coníferas se evaluó visualmente clasificándolos en cuatro categorías:

- Vigor 1 = Muy pobre. Si el brinzal presentaba follaje escaso, y más de la mitad tenía signos de amarillamiento o desecación.
- Vigor 2 = Pobre. Si el brinzal mostraba follaje adecuado pero con amarillamiento o desecación en menos de la mitad de su copa.
- Vigor 3 = Bueno. Renuenos de copa regular y carentes de signos de amarillamiento o desecación en el follaje.
- Vigor 4 = Óptimo. Renuenos con follaje verde intenso, en toda la copa, por lo tanto su apariencia es bien desarrollada, regular y abundante.

En cada área de corta se registraron datos fisiográficos como: pendiente, altitud, coordenadas geográficas y exposición, para relacionarlas con el éxito o fracaso en el establecimiento de la regeneración. La información referente a la superficie, volúmenes, especies dominantes y codominantes en el estrato arbóreo se obtuvo de los programas de manejo respectivos, que fueron elaborados por los técnicos forestales responsables de cada predio.

Finalmente se llevó a cabo el análisis estadístico mediante el programa SPSS© 10.0 (SPSS Base 10.0, 1999). Se calcularon valores promedio de la densidad (número de individuos por hectárea) y frecuencia de sitios regenerados, ambos por grupos de especies, y el vigor del renuevo. Además se hizo la correlación de los valores de densidad con las clases de altura, para identificar de manera indirecta el cambio de densidad en función de esta variable.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En total se evaluaron 11 áreas de corta, ocho tratadas con el método de árboles padres (MDS) y tres con el método Tlaxco (MT) (Cuadro 1); de ellas a las ubicadas en los ejidos de Mariano Matamoros, el Rosario y Acopinalco del Peñón les correspondió el mayor tiempo de aplicación del tratamiento MDS (14 años); en tanto que las más recientes (de 6 y 7 años) se localizaron en el Pardo y la Rosa, ambos predios manejados bajo el MT; la diferencia responde a que el MDS fue uno de los primeros tratamientos que se utilizó en Tlaxcala. En los tipos se establece un periodo mínimo de cinco años para que la regeneración se establezca de manera satisfactoria (aproximadamente 2,500 individuos ha<sup>-1</sup>), por lo que su evaluación en las áreas seleccionadas se consideró pertinente (SARH, 1982; Daniel *et al.*, 1982; Ortega, 1990).

### Densidad de renuevos

Para el método de árboles padre la densidad de renuevos en las áreas de corta

Cuadro 1. Relación de predios y rodales incluidos en la evaluación de cortas de regeneración en la región de Tlaxco, Tlaxcala.

Método de Regeneración	Predio	Rodal	Antigüedad (años) <sup>1</sup>	Especie Dominante <sup>2</sup>	Volumen extraído (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )		
					▲	●	
					TOTAL		
<b>Árboles padres</b> (Método de Desarrollo Silvícola)	Ejido El Rosario	8	13	Abre-Pipa	74.1	60.2	134.3
	Ejido M. Matamoros	95	11	Abre-Pipa	144.2	62.7	206.9
	Fracción VIII de Tlacoña	104	14	Abre-Pipa	128.4	57.9	186.3
	Ejido Acopinatico del Peñón	17	14	Pimo-Pipa	75.1		75.1
	Fracción VIII de Tlacoña	77	10	Abre-Pimo	115.4	130.0	245.4
	Ejido Acopinatico del Peñón	1.26	13	Pipa-Abre	827.0		827.0
	Fracción VIII de Tlacoña	1.27	12	Pipa-Abre	766.7		766.7
	Ejido Acopinatico del Peñón	21	14	P. teocote	81.0	36.1	117.1
	Fracción VIII de Tlacoña	A34001-4A	7	P. rudis	224.1		224.1
	Fracción VIII de Tlacoña	2934004	7	P. rudis	263.8	61.0	324.8
Fracción VIII de Tlacoña	2934003	6	P. rudis	263.8	61.0	324.8	

1 = Número de años transcurridos desde la aplicación de la corta de regeneración.

2 = Abre = *Abies religiosa*, Pipa = *Pinus patula*, Pimo = *Pinus montezumae*, P. teocote = *Pinus teocote*, P. rudis = *Pinus rudis*

▲ = coníferas; ● = latifoliadas

estudiadas presentó diferencias muy marcadas, aunque la tendencia promedio por grupos de especies (coníferas y latifoliadas) registró los mayores valores en la clase de altura pequeña (C1), y disminuyó de manera gradual en las clases altas (Cuadro 2).

En general las áreas de corta han mantenido un establecimiento continuo de la regeneración tanto de las especies de interés (coníferas), como de latifoliadas, por lo cual es muy probable que desarrollen en el futuro masas mixtas con una estructura incoetánea.

Dado que el objetivo de estos tratamientos de regeneración es favorecer el establecimiento de las coníferas, destacan los sitios de corta de la Fracción VIII de Tlacotla (1.26 y 1.27), en donde su densidad aventajó a las latifoliadas en las tres clases de altura evaluadas, después de un lapso superior a los 10 años. Resultados similares registran Marroquín *et al.* (2007) en Monterrey, Nuevo León, con densidades máximas de 969 plántulas ha<sup>-1</sup> en la regeneración natural de *Pinus pseudostrobus* Lindl. en un ecosistema de pino-encino degradado por incendios.

En contraste, un sitio de Mariano Matamoros (17) no mostró renuevos de pináceas, mientras que individuos de hoja ancha se observaron en las tres clases de altura y fueron abundantes en la C1 (Cuadro 2). Una probable explicación es que en este predio no se produjo suficiente semilla de pino, ya que dicho grupo de plantas tienen años semilleros y durante algún periodo su producción pudo haber sido muy baja; otra opción es la presencia de plagas en conos y semillas; sin embargo, ninguno de los dos factores fueron evaluados.

Para el método Tlaxco, la respuesta de la regeneración resultó buena en al menos dos de las áreas estudiadas, con base en la densidad total de brinzales y el tiempo transcurrido después del tratamiento. Por ejemplo, se observó una cantidad de individuos jóvenes de coníferas satisfactorio para las clases de altura 1 y 2 en El Pardo y La Rosa (rodal 2934003) con una densidad de brinzales mucho mayor al de las latifoliadas. Tal situación cambia para la clase de altura 3, cuyo número de plantas por unidad de superficie de los dos grupos de especies es el mismo (Cuadro 3).

Cabrelli *et al.* (1997) en un trabajo sobre la dinámica de la regeneración natural de *Pinus elliotii* Engelm. citan densidades de regeneración de plántulas de 9 - 50 cm de altura de 162 800 plantas ha<sup>-1</sup> en condiciones de matarrasa y 91,000 plantas ha<sup>-1</sup> bajo dosel. Aldrete *et al.* (1992) en áreas con aprovechamiento mencionan densidades de regeneración de *Pinus montezumae* Lamb. de 1 740 a 33 140 plántulas ha<sup>-1</sup> para individuos de 21 - 45 cm de altura. En ambos casos los resultados son muy diferentes a los obtenidos en este estudio.

En general, es evidente la mayor densidad de renuevos para las dos primeras clases de altura en comparación con la densidad en la C3. Lo anterior puede ser



Cuadro 2. Densidad (Individuos/ha) de renuevos por clase de altura para cada grupo de especies en áreas de corta de regeneración de árboles padres en la región de Tlaxco, Tlaxcala.

Rodal	C1		C2		C3	
	Coníferas	Latifoliadas	Coníferas	Latifoliadas	Coníferas	Latifoliadas
8	459	16480	153	388	92	184
95	333	1191	191	810	60	643
104	173	1865	19	558	135	192
17	0.0	3409	0.0	136	0.0	273
77	24	1098	49	829	49	659
1.26	1636	0.0	364	0.0	273	91
1.27	1440	40.0	1720	0.0	2840	0.0
21	42	2208	125	1125	125	375
Promedio (Ind/ ha <sup>-1</sup> )	587	3756	374	641	510	345

Cuadro 3. Densidad (individuos ha<sup>-1</sup>) de renuevos por clase de altura para cada grupo de especies en áreas de corta de regeneración del método Tlaxco en la región de Tlaxco, Tlaxcala.

Rodal	C1		C2		C3	
	Coníferas	Latofoliadas	Coníferas	Latofoliadas	Coníferas	Latofoliadas
A34001-4A	1900.0	250.0	600.0	50.0	50.0	50.0
2934004	500.0	1000.0	166.7	500.0	0.0	0.0
2934003	1833.3	500.0	833.3	166.7	166.7	166.7
Promedio	1411.1	583.3	533.3	238.9	108.4	108.4

un reflejo del tiempo de aplicación del tratamiento, ya que en seis o siete años la mayoría del renuevo aun no ha alcanzado la clase de altura 3.

En el rodal 2934004 la respuesta de la regeneración fue muy limitada con respecto a los otros rodales, pues se observó que las clases de altura 1 y 2 la densidad de coníferas fue claramente menor al de las latifoliadas, y en la C3 ninguno de los dos grupos estuvo presente (Cuadro 3). Si se considera la densidad total de renuevos de coníferas ( $667 \text{ individuos ha}^{-1}$ ), su valor después de siete años es bajo. Razón por la cual es probable que se deba recurrir a la aplicación de labores complementarias al suelo o bien a la reforestación, para evitar que el rodal continúe sin renuevo, de hecho así lo prescribe el mismo MT.

### Frecuencia de la regeneración

En las áreas de corta tratadas con árboles padre se registró más del 75% de los sitios regenerados, en promedio; pero la frecuencia de éstos con coníferas resultó ser relativamente baja (37%) si se compara a los que registraron desarrollo de latifoliadas (65%) (Cuadro 4).

En congruencia con lo observado para la densidad, el método de árboles padre parece haber funcionado mejor en el rodal 1.26 de Tlacota en donde más del 90% de los sitios tuvieron renuevos de coníferas y una baja frecuencia de regeneración de latifoliadas.

Con relación al método Tlaxco también se obtuvo una alta frecuencia de sitios regenerados (más del 80%), en promedio, y ligeramente superior para las coníferas (69%) en comparación a las latifoliadas (52%). Cabe resaltar que con el método de árboles padre la regeneración parece favorecer a las latifoliadas, pese a que la diferencia es poca (Cuadro 4).

Dado que el muestreo realizado fue sistemático, la alta frecuencia de sitios regenerados con el método Tlaxco, sugiere una distribución espacial regular de las plántulas; En cambio con el método de árboles padre, la baja frecuencia de sitios regenerados con coníferas, aunado a las elevadas densidades de renuevos existentes en algunos de ellos, sugieren una distribución agregada de la regeneración, por lo tanto, debió hacerse fue un muestreo diferente en dichos rodales.

### Vigor del renuevo de coníferas

Respecto al vigor de los renuevos para los dos métodos más del 60 % mostró condiciones de buenas a óptimas, y en aproximadamente 30 % de todos los predios evaluados correspondió a la categoría de pobre; en tanto que ninguno se consignó como muy pobre (Cuadro 5).



Cuadro 4. Frecuencia relativa de la regeneración por sitios para coníferas y latifoliadas en áreas de corta de regeneración en la región de Tlaxco, Tlaxcala.

Método	Rodal	Sitios Muestra	Frec (%)	Frec C/Coníferas (%)	Frec C/Latifoliadas (%)
	104	53	69.8	20.8	66.0
	8	98	95.9	40.8	95.9
	95	84	82.1	32.1	6.7
Árboles Padres	17	22	31.8	0.0	31.8
(MDS)	77	41	78.0	9.8	75.6
	1.26	11	90.9	90.9	9.1
	1.27	25	84.0	84.0	96.0
	21	24	79.2	20.8	79.2
	98	20	75.0	75.0	25.0
Matorrasa	2934004	6	83.3	50.0	66.7
(M-T)	2934003	6	83.3	83.3	66.7

FREC. = Frecuencia de sitios regenerados, FREC. C/CONIFERAS = Frecuencia de sitios regenerados con coníferas, FREC. C/LATIFOLIADAS = Frecuencia de sitios regenerados con latifoliadas.

Cuadro 5. Porcentaje de vigor que representan los renuevos de coníferas en predios con cortas de regeneración en la región de Tlaxco, Tlaxcala.

Predio	Rodal	Año	Renuevos totales	Porcentaje de la regeneración por tipo de vigor			
				1	2	3	4
	8	1992	704.0	0.0	14.5	43.5	42.0
Ejido el Rosario	95	1994	583.0	0.0	8.2	40.8	51.0
	104	1991	326.9	0.0	35.3	41.2	23.5
Ejido Mariano Matamoros	17	1991	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	77	1995	122.0	0.0	0.0	40.0	60.0
Fracc. VIII de Tlacolla	1.26	1992	2272.7	0.0	0.0	60.0	40.0
	1.27	1993	6000.0	0.0	8.0	49.3	42.7
Ejido Acopinalco del Peñón	21	1991	291.7	0.0	28.6	57.1	14.3
El Pardo	A34001- 4A	1998	2550.0	0.0	17.6	37.3	45.1
La Rosa	2934004	1998	500.0	0.0	0.0	66.7	33.3
	2934003	1999	2833.3	0.0	0.0	70.6	29.4

Vigor 1 = Muy pobre, Vigor 2 = Pobre, Vigor 3 = Bueno, Vigor 4 = Óptimo o Máximo.

El renuevo de buena calidad se verificó tanto en los rodales donde predomina la regeneración de coníferas, como en los que dominan las latifoliadas; por ejemplo, para las tres áreas de corta del Rosario, más del 80% del renuevo de coníferas, en promedio, tuvo un vigor de bueno a óptimo y para menos del 20% fue pobre. En el rodal 77 de Mariano Matamoros cuya densidad de latifoliadas es muy alta, la mayor parte de la regeneración (60 %) se registró como óptima y 40 % con vigor bueno.

A pesar de la gran densidad de renuevo de latifoliadas en predios como los del Ejido El Rosario, el vigor de la regeneración predominante se mantuvo en el intervalo de bueno a óptimo, lo que hace suponer que en general la densidad de regeneración de latifoliadas no afecta el crecimiento del renuevo de las coníferas, o al menos hasta esta etapa, aún no hay una clara evidencia de competencia entre las especies respecto a su desarrollo.

Lo anterior no parece ocurrir en el ejido de Acopinalco del Peñón sitio en el que la elevada densidad de renuevos de las latifoliadas con respecto al de las coníferas incide en el vigor de éstas últimas, ya que casi 30% aparenta vigor pobre; algo similar sucedió en el Pardo, en donde poco más del 17% de la regeneración correspondió a dicha categoría, a pesar de que las latifoliadas registraron una densidad baja. En ambos rodales se detectaron condiciones ecológicas parecidas en cuanto a pendiente, altitud, exposición y mezcla de especies, lo que sugiere que el vigor de los brinzales no sólo se impacta por la competencia de las latifoliadas, sino también por las características del hábitat.

En el caso de los dos rodales de Tlacotla cuyas densidades de coníferas fueron en promedio las más altas de todos los rodales evaluados, se observaron valores por encima del 90% con renuevos de vigor entre bueno y óptimo y sólo 8% pertenece a la clase pobre (Cuadro 5). La respuesta favorable al establecimiento de la regeneración, en términos de densidad, frecuencia y vigor, en este predio son atribuibles a las condiciones ecológicas favorables del sitio, sumadas probablemente, a la ocurrencia de años semilleros después del tratamiento. En resumen, para Tlacotla se obtuvo la mejor respuesta al establecimiento de la regeneración para el tratamiento de árboles padre.

En el método Tlaxco, los dos rodales de La Rosa revelaron 100% de los renuevos con vigor de bueno a óptimo, a pesar de las diferencias en la densidad de latifoliadas en cada lugar. Los resultados indican que las propiedades ecológicas del predio son adecuadas para el crecimiento de los brinzales, ya que las densidades son relativamente altas.

## Análisis de correlación

Con el propósito de detectar la posible relación con las variables que inciden en



el establecimiento de la regeneración, independientemente del tratamiento aplicado, se realizó el análisis de correlación lineal para los valores de densidad de coníferas y latifoliadas por clase de altura con la exposición, pendiente y altitud.

La densidad del renuevo de coníferas y latifoliadas no tuvieron correlaciones significativas con las variables del rodal; sin embargo, es posible que exista una de tipo no lineal (Cuadro 6).

Se determinó una correlación positiva y muy significativa entre la densidad de coníferas de C3 y la C2 (Cuadro 6); tal resultado es hasta cierto punto lógico porque mientras más individuos haya en la clase de altura C2, el de C3 se incrementa. Lo mismo ocurre con las latifoliadas, sobre todo para las clases de altura 2 y 3 (Cuadro 6).

Esta tendencia se confirma con la correlación positiva y significativa observada entre la densidad de coníferas de la C2 con la C1; la relación es evidente debido a que la abundancia de renuevos pequeños (C1) no siempre garantiza que todos o la mayoría se incorporen a las clases superiores por la ocurrencia de factores que inciden en su mortalidad.

Los resultados confirman que la probabilidad de lograr un adecuado establecimiento de la regeneración en un área, aumenta en la medida que se tiene una alta densidad de individuos en las clases inferiores, tendencia también detectada en las latifoliadas.

La correlación negativa en la densidad de coníferas en C1 con respecto a las latifoliadas C2 y C3 indica cierto grado de competencia que ocurre entre dos grupos de especies. En especial denotan cierto efecto adverso las latifoliadas de tamaño grande (C2 y C3) sobre los renuevos más chicos de coníferas (C1) como respuesta a sus diferentes estrategias de crecimiento.

## CONCLUSIONES

Los valores observados para las coníferas indican que los dos métodos han tenido una respuesta limitada y muy variable en la región de Tlaxco, Tlaxcala.

En general en el método de árboles padre se aprecia una limitada respuesta al establecimiento de la regeneración de coníferas, con una baja densidad del renuevo. En cambio el método Tlaxco muestra densidades de renuevos adecuados aunque no necesariamente de coníferas.

La regeneración presentó buena calidad, ya que predominaron los rodales en donde el mayor porcentaje del renuevo tuvo vigor bueno y óptimo, sin que se viera afectado por la densidad.

No hubo correlación entre la densidad del establecimiento de la regeneración con las variables exposición, pendiente y altitud. Se obtuvo una correlación positiva

Cuadro 6. Coeficientes de correlación lineal (r-Pearson) para densidad de renuevos por grupos de especies en las diferentes clases de altura con las características del rodal.

	Coníferas			Latifoliadas		
	C1	C2	C3	C1	C2	C3
Exposición	-0.453	-0.388	-0.383	0.374	0.315	0.470
Pendiente	0.261	0.090	-0.131	0.068	0.235	0.068
Altitud	-0.444	-0.081	0.247	0.240	0.053	0.247
CC1		0.696*	0.335	-0.298	-0.738**	-0.601*
CC2			0.878**	-0.282	-0.554	-0.482
CC3				-0.185	-0.376	-0.358
LC1					0.067	0.002
LC2						0.719*
LC3						

\* Significativa (P <= 0.05), \*\* Altamente significativa (P <= 0.001), CC1 = Coníferas clase de altura 1, CC2 = Coníferas clase de altura 2, LC1=Latifoliadas clase de altura 1, LC2=Latifoliadas clase de altura 2 y LC3=Latifoliadas clase de altura 3.

para la clase de altura pequeña con las más grandes, tanto para las coníferas como para las latifoliadas.

La correlación fue negativa para el caso de las plantas de mayor tamaño de las latifoliadas con el renuevo más chico de las coníferas.

## AGRADECIMIENTOS

Este estudio fue posible gracias al financiamiento del fondo sectorial CONACYT-CONAFOR a través del proyecto CONAFOR-2002-C01-5906.

## REFERENCIAS

- Aguirre R., E. 2006. Diagnóstico general del aprovechamiento de los recursos forestales maderables en Tlaxcala, Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Tlaxcala. Tlaxcala, Tlax. México. 88 p.
- Aldrete, A., C. Aguirre B., A. Muñoz O., F. V. González C. y B. Arteaga. 1992. Estudio de algunos factores que afectan el establecimiento y desarrollo de la regeneración natural de *Pinus montezumae*. Agrociencia. Serie Recursos Naturales Renovables. 2(1): 41-53
- Caballero C., J. C. 1985. La participación de los productores en la aplicación de los servicios técnicos forestales (caso ASILVITLAX, A.C.). Jornada forestal. SARH. Mariano Arista. Tlaxcala. México. pp. 20-23.
- Caballero C., J. C. 1993. El Método Tlaxco de Renovación Silvícola (M-T). Universidad Autónoma de Tlaxcala. Tlaxcala, Tlax. México. 47 p.
- Cabrelli D.; A., S. Rebottaro y C. E. Winckler, 1997. Dinámica de poblaciones jóvenes de regeneración natural de *Pinus elliottii* Engelm. en el subtrópico húmedo de Argentina. In: Memorias del XI Congreso Mundial Forestal. 13-22 de octubre Natalia Turquía. Volumen 3 Tema 12. s/p.
- Daniel T., W., J. Helms A. y F. Backer S. 1982. Principios de silvicultura. McGraw-Hill Co. México, D. F. México. pp. 363-406.
- Ferguson D., E., and C. Carlson E. 1991. Natural regeneration of interior Douglas-fir in the Northern Rocky Mountain. In: Baumgartner, D. and J. Lotan. (Eds.). Proceedings of Symposium Interior Douglas-fir The species and its management. Spokane, WA. USA. pp. 239-246.
- González C., J., R. Barrios, G. Ruiz., J. Cibrián T. y J. Méndez M. 1991. Diseminación de semillas y establecimiento de plántulas de *Pinus rudis* y *Pinus montezumae* en Calpulalpan, Tlaxcala, Revista Chapingo. XV (75):67-71.
- Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal (INAFED). 2006. Enciclopedia de los Municipios de México. 2002. Tlaxco, Estado de Tlaxcala. [http://www.e-local.gob.mx/wb2/ELOCAL/EMM\\_tlaxcala](http://www.e-local.gob.mx/wb2/ELOCAL/EMM_tlaxcala) (11 de Diciembre de 2006).
- Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). 1999. Cuaderno Estadístico Municipal. Tlaxco, estado de Tlaxcala. México. pp. 13-19.

- Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). 2005. Anuario Estadístico de Tlaxcala. México. pp. 3–27.
- Marroquín F., R. A., J. Jiménez P., F. Garza O., O. Aguirre C., E. Estrada C. y R. Bourget D. 2007. Regeneración natural de *Pinus pseudostrabus* en zonas degradadas por incendio. *Ciencia UANL*, 10(1):33-37
- Mendoza B., M. A. 1983. Perspectivas del manejo forestal en México. *Agrociencia* Núm. 51: 177-187.
- Ortega P., N. 1990. Evaluación de áreas de regeneración de pino en la región Chignahuapan-Zacatlán, Puebla, Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Chapingo, Chapingo, Méx. 56 p.
- Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH). 1982. Manual de Aplicación del Método de Desarrollo Silvícola. Dirección General para el Desarrollo Forestal. Subsecretaría Forestal y de la Fauna. México. D.F., México. 305 p.
- Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). 2005a. Informe de la Situación del Medio Ambiente en México. Compendio de estadísticas ambientales. México. pp. 54-250.
- Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). 2005b. Indicadores Básicos del Desempeño Ambiental de México: 2005. México. pp. 170-297.
- SPSS Base 10.0. 1999. Applications Guide. SPSS Inc. USA. 426 p.



# FLUCTUACIÓN POBLACIONAL DE *Dendroctonus mexicanus* Hopk. BAJO DOS CONDICIONES DE MANEJO FORESTAL EN MICHOACÁN, MÉXICO

Ignacio Vázquez Collazo<sup>1</sup>, Guillermo Sánchez-Martínez<sup>2</sup>  
y Salvador Madrigal Huendo<sup>3</sup>

## RESUMEN

Los insectos descortezadores del género *Dendroctonus* son agentes causales de mortalidad natural en comunidades de coníferas. Participan en procesos ecológicos primarios como la sucesión vegetal, el flujo de energía y el reciclaje de nutrientes; pero, en contraste, dañan de forma tan severa a los hospederos, que ocasionan pérdidas económicas cuantiosas en árboles destinados a la producción maderable. Por su importante presencia en el estado de Michoacán, se realizó este estudio durante 22 meses (marzo 2004 a diciembre del 2005) con el objetivo de determinar la fluctuación poblacional de *Dendroctonus mexicanus* bajo dos condiciones de manejo forestal, en dos localidades: los bosques de Nuevo San Juan, donde se aplica el programa y en el Parque Nacional Barranca de Cupatitzio, que carece de él. Se seleccionaron tres rodales y en cada uno de ellos se colocaron dos trampas Lindgren, cebadas con frontalina y alfa pineno. Las feromonas se renovaron cada 45 días y los insectos se colectaron quincenalmente. Los resultados indican que la combinación frontalina + alfa pineno atrae a *D. mexicanus*. Se verificó un pico de dispersión poblacional bien definido de abril a junio y otro menos claro de octubre a diciembre. La población relativa fue mayor en el área bajo manejo.

**Palabras clave:** *Dendroctonus mexicanus*, descortezadores, feromonas, fluctuación poblacional, monitoreo de insectos, semioquímicos.

Fecha de recepción: 21 de julio de 2006

Fecha de aceptación: 11 de octubre de 2007

<sup>1</sup> Campo Experimental Uruapan, Centro de Investigación Regional Pacífico Centro, INIFAP. Correo-e: vaci4910@hotmail.com

<sup>2</sup> Campo Experimental Pabellón, Centro de Investigación Regional Norte Centro, INIFAP.

<sup>3</sup> Campo Experimental Uruapan, Centro de Investigación Regional Pacífico Centro, INIFAP.

## ABSTRACT

Bark beetles of the genus *Dendroctonus* are causal agents of natural mortality in conifer communities. These insects participate in primary ecological processes such as plant succession, energy flow and nutrient recycling; on the contrary, they cause significant economic losses in timber production. The present study was conducted with the objective to know the population fluctuation of *Dendroctonus mexicanus* under two forest management conditions in Michoacan, Mexico. It was carried out on two forested areas, one with silvicultural management (Nuevo San Juan) and the other without silvicultural management (Parque Nacional Barranca de Cupatitzio). On each study area, three stands were selected and two Lindgren funnel traps per stand, baited with frontalin and alpha-pinene, were installed. Pheromone lures were replaced every 45 days and insects collected every two weeks. The study lasted for 22 months (from March 2004 to December 2005). It was found that frontalin plus alpha-pinene attracts *D. mexicanus*. Its relative abundance was higher in the area under management. This species presented a well defined dispersion peak from April to June and another less clear peak from October to December.

**Key words:** *Dendroctonus mexicanus*, bark beetles, pheromones, population fluctuation, insects monitoring, semiochemicals.

## INTRODUCCIÓN

Los insectos descortezadores del género *Dendroctonus* Erichson (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) son agentes causales de muerte natural de miles de árboles de coníferas (Miller y Borden, 2000; Cibrián *et al.*, 1995; Sun *et al.*, 2004) y contribuyendo, por una parte, a mantener procesos ecológicos primarios tales como la sucesión vegetal, flujo de energía y reciclaje de nutrientes (Schowalter *et al.*, 1997), y por otra, ocasionan cuantiosas pérdidas económicas.

El género *Dendroctonus* se distribuye de forma natural desde Alaska, en Norteamérica, hasta Nicaragua, en América Central; en el Continente Americano se tienen registradas 17 especies y dos en Asia y norte de Europa (Wood, 1982). En México se ha corroborado la existencia de 12 especies (Wood, 1982; Salinas-Moreno *et al.*, 2004) de las cuales *D. adjunctus*, *D. mexicanus*, *D. frontalis*, *D. pseudotsugae* y *D. rhizophagus* son las de mayor importancia económica y ecológica (Islas, 1968 y 1974; Estrada, 1983).

En México, de acuerdo con las estadísticas oficiales, *Dendroctonus* spp. representa el principal problema de sanidad forestal. Con base en los diagnósticos fitosanitarios más recientes se ha estimado una superficie anual infestada de 22, 185 ha y una superficie tratada de 14, 776 ha (CONAFOR, 2005). En el estado de Michoacán, en los años 2000, 2001 y 2002, la superficie afectada por descortezadores alcanzó una cifra de 3, 271 ha, con un volumen infestado de 328, 110 m<sup>3</sup>.

El control de insectos descortezadores en México se rige bajo la Norma Oficial Mexicana NOM-019-RECNAT-1999 (SEMARNAT, 2000), que hace énfasis en métodos de control mecánico-físico y mecánico-químico tales como el derribo del arbolado, troceo y descortezado del fuste, y aplicación de fuego a la corteza; derribo y aplicación de insecticidas sobre el fuste; o bien, derribo, apilamiento, cubrimiento de trozas con material plástico y fumigación del material infestado con fosfuro de aluminio.

Aunque los métodos de control directo pueden ser efectivos para suprimir ataques de insectos descortezadores, se aplican una vez que el brote se ha hecho evidente por sí mismo. En el contexto de manejo integral de plagas forestales, las actividades preventivas pueden ser de igual o mayor relevancia que las acciones de combate; así, cualquier herramienta orientada hacia la prevención de una posible infestación servirá de apoyo para tomar la decisión correcta antes de que surja el problema o de que crezca a niveles epidémicos. Durante más de tres décadas se ha explorado el uso de semioquímicos (sustancias utilizadas por los insectos para la comunicación química) con el propósito de desarrollar nuevas técnicas de monitoreo y manipulación de estos organismos (Borden, 1989; Borden, 1997). Las feromonas (del griego *phereum* = llevar y *horman* = excitar o estimular) son sustancias de este tipo que emiten señales de alarma, de señalamiento de rutas, de atracción sexual, etc., entre organismos de la misma especie.

La frontalina, aislada por Kinzer *et al.* (1969), es una feromona de agregación que atrae a *Dendroctonus frontalis*, *D. adjunctus*, *D. brevicornis* y *D. mexicanus*, entre otras especies (Mayers y McLaughlin, 1991; Dupuis y Berland, 2002; Macías *et al.*, 2004), además de a depredadores (Cleridae y Trogositidae) y parasitoides de los escarabajos descortezadores (Zhou *et al.*, 2001; Pineda *et al.*, 1988; Miller y Borden, 2000). En combinación con el alfa-pineno, monoterpeneo principal de la resina de pino, la frontalina aumenta el efecto de agregación en *D. frontalis* (Turchin y Odendaal, 1996; Billings, 2005). Desde 1986, esta combinación se ha implementado para el monitoreo de *D. frontalis* en el sur de los Estados Unidos de América para predecir las tendencias y niveles de infestación (Billings, 1988; Billings y Upton, 2002; Billings, 2005).

Borden (1997) considera que los insectos en cuestión son buenos candidatos para el desarrollo de estrategias de manejo basadas en el uso de semioquímicos. Estas sustancias proveen de una herramienta para reducir los impactos de las infestaciones de descortezadores por medio de programas de monitoreo y empleando fórmulas complementarias como en el caso de la técnica "empuje-acarreo", en la que se usan semioquímicos atrayentes para conducir a los insectos hacia lugares de concentración y antiagregantes para desviar a los escarabajos de los hospederos que requieren ser protegidos (Billings *et al.*, 1995). En México el uso de semioquímicos aplicado a insectos descortezadores ha sido un tema poco

explorado (Pineda *et al.*, 1988; Macías *et al.*, 2004; Díaz-Núñez *et al.*, 2006), por lo que la información disponible aún es incipiente. En el presente estudio se usó la frontalina con alfa-pineno con el objetivo general de conocer si esta combinación tiene un efecto atrayente en campo sobre *D. mexicanus*. El objetivo específico fue determinar la fluctuación poblacional anual de *D. mexicanus* e identificar el periodo de máxima dispersión.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Descripción de las áreas de estudio

El primer sitio de estudio fue el Parque Nacional Barranca de Cupatitzio, ubicado en la parte suroeste de la ciudad de Uruapan, Michoacán, México, y que no ha recibido manejo silvícola durante los últimos 15 años. Se seleccionaron tres rodales con vegetación integrada por poblaciones de pino y pino-encino (*Pinus lawsonii* Roehl ex Gord., *P. douglasiana* Martínez y *Quercus rugosa* Née, *Q. hartwegii* Benth., *Q. crassifolia* Humb. et Bonpl. y *Q. conglomerata* Trel. (Prado, 1981).) que fueron: el 24, que está ubicado a los 19° 25' 50" N y 102° 06' 09" O, a una altitud promedio de 1850 m. El número 37 se localiza a los 19° 25' 35" N y 102° 05' 24" O, a una altitud de 1720 m, con las mismas especies arbóreas que el rodal 24. El tercer rodal fue el 47 presente en los 19° 25' 37" N y 102° 05' 49" O, a una altitud media de 1710 m, con las mismas especies arbóreas que los dos rodales anteriores.

Durante el periodo de monitoreo se manifestaron dos brotes menores de escarabajos descortezadores dentro de los rodales 24 y 37. En el primero hubo cinco árboles dañados: uno de 60 cm, otro de 50 cm y tres de 45 cm de diámetro a la altura del pecho. En el segundo estaba un árbol de 65 cm de diámetro con ataque de insecto descortezador.

La vegetación se caracterizó con base en el levantamiento de dos a tres sitios circulares de 500 m<sup>2</sup>, separados cada 200 m, de forma sistemática, a lo largo de cada rodal. En los sitios de muestreo se tomaron datos dasométricos convencionales (Cuadro 1). Las variables de sitio medidas fueron: pendiente, fisiografía del terreno (planicie, terraza, fondo de barranco, meseta, lomerío y arroyo), y exposición (N, S, E, W, NE, NW, SE, SW) en orientación y grados.

El segundo sitio de estudio fue la comunidad indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro, dentro del municipio de Nuevo Parangaricutiro, donde los rodales están sujetos a manejo silvícola. En los bosques de esta comunidad se seleccionaron tres rodales (10, 11 y 13) con vegetación constituida por poblaciones de pino y pino-encino. El primero está ubicado a los 19° 26' 31" N y 102° 09' 48" O, a una altitud promedio de 2100 m; aquí la comunidad arbórea está formada, principalmente, por *Pinus leiophylla* Schiede & Deppe, *P. montezumae* Lamb. y *P. pseudostrobus* Lindl. El número 11 se localiza a los 19° 26' 30" N y 102° 05' 24" O, a una altitud de 2120 m; las especies arbóreas son *P. leiophylla* y *P.*



Cuadro 1. Datos dasométricos de los rodales seleccionados en el Parque Nacional Barranca de Cupatitzio, Uruapan, Michoacán.

Rodal	Superficie	Arboles/ha	Edad	Altura	T.P.(años)	AB(m <sup>2</sup> )	ERT/ha(m <sup>3</sup> )	ICA/ha(m <sup>3</sup> )
24	6.84	192	55	32	13	24.74	262.73	5.314
37	3.96	135	65	30	14	14.01	142.05	2.955
47	7.92	150	50	23	12	15.91	184.66	4.500

T.P.= tiempo de paso; AB= área basal; ERT= existencias reales totales y ICA= incremento corriente anual.

*montezumae*. El 13 está en los 19° 26' 37" N y 102° 09' 18" O, a una altitud media de 2050 m; las especies de pino son las mismas que en el rodal 10. Se ha documentado la presencia de *Abies religiosa* (HBK.) Schlttdl. & Cham. var *religiosa*, *A. religiosa* var. *emarginata* Loock & Martínez (Medina *et al.*, 2000) y de 17 especies de encino en el lugar (Bello y Labat, 1987), de las cuales el Instituto Nacional de Ecología destaca las siguientes: *Quercus candicans* Née, *Q. castanea* Née, *Q. crassipes* Humb. & Bonpl. *Q. laurina* Humb. et Bonpl., *Q. obtusata* Humb. et Bonpl. y *Q. rugosa* (INE, 2005).

Durante el periodo de monitoreo apareció un brote de descortezador dentro del rodal 13. Cerca de la primera trampa hubo siete árboles dañados y de la segunda 12, todos ellos menores a 30 cm de diámetro. La vegetación se caracterizó de la misma forma que en el primer sitio de estudio (Cuadro 2).

### Establecimiento de las trampas

En cada rodal seleccionado se instalaron dos trampas Lindgren® de 12 embudos, cebadas con frontalina + alfa-pineno (Lindgren, 1983), una altura de 1.65 m alineadas dentro del rodal con una separación de 150 m entre ellas. Las bolsitas contenedoras de estos semioquímicos se colocaron sobre el sexto embudo y fueron reemplazadas cada 45 días. Se colgaron de ramas de encinos, que no son hospederos de *D. mexicanus*, a una distancia mínima de 10 m del pino más cercano, para evitar una probable infestación. La dosis de liberación de la frontalina fue 2-3 mg/día; el alfa-pineno tuvo una tasa de liberación <100 mg/día. Las sustancias se adquirieron en la empresa ChemTica, que especificó las dosis de liberación a una temperatura ambiente promedio de 23°C. En el interior del contenedor se colocó una barrita plástica con un insecticida de baja toxicidad (Vapona), para que al momento de que cayeran los insectos, murieran.

### Colecta e identificación de insectos

Las trampas fueron revisadas quincenalmente. Los insectos capturados y muertos, se colocaron en bolsas Ziplock®, se trasladaron al laboratorio, se contaron con ayuda de un microscopio estereoscópico Zeiss Stemi 2000-C y se almacenaron en frascos con alcohol al 70%.

Las colectas se iniciaron el primero de marzo del 2004 y terminaron el 19 de diciembre del 2005. A partir del 25 de octubre de 2004 se dejó de usar alfa-pineno en contenedor individual debido a que en la nueva adquisición de feromonas, el contenedor de frontalina incluía en su interior una pequeña burbuja con alfa-pineno, la cual se apreciaba a través de la bolsita color ámbar.

A los ejemplares de descortezadores se les separó y contabilizó, y fueron identificados en laboratorio mediante las claves taxonómicas de Wood (1982) y la descripción de Cibrián *et al.* (1995). Los especímenes fueron depositados en la

Cuadro 2. Datos dasométricos de los rodales seleccionados en la comunidad indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro, Michoacán.

Rodal	Superficie	Arboles/ha	Edad	Altura	T.P.(años)	AB(m <sup>2</sup> )	ERT/ha(m <sup>3</sup> )	ICA/ha (m <sup>3</sup> )
10	9.84	53	55	21	10	10.20	115.772	2.297
11	5.68	78	48	21	10	11.97	134.096	3.003
13	3.07	58	53	19	9	11.97	123.737	2.789

T.P.= tiempo de paso, AB= área basal, ERT= existencias reales totales y ICA= incremento corriente anual.

colección entomológica del Campo Experimental Pabellón del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias.

### Análisis de datos

Para determinar la fluctuación poblacional de *D. mexicanus* en las dos condiciones de bosque estudiadas (con manejo y sin manejo silvícola), la variable de respuesta fue el número promedio de escarabajos descortezadores capturados por trampa durante un periodo de 22 meses. Se compararon las poblaciones de las dos localidades mediante una prueba de *t* para establecer si estadísticamente son iguales, bajo el supuesto de que las varianzas de donde provienen las muestras son idénticas ( $H_0 = S_1 = S_2$ ). Para ello, las muestras deben estar formadas por las mismas observaciones (Caballero, 1973).

Se contaron los escarabajos capturados por trampa en cada rodal por fecha de monitoreo; posteriormente, se elaboraron gráficas de fluctuación. Estos datos permitieron precisar en qué momento los descortezadores vuelan con mayor magnitud y frecuencia.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Al comparar las muestras de las dos poblaciones de *D. mexicanus* (Cuadro 3), el valor de *t* calculada fue de 4.19, mientras que el valor de *t* tabulada, con 40 grados de libertad (43 observaciones, de marzo del 2004 a diciembre del 2005) y un nivel de significancia de  $p = 0.01$ , es de 2.704, por lo que se rechaza la hipótesis nula y se concluye que las dos poblaciones son estadísticamente diferentes.

Estos datos indican que la población de *D. mexicanus* es mayor en el área bajo aprovechamiento persistente (Nuevo San Juan) que en el área donde no existe manejo silvícola (Parque Nacional Barranca de Cupatitzio) (Cuadro 4).

Resultados similares parecen ocurrir para *D. frontalis* y *D. brevicornis* en bosques de *Pinus ponderosa* Dougl. ex Lawson en el norte de Arizona (Sánchez-Martínez y Wagner, 2002). Se puede argumentar que la mayor cantidad de insectos descortezadores en el área de San Juan se debe a que en esta comunidad se están dejando árboles residuales de la especie *P. leiophylla*, que es la preferida de este coleóptero (Salinas-Moreno *et al.*, 2004), a que la mayoría de los árboles están resinados y a los daños causados por el propio manejo, como heridas a los árboles al momento del derribo y el arrastre.



Cuadro 3. Número de insectos descortezadores colectados por sitio y fecha.

Observación.	Fecha	Barranca	San Juan	Observación	Fecha	Barranca	San Juan
1	1-03-04	19	361	22	20-12-04	4	92
2	15-03-04	42	529	23	03-01-05	4	108
3	29-03-04	67	473	24	17-01-05	6	157
4	12-04-04	7	213	25	31-01-05	8	106
5	26-04-04	30	660	26	14-02-05	14	201
6	10-05-04	1	1137	27	28-02-05	22	446
7	24-05-04	5	2532	28	14-03-05	16	14
8	07-06-04	3	660	29	28-03-05	23	11
9	21-06-04	0	340	30	11-04-05	90	44
10	05-07-04	1	204	31	25-04-05	405	1070
11	19-07-04	2	145	32	09-05-05	492	604
12	02-08-04	1	80	33	23-05-05	697	550
13	16-08-04	0	14	34	06-06-05	1337	813

Continúa cuadro 3

14	30-08-04	4	23	35	20-06-05	600	355
15	13-09-04	0	17	36	04-07-05	25	24
16	27-09-04	0	41	37	18-07-05	11	92
17	11-10-04	0	68	38	01-08-05	17	74
18	26-10-04	0	54	39	15-08-05	8	61
19	08-11-04	12	63	40	29-08-05	145	80
20	22-11-04	15	57	41	12-09-05	21	44
21	06-12-04	5	101	42	26-09-05	5	85
				43	10-10-05	30	165

Cuadro 4. Total de insectos atrapados en los rodales en el Parque Nacional Barranca de Cupatitzio y Nuevo San Juan, durante un periodo de 22 meses.

Mes	Barranca del Cupatitzio		Nuevo San Juan	
	2004	2005	2004	2005
Enero		18		265
Febrero		36		300
Marzo	128	39	1363	471
Abril	37	495	873	1114
Mayo	6	1189	3669	1154
Junio	3	1937	1000	1168
Julio	3	36	349	116
Agosto	5	170	117	215
Septiembre	0	26	58	129
Octubre	0	107	122	451
Noviembre	27	392	120	1554
Diciembre	9	313	193	791
Media		103.67		324.83
Error		34.60		63.13

### Fluctuación poblacional de *Dendroctonus mexicanus*

a) Parque Nacional Barranca de Cupatitzio (área sin manejo).- El comportamiento de las curvas muestra dos picos de vuelo, uno entre los meses de abril, mayo y junio (2005), donde el número total de insectos capturados fue de 495, 1189 y 1937 respectivamente (Figuras 1, 2 y 3). A partir del último mes, la población capturada sufrió una fuerte caída, pues en julio sólo se atraparon 36 ejemplares de *D. mexicanus*. El otro pico inició de octubre a diciembre, aunque con menor cantidad de individuos en vuelo. Los resultados obtenidos en esta investigación confirman que la frontalina tiene un efecto de agregación para la especie en cuestión, lo que coincide con lo obtenido por diferentes autores que trabajaron con esta feromona en diferentes regiones del país (Sánchez-Martínez *et al.*, 2005; Sánchez Salas *et al.*, 2005; Díaz *et al.*, 2005; Torres *et al.*, 2005; Rodríguez *et al.*, 2005). Estos datos, además, enfatizan el hecho de que las diversas especies del género *Dendroctonus* desarrollan un pico de vuelo que varía con el hospedante, la especie y la localidad (Sánchez-Martínez *et al.*, 2005; Torres *et al.*, 2005; Rodríguez *et al.*, 2005).

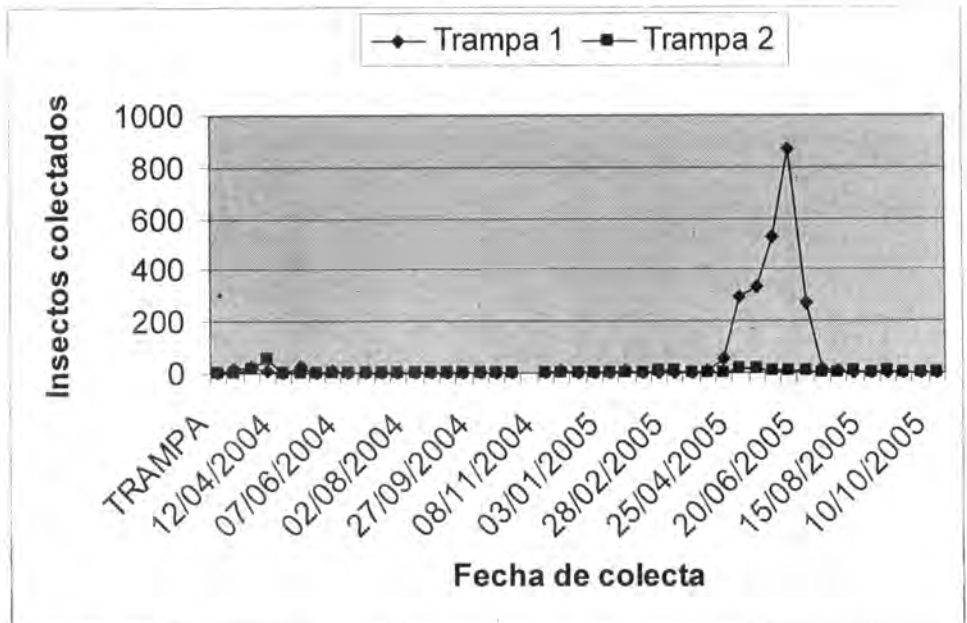


Figura 1. Fluctuación de adultos por trampa en el rodal 24 en el Parque Nacional Barranca de Cupatitzio



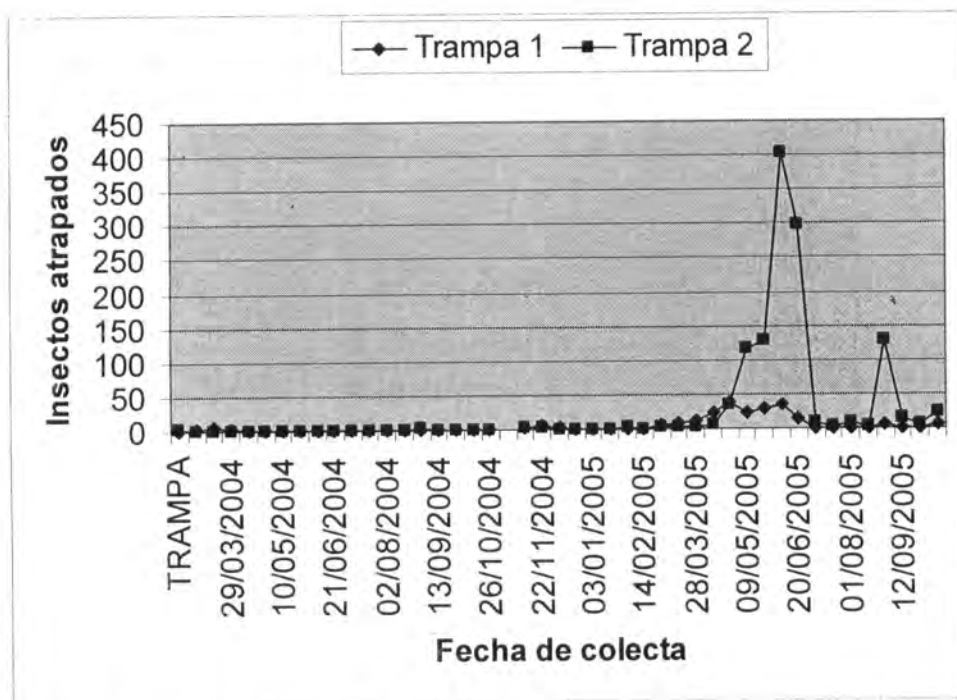


Figura 2. Insectos capturados por trampa en el rodal 37 en el Parque Nacional Barranca de Cupatitzio

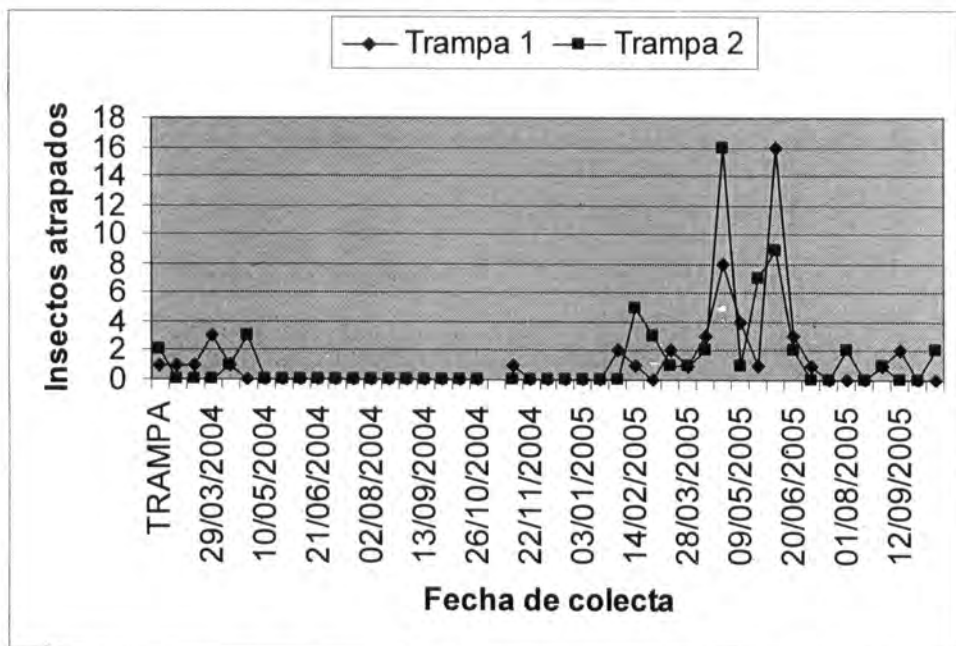


Figura 3. Fluctuación de adultos por trampa en el rodal 47 en el Parque Nacional Barranca de Cupatitzio.

Se observó que en el rodal 47 se capturó el menor número de insectos; lo cual probablemente se deba a que se le encuentra en un área de roca basáltica o malpais, donde la temperatura es más elevada y la densidad forestal es menor.

En esta localidad sólo se presentó un pico de dispersión durante 2005 y no en 2004 (Cuadro 3), cuando se registraron dos brotes de descortezador en dos rodales (24 y 37). Los datos dasométricos muestran que el rodal 37 es más viejo (65 años) y menos denso (135 árboles por ha) que el 24, razón por la que fue menos afectado por este insecto (sólo un árbol).

b) Comunidad Indígena de Nuevo San Juan (área con manejo).- Las gráficas de población obtenidas por rodal y por trampa en la comunidad indígena de Nuevo San Juan indican dos picos de dispersión de vuelo, uno entre los meses de marzo a junio (2004 y 2005), donde el número total de insectos capturados en 2004 fue de 1 363, 873, 3669 y 1000, respectivamente; en 2005, fueron de 471, 1 114, 1 154 y 1 168 (Figuras 4, 5 y 6).

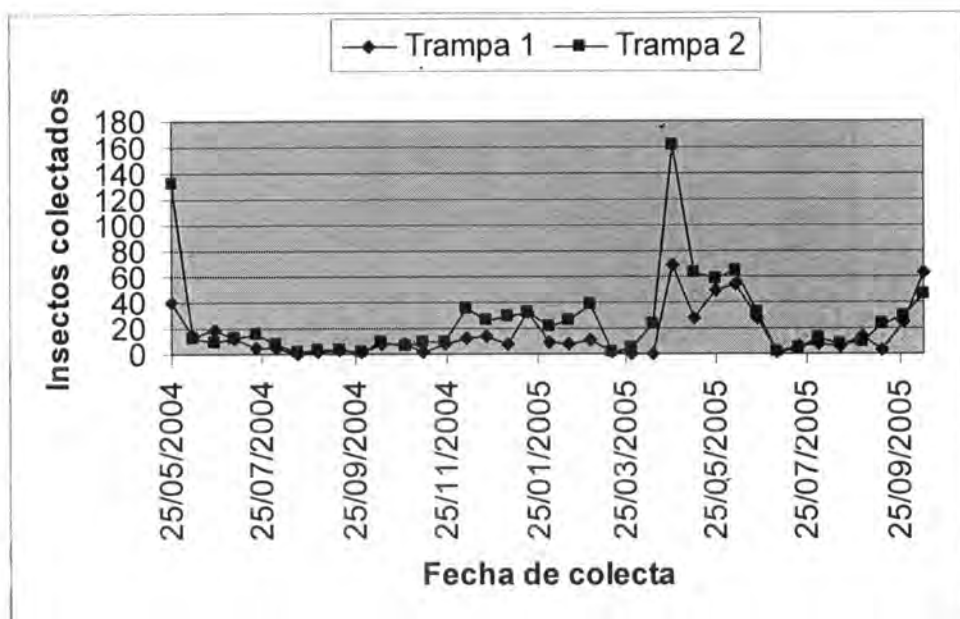


Figura 4. Fluctuación de adultos por trampa en el rodal 10 en la Comunidad Indígena de Nuevo San Juan

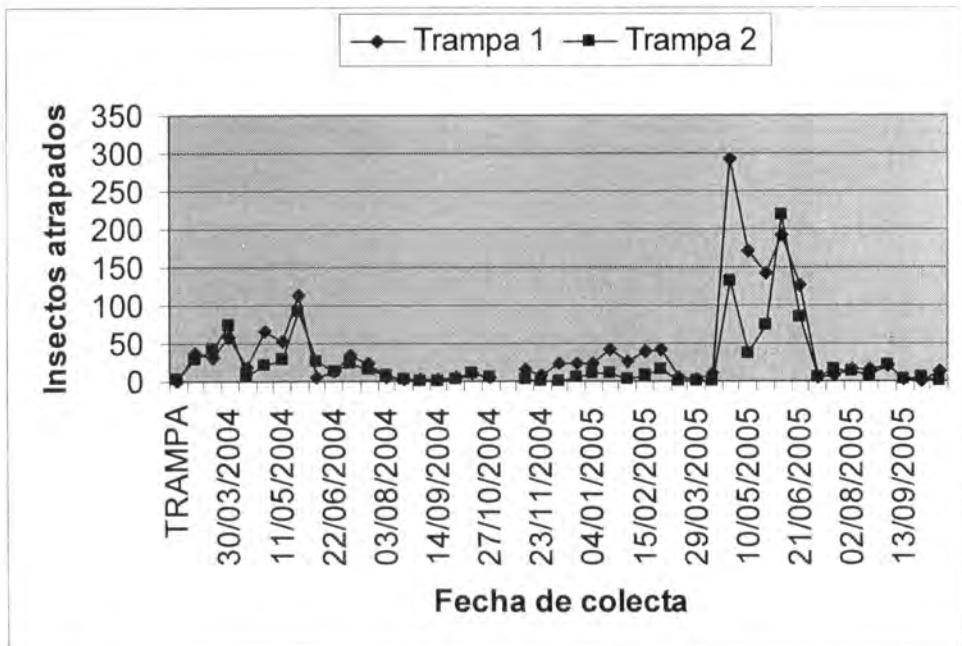


Figura 5. Fluctuación de adultos por trampa en el rodal 11 en la Comunidad Indígena de Nuevo San Juan

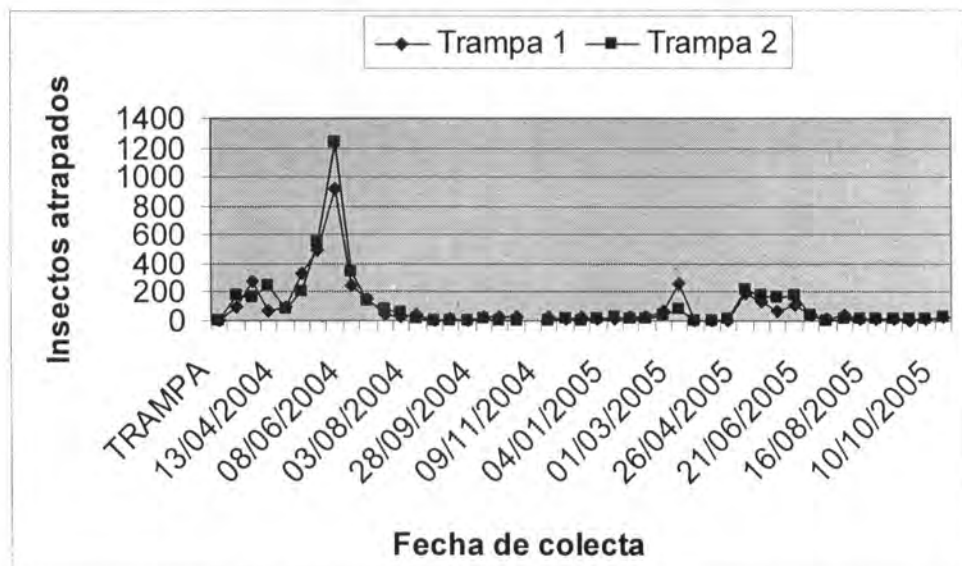


Figura 6. Fluctuación de adultos por trampa en el rodal 13 en la Comunidad Indígena de Nuevo San Juan



A partir de este último mes, la población capturada sufrió una fuerte caída, pues en julio de 2004 sólo se atraparon 349 y 116 en 2005. El otro pico inició de octubre a diciembre del 2005, aunque con menor cantidad de individuos en vuelo (541, 1554 y 791). Los resultados confirman que la frontalina tiene un buen efecto de agregación (las hembras de insectos descortezadores al iniciar el consumo del árbol, producen sustancias que atraen a otros individuos de la misma especie y propician un ataque masivo) para *D. mexicanus* y concuerda con lo obtenido por diferentes autores del país (Sánchez-Martínez *et al.*, 2005; Sánchez Salas *et al.*, 2005; Díaz *et al.*, 2005; Torres *et al.*, 2005; Rodríguez *et al.*, 2005). Como en el sitio anterior, estos datos destacan que las diferentes especies de género *Dendroctonus* tienen un pico de vuelo, que varía con el hospedante, la especie y la localidad (Sánchez-Martínez *et al.*, 2005; Torres *et al.*, 2005; Rodríguez *et al.*, 2005).

En esta localidad se verificaron dos picos de dispersión durante el periodo de 22 meses (Cuadro 4) y fue entonces cuando surgieron dos brotes de descortezador en el rodal 13, uno próximo a cada trampa. Cerca de la trampa 1 se infestaron 7 árboles y cerca de la segunda, 212, todo ello en el pico de marzo-junio del 2004. Los datos dasométricos revelan que el rodal 13 es de edad intermedia (53 años) y con baja densidad forestal (53 ejemplares/ ha), entre los que destaca *Pinus pseudostrobus* Lindl.

## CONCLUSIONES

Con base en todo lo anterior, se puede concluir que se presentan dos picos de dispersión de *Dendroctonus mexicanus* en el año; el primero y más importante, de marzo a junio y el segundo entre noviembre y diciembre. Además, que existe mayor cantidad de insectos colectados en el área con manejo silvícola (Nuevo San Juan), y que las poblaciones del Parque Nacional Barranca de Cupatitzio (área sin manejo) y la de la Comunidad Indígena de Nuevo San Juan (área con manejo) son estadísticamente diferentes.

Finalmente, se sugiere que en futuros trabajos de manejo para este insecto plaga se coloquen las trampas con frontalina sólo durante los meses en los que la población de adultos en vuelo es alta, lo que ocurre en el periodo comprendido entre los meses de abril a junio.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a las instituciones que conforman el fondo sectorial que otorgó el financiamiento para este estudio, el cual forma parte del proyecto CONAFOR-CONACYT-2002-C01-6118. Al Patronato del Parque Nacional Barranca de Cupatitzio A. C. y a las autoridades de la Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro por haber permitido realizar este trabajo en sus terrenos.

## REFERENCIAS

- Bello G., M. A. y N. Labat. 1987. Los encinos (*Quercus*) del estado de Michoacán, México. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos/Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centre d'Etudes Mexicaines et Centroaméricaines. Col. Etudes Mesoamericaines II. México, D.F. 47 p.
- Billings, R. F. 1988. Forecasting southern pine beetle infestations trends with pheromone traps. In: Payne, T. L. and H. Sarenmaa. (Eds.). Integrated control of scolytid bark beetles. Virginia Polytechnic Institute and State University. Blacksburg, VA. pp. 295-306.
- Billings, R. F. and W. W. Upton. 2002. How to predict southern pine beetle infestation trends with pheromone traps. [http://texasforests.tamu.edu/pdf/forest/pest/tutorial\\_for\\_predicting\\_spb.pdf](http://texasforests.tamu.edu/pdf/forest/pest/tutorial_for_predicting_spb.pdf). (24 de abril de 2006).
- Billings, R. F. 2005. Southern pine beetle south wide trends 2005. <http://txforests.tamu.edu/shared/article.asp?DocumentID=854&mc=forest>. (24 de abril de 2006).
- Billings, R. F., C. W. Berisford, S. M. Salom and T. L. Payne. 1995. Applications of semiochemicals in the management of southern pine beetle infestations: current status of research. In: Salom, S. M. and K. R. Hobson (Eds.) Application of semiochemicals for management of bark beetle infestations-proceedings of an informal conference. USDA-Forest Service. General Technical Report INT-GTR-3 18. pp. 30-38.
- Borden, J. H. 1989. Semiochemicals and bark beetle populations: exploitation of natural phenomena by pest management strategists. *Holarctic Ecology*. 12: 501-510.
- Borden, J. H. 1997. Disruption of semiochemical-mediated aggregation in bark beetles. In: R. T. Cardé and A. K. Minks (Eds.). *Insect pheromone research, new directions*. Chapman and Hall, New York, NY, U.S.A. pp- 421-438.
- Caballero D., M. 1973. Estadística práctica para dasónomos. SAG. SFF. INIF. México. 195 p.
- Cibrián T., D., J. T. Méndez M., R. Campos B., H. O. Yates III y J. Flores L. 1995. Insectos forestales de México/Forests insects of Mexico. Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, Edo. de Méx., México. 453 p.
- Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). 2005. Manual de Sanidad Forestal . Logros de sanidad. [http://www.cnf.gob.mx:2222/esanidadx/esanidad/mambo/index.php?option=com\\_content&task=view&id=28&Itemid=2](http://www.cnf.gob.mx:2222/esanidadx/esanidad/mambo/index.php?option=com_content&task=view&id=28&Itemid=2)
- Díaz N., V., N. E. Gillette y G. Sánchez M. 2005. Uso de semioquímicos atrayentes y antiagregantes para el manejo de *Dendroctonus mexicanus* Hopkins en la Sierra Fria, Aguascalientes. In: XIII Simposio Nacional de Parasitología Forestal. SEMARNAT. CONAFOR. Soc. Mex. de Entomología. INIFAP. Morelia, Michoacán. México. s/p.

- Díaz-Núñez, V., G. Sánchez-Martínez y N. E. Gillete. 2006. Respuesta de *Dendroctonus mexicanus* (Hopkins) a dos isómeros ópticos de verbenona. *Agrociencia* 40: 349-354.
- Dupuis, G. and N. Berland. 2000. Frontalin: origin and synthesis. <http://www.faidherbe.org/site/cours/dupuis/fronta4.htm#1> (24 de abril de 2006).
- Estrada M., O. 1983. Biología del descortezador del renuevo de pino *Dendroctonus rhizophagus*. T. y B. (Coleoptera: Scolytidae) en la Región de Mesa del Huracán, Chihuahua. Tesis Profesional. División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo, Texcoco, Edo. de Méx., México. 75 p.
- Instituto Nacional de Ecología. (INE). 2005. Nuevo San Juan Parangaricutiro. [www.ine.gob.mx/ueaje/publicaciones/libros/2967caps.html](http://www.ine.gob.mx/ueaje/publicaciones/libros/2967caps.html).
- Islas S., F. 1968. Observaciones biológicas sobre un descortezador de pinos: *Dendroctonus adjunctus* Bldf.- Col. Scolytidae. *Bol. Téc. No. 25. INIF. SAG.* 21 p.
- Islas S., F. 1974. Observaciones sobre la biología y combate de los escarabajos descortezadores de los pinos *Dendroctonus adjunctus* Bldf. y *D. mexicanus* Hopk. en algunas regiones del Estado de México. *Bol. Téc. No. 40. INIF. SARH.* 35 p.
- Kinzer, G. W., A. F. Jr. Fentiman, T. E. Page, R. L. Foltz, J. P. Vité and G. B. Pitman. 1969. Bark beetle attractants: identification synthesis and field bioassay of a new compound isolated from *Dendroctonus*. *Nature* 22: 477-478
- Lindgren, B. S. 1983. A multiple funnel trap for scolytid beetles (Coleoptera). *Canadian Entomologist* 115: 299-302.
- Macías S., J. E., A. Niño D., J. A. Cruz L. y R. Altúzar M. 2004. Monitoreo de descortezadores y sus depredadores mediante el uso de semioquímicos. Manual operativo. ECOSUR, Tapachula, Chis. México. 26 p.
- Mayers, M. S. and J. R. McLaughlin . 1991. Handbook of insect pheromones and sex attractants. CRC Press. Boca Raton, FL. U.S.A. 1083 p.
- Medina G., C., F. Guevara F., M. A. Martínez R., P. Silva Sáenz, M. A. Chávez C. e I. García R. 2000. Estudio florístico en el área de la comunidad indígena de nuevo San Juan Parangaricutiro, Michoacán, México. *Acta Botánica Mexicana*. No. 52: 5-41.
- Miller, D. R. and J. H. Borden. 2000. Dose-dependent and species-specific responses of pine bark beetle (Coleoptera: Scolytidae) to monoterpenes in association with pheromones. *Canadian Entomologist* 132: 183-195.
- Pineda T., M. C., R. Campos B., y M. C. Miller. 1988. Muestreo de enemigos naturales de *Dendroctonus frontalis* Zimm. (Col: Scolytidae) utilizando trampas de feromonas en rodales de *Pinus oocarpa* en Uruapan, Michoacán. *In: Memoria del IV Simposio Nacional sobre Parasitología Forestal. SARH. Vol. I. pp. 168-188.*
- Prado O., A. 1981. Campo Experimental Forestal Barranca de Cupatitzio, Michoacán. *Ciencia Forestal. Vol. 1 (3): 39-49.*

- Rodríguez, O. A., A. Equihua M., E. G. Estrada V., J. Cibrián T. y J. T. Méndez M. 2005. Respuesta de descortezadores y sus depredadores a la frontalina, en Los Pescados, Veracruz. *In: XIII Simposio Nacional de Parasitología Forestal*. SEMARNAT. CONAFOR. Soc. Mex. de Entomología. INIFAP. Morelia, Michoacán. México. s/p.
- Salinas-Moreno, Y., M. G. Mendoza, M. A. Barrios, R. Cisneros, J. Macías-Sámamo and G. Zúñiga. 2004. Areography of the genus *Dendroctonus* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytidae) in Mexico. *Journal of Biogeography* 31: 1163-1177.
- Sánchez-Martínez, G. and M. R. Wagner. 2002. Bark beetle community structure under four Ponderosa pine forest stand conditions in northern Arizona. *Forest Ecology and Management* 170: 145-160.
- Sánchez-Martínez G., V. Díaz, N y E. González, G. 2005. Monitoreo de insectos descortezadores del género *Dendroctonus* mediante el uso de feromonas en el área natural protegida "Sierra Fria" Aguascalientes, México. *In: XIII Simposio Nacional de Parasitología Forestal*. SEMARNAT. CONAFOR. Soc. Mex. de Entomología. INIFAP. Morelia, Michoacán. México. s/p.
- Sánchez-Salas. J. A., L. M. Torres, E. y G. Sánchez M. 2005. Evaluación de feromonas para la atracción de *Dendroctonus mexicanus* Hopkins en la Sierra de Galeana, Nuevo León. *In: XIII Simposio Nacional de Parasitología Forestal*. SEMARNAT. CONAFOR. Soc. Mex. de Entomología. INIFAP. Morelia, Michoacán. México. s/p.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). 2000. Norma Oficial Mexicana NOM-019-SEMARNAT- 1999 que establece los lineamientos técnicos para el combate y control de los insectos descortezadores de las coníferas. *Diario Oficial de la Federación*. 25 de octubre de 2000. México. pp. 13-25.
- Schowalter, T., E. Hansen, R. Molina and Y. Zhang. 1997. Integrating the ecological roles of phytophagous insects, plant pathogens and mycorrhizae in managed forests. *In: K. A. Kohm and J. F. Franklin (Eds.). 1997. Creating a forestry for the 21st century*. Island Press. Washington, D.C. U.S.A. pp. 171-190.
- Sun, J., Z. Miao, Z. Zhang, Z. Zhang and N. E. Gillette. 2004. Red turpentine beetle, *Dendroctonus valens* LeConte (Coleoptera: Scolytidae), response to host semiochemicals in China. *Environmental Entomology* 33: 206-212.
- Torres E., L. M., J. A. Sánchez S. y G. Sánchez M. 2005. Monitoreo de *Dendroctonus pseudotsugae* Hopkins y *D. adjunctus* Blandford en bosques de coníferas en la sierra de Arteaga, Coahuila. *In: XIII Simposio Nacional de Parasitología Forestal*. SEMARNAT. CONAFOR. Soc. Mex. de Entomología. INIFAP. Morelia, Michoacán. México. s/p.
- Turchin, P. and F. J. Odendaal. 1996. Measuring the effective sampling area of a pheromone trap for monitoring population density of southern pine beetle (Coleoptera: Scolytidae). *Environmental Entomology* 25: 582-588.

- Wood, S. L. 1982. The bark and ambrosia beetles of North and Central America (Coleoptera: Scolytidae), a taxonomic monograph. Great Basin Memoirs 6: 1-1359.
- Zhou, J., D. W. Ross and C. G. Niwa. 2001. Kairomonal response of *Thanasimus undalutus*, *Enocleurus sphaeus* (Coleoptera: Cleridae), and *Temnochila chlorodia* (Coleoptera: Trogostidae) to bark beetle semiochemicals in Eastern Oregon. Environmental Entomology 30: 993-998.



# EVALUACIÓN DE LA REGENERACIÓN EN BOSQUE DE PINO MEDIANTE EL METODO "PARCELA CERO"

David Arturo Moreno González<sup>1</sup>, José Germán Flores Garnica<sup>1</sup>  
y Juan de Dios Benavides Solorio<sup>1</sup>

## RESUMEN

En gran medida la composición, calidad y continuidad del bosque dependen del establecimiento adecuado del renuevo incorporado por regeneración natural. El estudio que se describe evalúa esta etapa joven del desarrollo en varios pinos presentes en 315 sitios repartidos sobre 74 áreas de corta de la sierra de Tapalpa, estado de Jalisco, mismas que fueron intervenidas de 1991 a 1996 mediante el tratamiento de árboles padres. El trabajo se realizó de 1999 a 2001, aplicando el método de "parcela cero". Inicialmente, se clasifica la densidad forestal en cinco categorías: sobreexcesiva, excesiva, recomendable, suficiente e insuficiente, con base en el espaciamiento entre individuos ( $< 1$ ,  $1 - 2$ ,  $2 - 3$ ,  $3 - 4$ ,  $> 4$  m) con sus respectivos valores expresados en árboles/m<sup>2</sup> ( $> 1.0$ ,  $0.2501$  a  $1.0$ ,  $0.1111$  a  $0.2500$ ,  $0.0625$  a  $0.1110$ ,  $< 0.0625$ ). En cada unidad de muestreo se contó el renuevo sano y vigoroso (54% fue aceptable y 46%, deficiente). Conocida la densidad, se determinó la distribución espacial con el diagrama "parcela cero" y el índice de Cox, cuya derivación fue clasificada en cuatro clases ( $> 1.18$ ,  $0.88$  a  $1.17$ ,  $0.15$  a  $0.87$ ,  $< 0.15$ ); esta variable se manifestó con las siguientes modalidades: aglomerada (68%), regular (8%) dispersa (11%) y rechazada (13%). Los resultados indican que el repoblado de pino tiende a la aglomeración en algunos sitios o a la dispersión en otros, pero es necesario para el análisis el uso del indicador apropiado, tanto para el diseño natural como el artificial, referido en este caso, a la plantación a marco real.

**Palabras clave:** Bosque templado, densidad, distribución espacial, monitoreo de recursos forestales, renuevo de pino, Tapalpa.

Fecha de recepción: 27 de abril de 2006

Fecha de aceptación: 31 de octubre de 2007

<sup>1</sup> Campo Experimental Centro – Altos de Jalisco, Centro de Investigación Regional Pacífico Centro, INIFAP. Correo-e: [moreno.davidarturo@inifap.gob.mx](mailto:moreno.davidarturo@inifap.gob.mx)

## ABSTRACT

Forest composition, quality, and continuity depend on its regeneration. Early stages of pine were assessed on 315 sample plots, within 74 forest stands yielded from 1991 to 1996 under the parental trees treatment. This study was carried out from 1999 to 2001 in Tapalpa, state of Jalisco, based upon the distance method known as "zero plot". This method requires classifying density into the following classes: overstocked, excessive, suggested, sufficient, and understocked, considering also the distance among trees (< 1, 1 to 2, 2 to 3, 3 to 4, > 4 m) corresponds to the classed density expressed as number of trees per  $m^2$  (> 1.0, 0.2501 to 1.0, 0.1111 to 0.2500, 0.0625 to 0.1110, < 0.0625). In each sample plot the number of trees is counted and classified by their health and vigor, 54 per cent showed good density and 46 per cent, understocked density. The spatial distribution was evaluated with use of a "zero plot" diagram and classed Cox index (> 1.18, 0.88 to 1.17, 0.15 to 0.87, < 0.15), in this way its dispersion was clustered (68 per cent), regular (8 per cent), sparse (11 per cent) and rejected (13 per cent). Forest regeneration tends to be abundant in some sample plots and rare in others, but is necessary to use a respective index to each natural and artificial (square in this case) distribution form.

**Key words:** Temperate forest, density, spatial distribution, forest resources monitoring, pine regeneration, Tapalpa.

## INTRODUCCION

La regeneración natural es importante para asegurar la continuidad y sustentabilidad de los bosques. En las áreas que han sido objeto de cortas de aprovechamiento, el repoblado puede ser deficiente o excesivo. La primera condición se atribuye a la baja producción de semilla, a su diseminación irregular y/o a su consumo por depredadores, a fallas en la germinación y a la mortalidad de plántulas. La sobrepoblación provoca competencia entre los arbolitos con las hierbas, arbustos y árboles establecidos por el espacio entre ellos, en una relación desventajosa para los recién llegados. En este contexto, es importante conocer la magnitud de la disponibilidad de plantas jóvenes, con el propósito de establecer la medida silvícola adecuada para el manejo productivo del recurso forestal. En el caso particular de la Sierra de Tapalpa, Jalisco, se ha estado aplicando la silvicultura intensiva desde 1991; en gran parte su avance ha dependido de la diseminación de la semilla y el establecimiento de los arbolitos en los claros del bosque. Por tal motivo, la composición de la estructura joven se ha determinado por la cantidad de individuos presentes durante esta etapa. Sin embargo, su número no garantiza un resultado favorable, ya que es necesario que el renuevo se distribuya de forma uniforme para evitar aglomeraciones y espacios vacíos.

No basta contar con la densidad del renuevo solamente, sino que es pertinente tener una estimación de cómo se distribuye en el espacio. Para lo primero existen varios métodos, siendo el conteo directo el más confiable. Para la distribución espacial, el método "parcela cero" resulta bastante práctico en situaciones de bosques naturales. Por ello, en el presente trabajo se estudió la etapa juvenil de un bosque de coníferas con los siguientes propósitos: a) evaluación de la densidad a través de un conteo directo en una superficie pre-establecida, la cual corresponde al método "parcela cero"; y b) estimación de la distribución espacial mediante el método de la "parcela cero".

Es importante señalar que aunque existen metodologías alternativas para la evaluación de densidad, éstas no representan una opción para la estimación de la distribución espacial, como el que se propone en forma integral con la metodología de "parcela cero", la cual se adapta en este trabajo para evaluar la regeneración.

## Evaluaciones de la densidad

Existen varias opciones para la evaluación de la densidad de arbolado. Wratten y Fry (1980) propusieron tres fórmulas basadas en métodos de distancia, que ofrecen un resultado eficaz cuando se trata de plantaciones con distribución uniforme. Sin embargo, en bosques naturales su precisión disminuye (Pollard 1971), pues el arbolado no sigue esta disposición regular.

En México se han efectuado algunos estudios de densidad en diferentes sistemas de manejo forestal, los cuales coinciden en que la regeneración se presenta en los espacios que surgen de la pérdida de árboles ocasionada por el viento, descargas eléctricas, incendios, plagas, enfermedades, vejez y aprovechamientos (Méndez, 1998; Hernández, 1994; Cardoza, 1994; Chacón, 1993; Ruiz *et al.*, 1990; Aldrete, 1990; García, 1985; Velázquez, 1984; Negreros y Snook, 1984; Mas, 1983). En contraste, los mejores logros se han obtenido al seleccionar los progenitores, procurando su distribución uniforme, un terreno preparado con tratamientos a los desperdicios, hierbas y arbustos, para favorecer la germinación, la plantación y el establecimiento (Toral, 1999; Manzanilla *et al.*, 1997; Chávez, 1996; Valencia, 1992; Ortega, 1990; Rodríguez y García, 1989; Mastache, 1988; Musalém, 1984; Chacón, 1983).

La germinación numerosa es favorecida por la producción abundante de semilla y su dispersión uniforme sobre el área de corta. Sin embargo, muy pocas son las plántulas emergidas que logran establecerse, siendo esta fase la más crítica para el rejuvenecimiento del bosque al ocurrir el mayor porcentaje de mortalidad. En este sentido (Cuadro 1), se han llegado a reportar mucho más de 20 mil plántulas de pino/ha en los primeros meses de vida (Méndez, 1998; Ruiz *et al.*, 1990; Musalém, 1984; Chacón, 1983), lo que suele modificarse durante la primera década de existencia de las mismas, pues sus poblaciones tienden a disminuir hasta cantidades menores a 14,300 ejemplares/ha.

Cuadro 1. Densidades reportadas de renuevo de pino.

Autor	Especie	Árboles/ha	Lugar
Monroy (1999)	<i>Pinus patula</i> Schl. et Cham.	7 000	Huayacocotla, Ver
Méndez (1998)	<i>Pinus patula</i> Schl. et Cham.	24 118	Zacualtipán, Hgo.
Cardoza (1994)	<i>Pinus</i> spp.	3 145 – 7 730	Tlatlauquitepec, Pue.
Hernández (1994)	<i>P. hartwegii</i> Lindl.	43 - 438	Chalco, Méx.
Chacón (1993)	<i>P. arizonica</i> Engelm.	5 175 – 10 050	Madera, Chih.
Valdez (1992)	<i>P. hartwegii</i> Lindl.	1 700 – 3 700	Zoquiapan, Méx.
Valencia (1992)	<i>P. douglasiana</i> Mtz.	1 533 – 14 588	Atenquique, Jal.
Ortega (1990)	<i>Pinus</i> spp.	100 – 2 000	Chignahuapan, Pue.
Ruiz et al. (1990)	<i>P. montezumae</i> Lamb.	544 281	Calpulalpan, Tlax.
Ruiz et al. (1990)	<i>P. montezumae</i> Lamb.	223 531	Calpulalpan, Tlax.
Ruiz et al. (1990)	<i>P. rudis</i> Endl.	36 093	Calpulalpan, Tlax.
Ruiz et al. (1990)	<i>P. rudis</i> Endl.	4 520 – 7 753	Calpulalpan, Tlax.
Rodríguez y García (1989)	<i>P. douglasiana</i> Mtz.	2 730 – 5 694	Concepción, Jal.

Mora y Rodríguez (1988)	<i>P. montezumae</i> Lamb.	13 213	Tulancingo, Hgo.
Cano (1988)	<i>P. douglasiana</i> Mtz.	5 000 – 7 500	Sureste de Jalisco
Musalem (1984)	<i>P. montezumae</i> Lamb.	26 000	Zoquiapan, Méx.
Chacón (1983)	<i>P. arizonica</i> Engelm.	1 976 800	Madera, Chih.
Mas (1983)	<i>P. herrerae</i> Martínez	560 – 4 100	Coalcomán, Mich.
Lagunes (1969)	<i>Pinus</i> spp.	10 900 – 14 300	Guanacevi, Dgo.



## Estimaciones de la distribución espacial

La dispersión heterogénea de la regeneración natural ha sido señalada por Upton y Fingleton (1985) como la tendencia que tiene el renuevo a ser denso en algunas zonas y ausente o escasa en otras. Algunos estudios realizados con técnicas diferentes refuerzan esta aseveración, entre los que pueden citarse los siguientes: a) Por la cobertura de copas; Cardoza (1994) indicó una presencia del nuevo arbolado dispersa, considerando que las copas cubrieron del 19 al 52% de la superficie, mientras Ortega (1990) obtuvo el 36 % de distribución regular y el 64 % dispersa; b) Por localizaciones puntuales registrando las coordenadas x-y, Aldrete (1990) encontró que el renuevo se mostró disperso el primer año y aglomerado al segundo, y c) Por el índice de Cox; aplicando el método de distancias "parcela cero", Méndez (1998) reconoció que el renuevo se dispone en una forma combinada entre dispersa y aglomerada. Hernández (1994) lo describió como aglomerado con vacíos grandes. Valdez (1992), como ligeramente aglomerado y González (1990) como 96% homogéneo y el 4 % restante, heterogéneo.

Al respecto, Torres y Magaña (2001) describieron brevemente los métodos de análisis que involucran distancia, ya sea desde un punto fijo de muestreo al árbol más cercano o bien entre dos árboles, el cuadrante centrado a rumbos francos y el método de pares aleatorios; destacaron que es importante determinar factores de corrección para los diferentes diseños de plantación, con el fin de evitar sesgos en las estimaciones.

### Método "parcela cero"

El método "parcela cero" surgió en Ecología para investigar la cobertura de superficie por las plantas, que Cox (1971) definió como las áreas circulares de tamaño desigual pero sin plantas. Estos círculos se convierten en sitios de muestreo al tomar la distancia radial desde el centro hasta el renuevo más cercano. La cantidad de árboles por unidad de área depende del tamaño de estas parcelas; así, Méndez (1998) señaló que la categoría de "parcela cero" de menor superficie significa la mayor cantidad de estos círculos por hectárea, lo que ofrece una densidad superior y la aglomeración de los arbolitos. Por el contrario, cuando constituyen el menor número de círculos posibles se observa una densidad disminuida con árboles dispersos (Figura 1).

Por su parte, Dennis (1984) consideraba que técnicas como la "parcela cero" son adecuadas para estimar la densidad y establecer el patrón de distribución espacial de los árboles. Ha sido ponderada como un procedimiento conveniente para medir el éxito de los tratamientos silvícolas, aunque Sachtler (1975) enfatizó la necesidad de reglamentar el número de individuos por unidad de área y su acomodo espacial. De este modo, el método de distancias "parcela cero" permitiría caracterizar el ordenamiento de los árboles sobre la superficie a partir

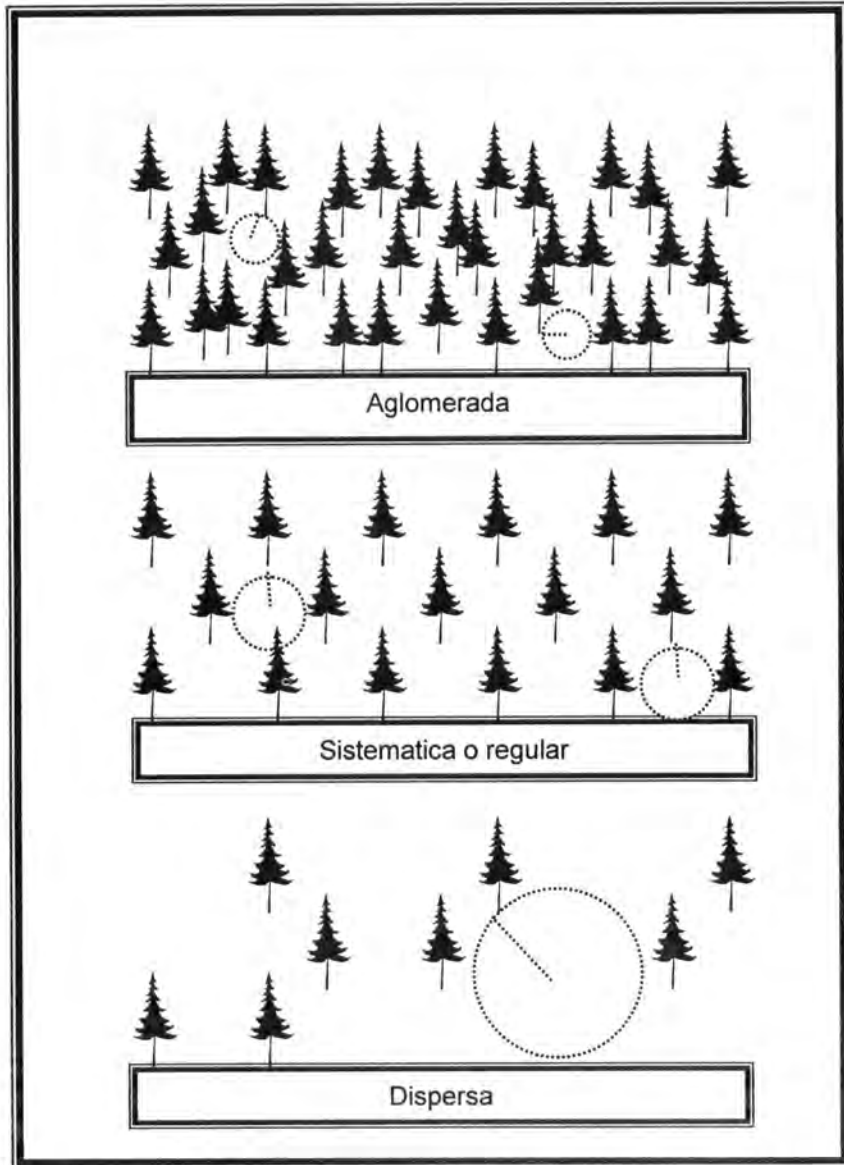


Figura 1. Diferentes formas de la distribución espacial de la regeneración.

de los resultados de un diagrama elaborado con el índice de Cox (Ic). Este índice de heterogeneidad se desarrolla con la fórmula:

$$Ic = a \cdot b \cdot k.$$

Donde:

Ic = Índice de Cox.

a = Cifra de la ordenada P(0) del diagrama que es dividida entre 100 (corresponde al 2° punto de control, en medio de la línea diagonal)

b = El valor del factor  $\lambda$  calculado a partir de sitios vacíos (tercer punto de control)

k = Constante para que el Ic asuma el valor 1, con 1/ab

Entonces,  $a \cdot b \cdot k = 1$ . Se deduce que el Ic se aproxima a cero en la distribución dispersa, asume el valor de 1 con la regular y al sobrepasarlo es aglomerada.

El diagrama de "parcela cero" se elabora después de calcular la densidad del sitio de muestreo. Este esquema se estructura con dos líneas verticales y paralelas (ordenadas) y otra horizontal (abscisa) que las une en su base. En la ordenada de la derecha se anota el porcentaje de "parcela cero" como P(0), obtenido con la siguiente fórmula de la distribución Poisson:

$$P(0) = 100 e^{-\lambda} \quad (1)$$

Donde:

P(0) = porcentaje de "parcela cero"

e = la constante 2.718281828459, base del logaritmo natural.

$\lambda$  = indicador de la forma de distribución. Se obtiene con  $\pi r^2 \delta$ .

En la ordenada de la izquierda se escribe el P(0) con la versión logarítmica:

$$\text{Log}_{10} P(0) = 2 - (0.434294482 \cdot \lambda) \quad (2)$$

Donde:

$\text{Log}_{10} P(0)$  = logaritmo en base 10 del porcentaje de "parcela cero"

2 = logaritmo en base 10 del 100 %

0.434294482 = logaritmo en base 10 de la constante e

En la abscisa se apunta el valor del factor  $\lambda$ :

$$\lambda = \pi r^2 \delta \quad (3)$$

Donde:

- $\pi$  = "pi"; la constante 3.14159
- $r$  = radio de la "parcela cero"
- $\delta$  = arbolitos por m<sup>2</sup> en el sitio.

Además, en el diagrama se traza una diagonal, característica de la distribución Poisson, con base en tres puntos de control: a) El 100% de "parcelas cero" en coordenada con el 2 como logaritmo de esta cifra y un  $\lambda = 0$  como punto inicial; b) Es el de mayor significado, pues muestra la condición regular de los arbolitos sobre el terreno. En este punto, el factor  $\lambda$  adquiere el valor de acuerdo a la forma de distribución ideal u óptima, natural o artificial, que tienen los árboles, y c) El porcentaje de las unidades de muestreo que, por la ausencia de arbolitos, no incluyen medidas de "parcela cero". La teoría recomienda 5% de sitios vacíos para este punto de control (Loetsch *et al.*, 1973).

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en 25 predios con ordenamiento en el Sistema de Manejo Integrado de los Recursos Forestales (SIMANIN) de Tapalpa, Jalisco (Figura 2). En cada uno de ellos se localizaron las áreas de corta de regeneración con el tratamiento de árboles padres, correspondientes a las primeras cuatro anualidades del aprovechamiento; la regeneración es de procedencia original y no de una plantación. Se eligieron 74 áreas intervenidas de 1991 a 1996 en total, con superficie variable de una a seis hectáreas. Se contaron hasta 90 árboles padres en las áreas más grandes y 15 en las pequeñas, con promedio de 14 árboles/ha uniformemente distribuidos.

En la mayoría de las áreas predominó una especie de pino, en otras el espacio está compartido por dos y raramente se observaron tres juntas. De ellas, *Pinus devoniana* Lindley fue la más abundante, le siguen en ese orden *P. oocarpa* Shiede, *P. lumholtzii* Robins et Fern, *P. leiophylla* Schl. et Cham. y *P. pseudostrobus* Lindley, las cuales coexisten con otras especies arbóreas, arbustivas y herbáceas.

## Método de evaluación de la regeneración

Durante dos periodos, 1999-2000 y 2000-2001, se evaluó tanto la regeneración natural como la artificial, correspondientes a 1-2 y 3-4 anualidades del SIMANIN. La primera forma de propagación es el resultado de la reproducción nativa de los árboles padres, mientras que la otra es producto de la plantación a marco real o

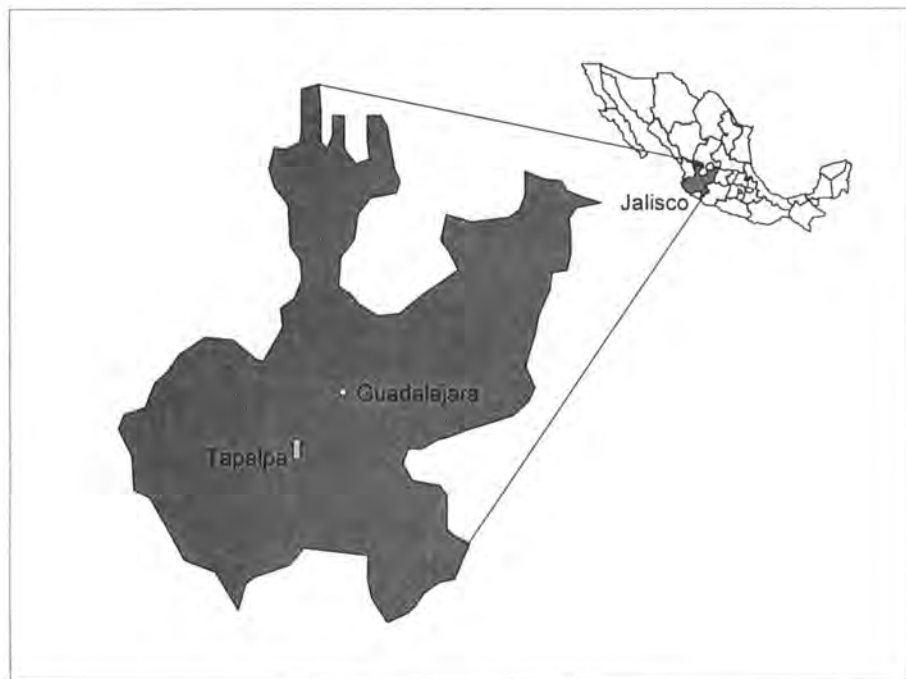


Figura 2. Ubicación del área de estudio.

cuadrada en algunas de las áreas con deficiencia de renuevo y en las que fueron incendiadas. La evaluación se efectuó mediante el método de "parcela cero", descrito anteriormente.

**Sistema de muestreo.**- El tamaño de las áreas donde fue aplicada la corta de regeneración se utilizó para determinar el muestreo. Según su dimensión, se asignó diferente número de sitios (Cuadro 2). En total se contó con 227 ha., donde se levantaron 315 sitios equivalentes a 43% de intensidad de muestreo.

Cuadro 2. Sitios de muestreo para evaluar regeneración.

Superficie (ha)	Áreas	Sitios/área	Total
< 2.5	39*	3	111
2.6 – 3.5	16	5	80
3.6 – 4.5	9	6	54
4.6 – 5.5	10	7	70

\* Dos áreas fueron siniestradas por incendios.



Cada sitio de muestreo iniciaba con un árbol padre, sorteado conforme a un esquema determinado, donde se ubican cinco orientaciones de estos progenitores en cada una de las cuatro cantidades de sitios por área (Figura 3). Inicialmente se revisaban los registros para conocer la superficie de un área de corta de regeneración, por ejemplo; si era menor a 2.5 ha, le correspondían tres sitios de muestreo (T3) (Cuadro 2). Enseguida se sorteaban las cinco formas de orientación correspondiente a esta cantidad de sitios (Figura 3). Si resultaba la forma uno, (F1), entonces los sitios de muestreo debían estar cerca de tres árboles padres, orientados de forma recta por la parte central del área: uno próximo al límite norte, otro en el centro y el tercero hacia el límite sur.

Para instalar el sitio de muestreo, primero se localizó al árbol padre y al renuevo más inmediato, a partir del cual, en la misma dirección proyectada por el ejemplar adulto, se midieron 10 m. Esta medida es el radio del área circular del sitio, donde se contabilizaban todos los arbolitos sanos y vigorosos ya establecidos y que, por lo tanto, hayan sobrevivido a una temporada de secas, cuando menos.

Posteriormente, se tomó la distancia del centro del sitio al arbolito más cercano, misma que se define como el radio de la "parcela cero" (Figura 4).

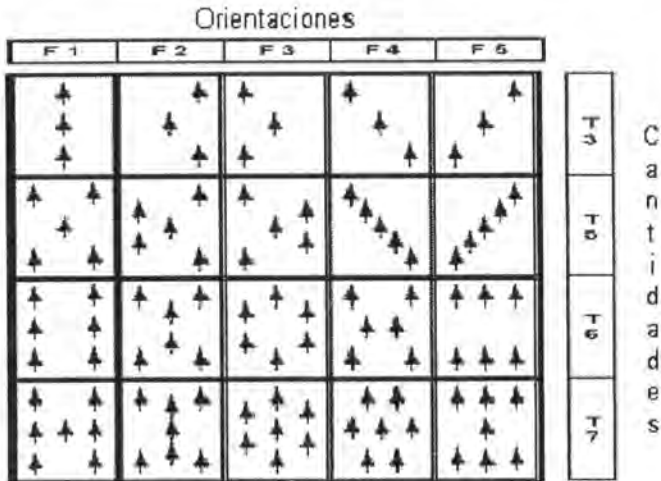


Figura 3. Sorteado de sitios en las áreas de regeneración.

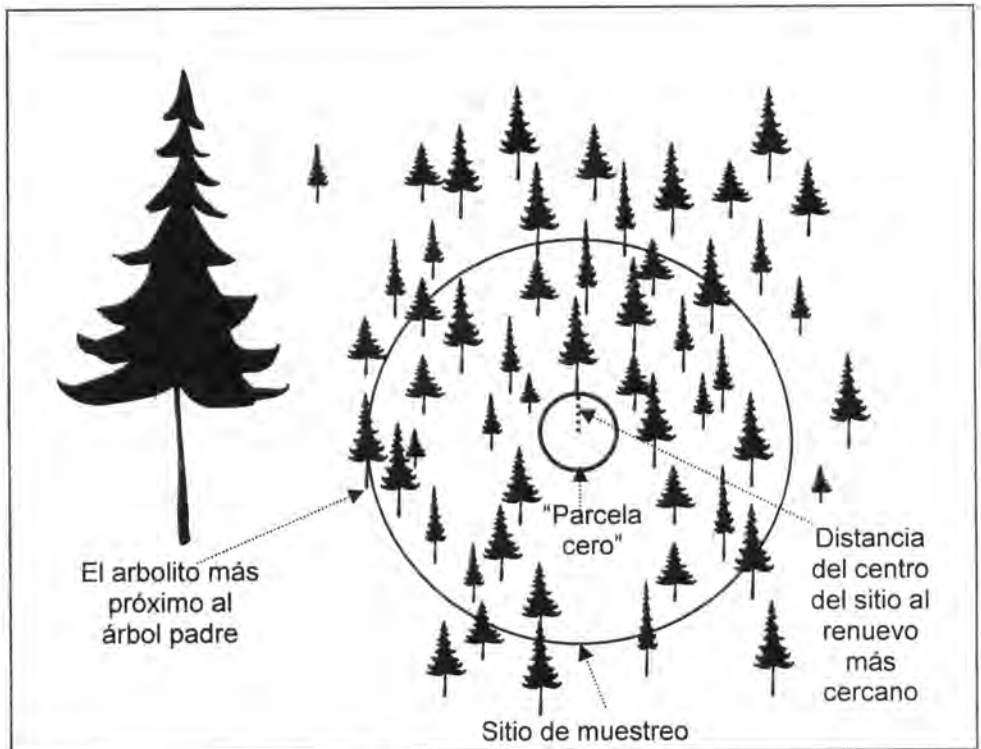


Figura 4. Trazo del sitio de muestreo

**Clasificación de la densidad.** La densidad es el número de árboles sanos, vigorosos y establecidos por unidad de superficie. Para obtenerla por  $m^2$  se contaron los arbolitos del sitio y se dividió esta cantidad entre su área. También fue expresada por la distancia entre los árboles, la cual indica el espacio de crecimiento que ocupa cada individuo. Debido a que la "parcela cero" requiere clasificar esta variable, la distancia entre arbolitos se clasificó en sobreexcesiva ( $< 1$  m), excesiva (1 a 2 m), recomendable (2 a 3 m), suficiente (3 a 4 m) e insuficiente ( $> 4$  m).

La designación de "recomendable" surgió a partir del análisis realizado a la recopilación sobre plantaciones comerciales (Fierros *et al.*, 1999) en la que la distancia de plantación predominante mide 2 y 3 m. Además, se observó que este intervalo incluye de 2,500 árboles/ha para los diseños natural y marco real, que para la corta de regeneración en un bosque con manejo intensivo, fue considerada como aceptable (Dirección General para el Desarrollo Forestal, 1980).

Se consideró conveniente realizar un ejercicio como ejemplo (Cuadro 3) que incluye la densidad calculada por  $m^2$  (factor  $\delta$ ), la distancia y la superficie por árbol, además del radio máximo de la "parcela cero", la superficie de esta parcela y el indicador para la forma de distribución (factor  $\lambda$ ). Se hace alusión con los superíndices 1, 2 y 3 a las diferentes densidades cualitativas y cuantitativas por ha en una plantación a marco real o cuadrada. En este prototipo, la densidad se propuso excesiva, recomendable y suficiente. Los conceptos involucrados en este trabajo se pueden separar en clases, excepto el factor  $\lambda$ , el cual es aceptado como exclusivo para la forma de distribución a marco real. De este modo, las distancias entre individuos permiten manejar la densidad de manera sencilla, facilitando su frecuencia con valores máximos y mínimos por clase.

Cada una de las clases de densidad la constituye una cantidad variable de árboles por tres razones: 1) La designación de la clase en sí misma, la cual está caracterizada por una particular distancia en metros; 2) La suma alcanzada en cada clase, de acuerdo a esta separación, pero con respecto a la forma de distribución usada en la plantación, y 3) El incremento de esa cantidad, conforme aumenta la inclinación del terreno para cada diseño y clase de densidad. Esta última podría ser interpretada como errónea, partiendo del supuesto de que las distancias se trazan en forma horizontal. Pero, después de haber interpretado las densidades bajo condiciones naturales de los Sitios Permanentes de Investigación Silvícola, se ha comprobado la abundancia de árboles conforme aumenta la pendiente. Por ello ha sido adoptado este escenario para brindar mayor protección al suelo durante los aprovechamientos, lo que puede ser extensivo para las plantaciones, tal y como lo habían señalado Moreno *et al.* (1993), quienes recomendaron el trazo de la distancia en forma paralela a la inclinación del terreno.

La clase seleccionada como recomendable parte de las siguientes consideraciones: corresponde a la densidad variable, dada por el intervalo de 2 a 3 m. Dentro de este rango quedaron incluidas diferentes cantidades, según la forma de distribución espacial; así resultó que la regeneración natural tuvo de 1,283 a 2,890 árboles/ha., mientras que la artificial en marco real varió de 1,111 a 2,500 árboles/ha. Estos rangos quedarían sujetos a la inclinación del terreno, de tal manera que al alcanzar el 100% (45°) se incrementarían 40%.

**Determinación de la distribución espacial.** - Al haber concluido los cálculos de densidad, se procedió a elaborar el diagrama de "parcela cero" (Cox, 1971) (Figura 5). A través de la longitud de la diagonal del diagrama se ubicó la totalidad de valores de los sitios de muestreo. La parte media de la línea equivale al punto b, que mostró los de los diseños natural y artificial, según el que se haya estado usando. Por tratarse de una reforestación realizada en cuadro o marco real como apoyo a la condición natural de la regeneración, en el presente estudio el factor  $\lambda$  o indicador de esta forma de distribución adquirió un valor de 1.57, con un  $P(0)$  y su logaritmo respectivo calculado con las fórmulas 1 y 2 (Cuadro 4).

Cuadro 3. Densidad excesiva<sup>1</sup>, recomendable<sup>2</sup> y suficiente<sup>3</sup>, para un diseño a marco real sobre un terreno con menos del 10 % de inclinación.

(A)	(B)	(C)	(δ)	(r)	(S)	(λ)
Densidad	Distancia entre arbolitos e hileras (m)	Superficie por arbolito (m <sup>2</sup> )	Número de arbolitos por m <sup>2</sup> .	Radio máximo de la "parcela cero" (m)	Superficie de la "parcela cero" (m <sup>2</sup> ) (π · r <sup>2</sup> )	Indicador de la forma de distribución a marco real (π · r <sup>2</sup> · δ) ó (S · δ)
(árbs/ha)	(√10000/A)	(10000/A)	(A/10000)	(√2(1/2B) <sup>2</sup> )		
<sup>1</sup> 10000	1.0	1.0	1.0	0.71	1.58	1.58
1 5000	1.41	2.0	0.5	1.0	3.14	1.57
2 2500	2.0	4.0	0.25	1.42	6.33	1.58
2 2262*	2.1	4.42	0.2262	1.48	6.93	1.57
2 2000	2.24	5.0	0.2	1.58	7.84	1.57
2 1667*	2.45	6.0	0.1667	1.73	9.43	1.57
2 1250	2.83	8.0	0.125	2.0	12.57	1.57
3 1110	3.0	9.0	0.1110	2.13	14.25	1.58
3 1000	3.16	10.0	0.1	2.23	15.62	1.56
3 625	4.0	16.0	0.0625	2.84	25.33	1.58

\* Densidad manejada por el Fideicomiso para la administración del Programa de Desarrollo Forestal de Jalisco (Toral, 1999)

Cuadro 4. Porcentaje P(0) y su logaritmo en el diseño a marco real.

P(0)	Log P(0)
$P(0) = 100 e^{-\lambda}$	$\text{Log } P(0) = 2 - (0.43 \cdot \lambda)$
$100 (2.718)^{-\lambda}$	
Distribución en marco real:	$2 - (0.43 (1.57))$
100 (0.208)	$2 - 0.68$
20.8	1.318

El punto c de la diagonal representa el límite tolerable; está integrado por el porcentaje de sitios vacíos más los que, por contener una cantidad mínima de arbolitos, rebasaron este punto hacia la parte inferior de la diagonal, por lo que fueron rechazados para el análisis de distribución.

En el caso del SIMANIN, las anualidades de corta de regeneración 1, 2, 3 y 4 en conjunto alcanzaron la cifra de 3.17%. La fórmula para despejar los valores de las coordenadas que fijan este punto de control sobre la línea diagonal del diagrama fue la siguiente:

$$\lambda = \frac{2 - \text{Log}_{10} 3.17}{\text{Log}_{10} e} = 3.45$$

Las coordenadas obtenidas para los tres puntos de control en la diagonal del diagrama "parcela cero" se muestran en el Cuadro 5.

Cuadro 5. . Puntos de control en el diagrama "parcela cero"

Puntos de control	P(0) (%)	Log P(0)	( $\lambda$ )
1°	100	2.0	0.0
2° (Marco real)	20.8	1.31	1.57
3°	3.17	0.50	3.45



## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El tratamiento de árboles padres no ha ocasionado un resultado completamente eficaz de densidad y distribución espacial del renuevo.

### Densidad de la regeneración

No hubo sitios de regeneración con la categoría sobreexcesiva (Cuadro 6); esto significa que en las áreas de las primeras cuatro anualidades del SIMANIN, al momento de la evaluación – de 6 a 8 años después de realizada la corta de regeneración– no existía un número elevado de arbolitos establecidos y distanciados a menos de 1 m. Este resultado mostró una diferencia notable con los obtenidos por Lagunes (1969) y Valencia (1992) (Cuadro 1). La comparación expresó la posibilidad de alguna influencia, tanto en la fecha de evaluar, como en la especie y el tratamiento silvícola que contribuyen a saturar de repoblado a una localidad. Las densidades reportadas por estos autores han sido de las más altas logradas a la fecha, y si se tratara de clasificarlas, se caracterizarían por contener la mayor cantidad de "parcelas cero" de la menor superficie (Méndez, 1998).

La clase excesiva incluyó a 20 sitios (6%), misma que se caracteriza por la distancia entre arbolitos de 1 a 2 m. Dentro de esta categoría se han obtenido resultados similares para otras especies de pino, también manejadas con el tratamiento de árboles padres en diferentes regiones del país (Chacón, 1993; Valencia, 1992; Cardoza, 1994; Monroy, 1999; Cano, 1988; Rodríguez y García, 1989; Mas, 1983).

La clase de densidad recomendable que sería la ideal y que tiene un espaciamiento de 2 a 3 m entre los árboles, solamente abarcó 73 sitios (23%), casi la cuarta parte del número total. En esta categoría también quedaron comprendidos algunos de los sitios evaluados por Valencia (1992) y Mas (1983).

En 78 sitios (25%) la densidad forestal quedó clasificada como suficiente, que se identifica por la distancia entre individuos de 3 a 4 m, aunque aceptable todavía, muestra una ligera deficiencia de poblamiento.

La clase insuficiente comprendió el mayor número de sitios con 134 (43%), donde la distancia entre arbolitos supera los 4 m. En estas áreas la deficiencia de regeneración es notable y obliga a realizar prácticas silvícolas para mejorarla. En esta misma categoría quedarían incluidos los resultados obtenidos por Hernández (1994) y Mas (1983).

Se registraron 10 sitios vacíos (3%), cantidad menor a la sugerida por Loetsch *et al.* (1973) para aplicar la "parcela cero". En este caso, la insuficiencia y ausencia de regeneración se atribuyó a varios factores: la poca producción de

Cuadro 6. Resultado de densidad por categorías (arb/ha).

Clase	r parcela (0) (cm)	Sitios	Frecuencia	Mínima	Máxima
Sobreexcesiva	< 71	0	0	10000	-
Excesiva	71 - 141	20	0.06	2674	5157
Recomendable	142 - 212	73	0.23	1114	2450
Suficiente	213 - 283	78	0.25	636	1082
Insuficiente	> 284	134	0.42	32	605
Nula	-	10	0.03	-	-

semilla debido a que los árboles padres redujeron su fructificación, principalmente durante los años no semilleros dentro del ciclo característico para cada especie. Además, la depredación por roedores, suelos rocosos, secos y cubiertos por capas gruesas de hojarasca, hierbas y arbustos describen un entorno propicio, que coincide con lo analizado por Moreno *et al.* (1996) y Valencia (1992).

En general, las primeras cuatro anualidades del SIMANIN tuvieron desde 32 hasta 5,157 árboles/ha, que es un intervalo de densidad bastante reducido al compararlo con el reportado por Valencia (1992), y muy superior al de Ortega (1990). Por otra parte, en un área sin aprovechamiento, Valdez (1992) calculó de 1,700 a 3,700 árboles/ha. Uno de los mejores tratamientos fue el de árboles padres, de modo altamente significativo, en comparación con los de cortes sucesivas, selección, matorrales y un testigo sin intervención, como lo indicó Mas (1983) durante tres fechas de medición. Al respecto, Mas y González (1990) señalaron que los mejores resultados en *Pinus herrerae* Martínez y *P. michoacana* Martínez se asocian a la mayor penetración de luz, condición que favorece a las especies intolerantes a la sombra.

**Distribución espacial de la regeneración.**- En el Cuadro 7 se ordena el intervalo de valores del factor  $\lambda$ , correspondientes a la abscisa del diagrama "parcela cero", que se generaron para los sitios de muestreo y se agruparon entre los puntos de control. De estos valores se seleccionó el de 1.57 en la ecuación Poisson para determinar el porcentaje de "parcela cero" y obtener sus logaritmos con el fin de colocarlos en las ordenadas del diagrama. A partir de estos resultados se definieron la distribución espacial de los arbolitos como aglomerada, regular y dispersa, aplicando el índice de Cox.

La distribución resultó heterogénea, como la de otros autores. En la mayor parte, 215 sitios (68%) con un índice de Cox ( $I_c$ ) que varió de 1.18 a 4.79, la dispersión fue aglomerada. En 24 sitios (8%) el  $I_c$  fue de 0.88 a 1.17, que indica una distribución regular; la correcta y esperada solo se alcanzó en pequeña proporción. Cabe señalar que el valor de 1 se obtendría con la condición sistemática. Otros 36 sitios (11%) presentaron un  $I_c$  de 0.15 a 0.87 para una repartición dispersa. Los 40 sitios (13%) restantes con el  $I_c < 0.15$ , fueron rechazados por insuficiencia o nula regeneración, lo que sugiere la incorporación de prácticas silvícolas de restauración.

Al observar la columna del factor  $\lambda$  o indicador de la forma de distribución en el cuadro, tomando en cuenta que este indicador adquiere el valor de 1.57 para un diseño a marco real además de considerar su correspondencia al segundo punto de control en el diagrama "parcela cero" e indicar la clásica forma de distribución sistemática de los árboles plantados en cuadro, es posible categorizar la distribución espacial con un intervalo de valores máximos y mínimos del factor  $\lambda$  en las clases siguientes: aglomerada  $< 1.51$ , regular 1.52 – 1.62, dispersa 1.63 – 2.99 y rechazada  $> 3.0$  (Figura 5).

Cuadro 7. Extracto del listado de sitios con el cálculo de la distribución espacial

Puntos control	Sitios	Factor $\lambda$	P(0)	Log P(0)	a	b	k	lc	Clases de Distribución
1°			100	2.0	1.00				
		0.0009	99.9	1.99	0.999			4.79	68 %
	215	1.34	36.7	1.56	0.367			1.76	Aglomerada
2°			21.9	1.34	0.219			1.17	8 %
	24	1.57	20.8	1.31	0.208	3.45	1.39	1.0	Regular
		1.62	19.8	1.29	0.198			0.88	
3°			14.5	1.16	0.145			0.69	11 %
	36	1.70	4.9	0.69	0.049			0.23	Dispersa
		3.45	3.17	0.50	0.031			0.15	
	30	3.45	2.08	0.31	0.020			0.09	13 %
	10*	50.3	1.3E2	-19	0.0008			0.004	Rechazada

\* Sitios sin arbolitos

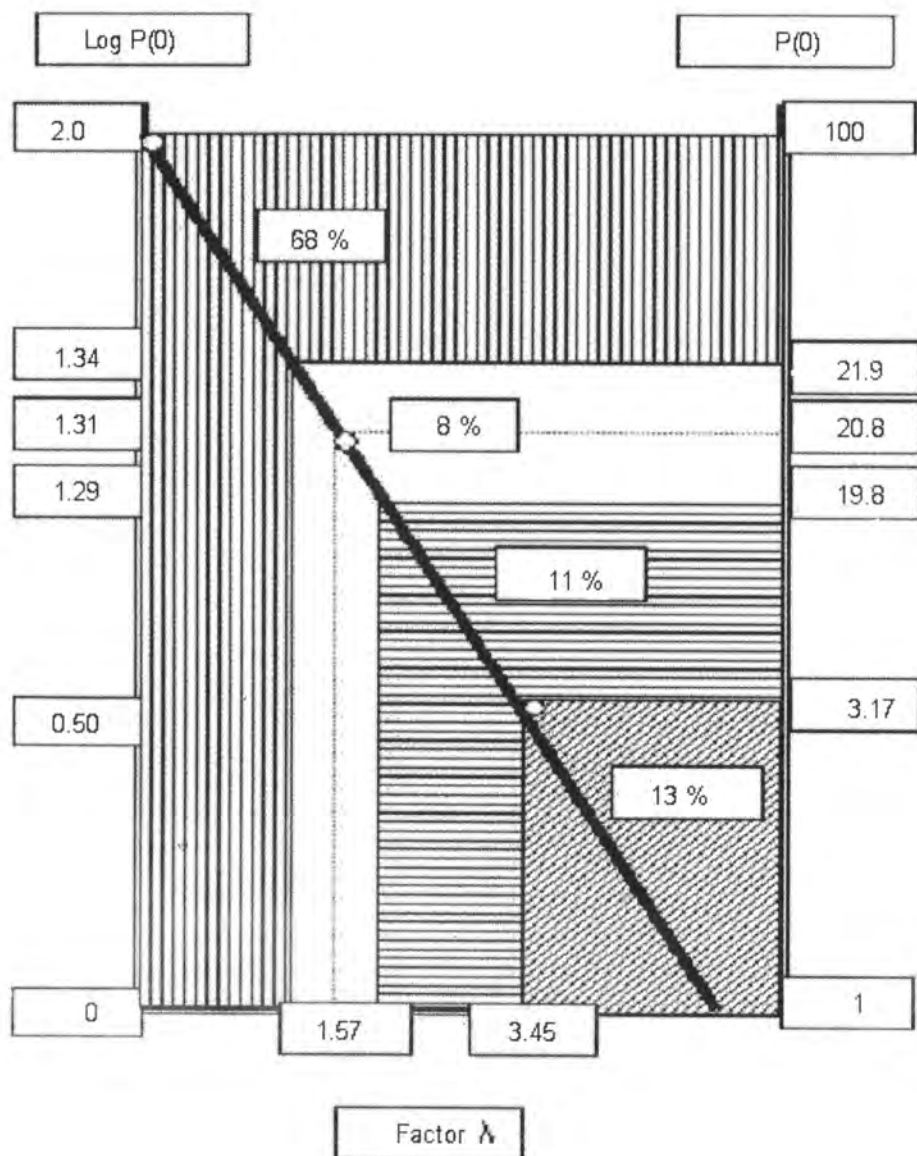


Figura 5. Diagrama de "parcela cero".



## CONCLUSIONES

La densidad forestal obtenida (excesiva 6%, recomendable 23%, suficiente 25%, insuficiente 43% y nula 3 %) revela que en 54% de la superficie evaluada la regeneración es aceptable. El otro 46% demanda de prácticas de siembra y/o plantación para elevar los niveles de repoblado.

La regeneración tiende a conformar una distribución espacial aglomerada (68%), preferentemente, y dispersa (11%) como segunda forma.

No se observó uniformidad de resultados en una misma área de corta, ya que es común que se hayan presentado dos o más categorías de densidad y distribución a la vez. Sólo en 5 sitios (1.6%) se alcanzó una condición deseable, al combinarse la densidad recomendable y la distribución regular.

La distancia entre árboles permitió clasificar la densidad de manera práctica. Además, al efectuar ejercicios con estos espaciamientos, se descubrieron indicadores de la forma de distribución para diferentes diseños de plantación.

El factor  $\lambda$  o indicador de la forma de distribución con valor de 1 fue el apropiado para evaluar la regeneración natural. Cuando se trate en exclusiva de plantación con diseño a marco real se deberá usar el valor de 1.57.

Las matrices con las variables clasificadas son herramientas sencillas, prácticas y eficaces para evaluar la regeneración natural y artificial.

## REFERENCIAS

- Aldrete, A. 1990. Evaluación de la regeneración natural de *Pinus montezumae* Lamb. en áreas tratadas con el método de árboles padres. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Edo. de Méx., México. 95 p.
- Canó C., J. 1988. El sistema de manejo regular en los bosques de México; fundamentos de silvicultura y su aplicación práctica. Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco Edo. de Méx., 221 p.
- Cardoza R., J. S. 1994. Evaluación de áreas de regeneración natural de *Pinus spp.*, en el ejido de Gómez Tepeteno, Tlatlauquitepec, Puebla. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, Edo. de Méx., México. 55 p.
- Cox, F. 1971. Dichtebestimmung und Strukturanalyse von Pflanzenpopulationen mit Hilfe von Abstandsmessungen. Ein Beitrag zur methodischen Weiterentwicklung von Verfahren für Verjüngungsinventuren. Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft, No. 87, Inst. für Weltforstwirtschaft. Hamburg, Deutschland. 182 p.
- Chacón S., J. M. 1983. Regeneración mediante árboles padres de *Pinus arizonica*. Rev. Cien. For. Vol. 8(42): 3-20.

- Chacón S., J. M. 1993. Comportamiento de la repoblación natural de *Pinus arizonica* bajo diferentes grados de cobertura de dosel de árboles padres. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Edo. de Méx., México. 65 p.
- Chávez O., P. 1996. Estudio de la regeneración de *Pinus arizonica* Engelm. en el Campo Experimental Madera, Chihuahua. Tesis de Maestría en Ciencias. Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, Edo. de Méx., México. 63 p.
- Dennis, B. 1984. Distance methods for evaluating forest regeneration. Reprinted from *New Forests For a Changing World*; Proceedings of the 1983 Convention of the Society of American Foresters, held in Portland, Oregon, October 16 – 20. Soc. Amer. For. Bethesda, MD. pp. 123-128.
- Dirección General para el Desarrollo Forestal. 1980. Evaluación de las áreas de regeneración del plan piloto Fase 1, en la región de Chignahuapan – Zacatlán, Puebla. SARH. México. 72 p.
- Fierros G., A. M., A. Noguéz H. y E. Velasco B. 1999. Paquetes tecnológicos para el establecimiento de plantaciones forestales comerciales en ecosistemas de climas templado, fríos y tropicales de México. Vol. I. SEMARNAP. 67 p.
- García L., E. F. 1985. Efecto del fuego en la regeneración natural de *Pinus harwegii* Lindl. en Zoquiapan, México. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, Edo. de Méx., México. 58 p.
- González G., J. A. 1990. Evaluación de la regeneración de *Pinus cembroides* Zucc., en condiciones naturales en la Amapola, S. L. P. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, Edo. de Méx., México. 79 p.
- Hernández A., E. 1994. Estudio de la regeneración natural de *Pinus hartwegii* Lindl. y *Abies religiosa* (H.B.K.) Schl et Cham. en San Martín Cuautlalpan, Chalco, Estado de México. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Edo. de Méx., México. 165 p.
- Lagunes T., F. 1969. Evaluación de renuevo en montes de pino de clima templado y frío, localizados en tres predios del municipio de Guanaceví, Durango. Tesis Profesional. Escuela Nacional de Agricultura. Texcoco, Edo. de Méx., México. 54 p.
- Loetsch, F., F. Zöherer and K. E. Haller. 1973. Forest inventory. (Traducción del alemán). Vol. II., BLV Verlagsgesellschaft. München, Deutschland. pp. 373-379.
- Manzanilla B., H., L. Vázquez G., D. A. Moreno G., E. Talavera Z., J. Espinoza A., J. G. Flores G., A. Rueda S., J. de D. Benavides S., J. Villa C. M. Martínez D., J. A. Eguiarte V., Y. Chávez H., C. Orduña T., J. T. Saens R., L. Madrigal H. y A. Gómez Tagle R. 1997. Sistema de Manejo Integrado de los Recursos Forestales (SIMANIN). Libro Técnico Núm. 1. INIFAP. México. 266 p.

- Mas P., J. 1983. El sitio experimental "La Nieve" catorce años después de su tratamiento silvícola. Boletín Técnico Núm. 95. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. Subsecretaría Forestal. SARH. México. 60 p.
- Mas P., J. y P. A. González. 1990. El SPES "La Nieve" a 27 años de su establecimiento. CIFAP. INIFAP. SARH. Michoacán. pp. 22-23.
- Mastache M., A. 1988. Tratamientos complementarios al suelo en áreas de regeneración de *Pinus patula* Schl. et Cham. en la región Chignahuapan – Zacatlán, Puebla. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, Edo. de Méx., México. 45 p.
- Méndez H., J. 1998. Evaluación de patrones de regeneración de *Pinus patula* Schl et Cham. en la región de Zacualtipan, Hidalgo. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, Edo. de Méx., México. 65 p.
- Monroy R., C. 1999. Cómo producir un nuevo bosque; practique la corta de regeneración (árboles padres) de *Pinus patula* en Veracruz. In: 500 Tecnologías llave en mano. INIFAP. SAGAR. México. pp. 26 – 27
- Mora F., F. E. y C. Rodríguez F. 1988. Evaluación de regeneración natural en *Pinus montezumae*, con tratamiento de árboles padres en Tulancingo, Hgo. Programa Forestal. Centro de Genética. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Edo. de Méx., México. s/p.
- Moreno G., D. A., H. Manzanilla B. y E. Talavera Z. 1993. Método "tocón a tocón" para cortas de aclareo y regeneración. Folleto Técnico Núm. 2. INIFAP. CIPAC. SARH. Guadalajara, Jal. México. 16 p.
- Moreno G., D. A., H. Manzanilla B. y E. Talavera Z. 1996. Diseminación de la semilla de los árboles padres de *Pinus michoacana* en Tapalpa, Jalisco. In: VIII Reunión Científica y Técnica Forestal y Agropecuaria. Memoria Científica Núm 1. CIRPAC. INIFAP. SAGARPA. México. pp. 205-207.
- Musálem S., M. A. 1984. Effect of environmental factors on regeneration of *Pinus montezumae* Lamb., in a temperate forest of México. Ph.D. Dissertation Yale University. New Haven, CT. USA. 262 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. Rev. Cien. For. Vol. 9(47): 48-61.
- Ortega P., N. 1990. Evaluación de áreas de regeneración de pino en la región Chignahuapan–Zacatlán, Puebla. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, Edo. de México, México 56 p.
- Pollard, J. H. 1971. On distance estimators of density in randomly distributed forests. Biometrics. Vol. 27(4): 991-1002.
- Rodríguez S., B. y X. García C. 1989. Evaluación de la estructura y desarrollo de la regeneración de *Pinus douglasiana* Mtz. en Concepción de Buenos Aires, Jalisco. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, Edo. de Méx., México. 71 p.

- Ruiz G., A., J. R. Barrios E. y J. J. González C. 1990. Observaciones sobre algunos factores que limitan el establecimiento de la regeneración natural en bosques de pino en Calpulalpan, Tlax. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, Edo. de Méx., México. 150 p.
- Sachtler, M. 1975. Evaluación de la regeneración arbórea. Actas del Curso FAO/México-Finlandia de Entrenamiento en Inventario Forestal. Mérida, Venezuela. Roma, Italia. pp. 355-365.
- Toral I., M. A. 1999. Árboles padre con plantación inmediata (Propuesta). In: XV Encuentro del Grupo de Silvicultura y Manejo. Fideicomiso para la administración del Programa de Desarrollo Forestal de Jalisco (FIPRODEFO). Guadalajara, Jalisco. México. s/p.
- Torres R., J. M. y O. S. Magaña T. 2001. Evaluación de plantaciones forestales. Editorial Limusa. México. 472 p.
- Upton, G. J. G. and B. Fingleton. 1985. Spatial data analysis by example. Vol. I: Point pattern and quantitative data. Wiley series in probability and statistics. John Wiley & Sons. New York, NY:USA. 410 p.
- Valdez L., J. R. 1992. Evaluación de la regeneración natural de *Pinus hartwegii* Lindl. en Zoquiapan, México. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, Edo. de Méx., México. 80 p.
- Valencia V., J. 1992. Análisis de la regeneración después del tratamiento de árboles padre en Atenquique, Jalisco. Rev. Cien. For. en Méx. Vol.17 (71): 63-85.
- Velázquez M., A. 1984. Estudio de algunos factores que influyen en la regeneración natural de *Pinus hartwegii* Lindl. en Zoquiapan, México. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Texcoco, Edo. de Méx., México. 123 p.
- Wratten, S. D. and G. L. A Fry. 1980. Field and laboratory exercises in Ecology. Edward Arnold Publishers Ltd. London, UK. 227 p.

# PLANTAS MELÍFERAS SILVESTRES DE LA SIERRA PURÉPECHA, MICHOACÁN, MÉXICO

Miguel Ángel Bello González<sup>1</sup>

## RESUMEN

Las plantas melíferas son las productoras de néctar que aprovechan las abejas para transformarlo en miel, lo que las ha convertido en un recurso de interés para los apicultores. Por ello la flora de la zona orientada a este propósito debe conocerse, antes de instalar colmenas o para cultivarlas mediante las "praderas artificiales para abejas", ya que la producción y calidad del néctar depende de las especies y de los factores ambientales en los que se desarrollan. El estudio se llevó a cabo en la Sierra Purépecha, Michoacán (19° 20' y 20° 05' de latitud Norte y 101° 30' y 102° 30' de longitud Oeste), que forma parte del Eje Volcánico Transversal y cuenta con una superficie aproximada de 600,000 ha. El estudio tuvo como objetivo realizar un inventario preliminar de la flora apícola silvestre del área, además de conocer la vegetación asociada de manera general, mediante breves descripciones de los tipos más importantes a los que pertenecen. Se llevaron a cabo exploraciones periódicas de campo durante 18 meses, durante las cuales se hicieron colectas y se aplicaron encuestas en distintas localidades de la sierra y áreas circundantes. Se elaboró un listado que incluye 60 especies melíferas contenidas en 51 géneros y 19 familias, siendo las más abundantes las Asteraceae con 22 especies (36.66 %), Lamiaceae y Leguminosae con seis especies (10%) y Scrophulariaceae con dos especies (3.3%). Los géneros con el mayor número de especies son *Bidens* (4) y *Salvia* (3), mientras que *Dalea*, *Senecio* y *Baccharis* solo registraron dos especies.

**Palabras clave:** Especies melíferas, flora apícola, Michoacán, néctar, Sierra Purépecha, tipos de vegetación.

Fecha de recepción: 07 de junio de 2005  
Fecha de aceptación: 24 de septiembre 2007

---

<sup>1</sup> Campo Experimental Forestal y Agropecuario Uruapan (CEFAP-Uruapan), Centro de Investigación Regional Pacífico Centro, INIFAP. Correo-e: mabellog2@hotmail.com



## ABSTRACT

Honey flower plants produce the nectar that bees take and transform into honey, becoming thus a valuable resource for harvesters. This particular flora must be well-known before bee-hives are built or before it is cultivated through the "artificial bee meadows", since the amount and quality of nectar depends upon the species and the environmental factors in which flowers grow; this study was carried out in the Sierra Purépecha, at the state of Michoacán (19° 20' to 20° 05' N and 101° 30' to 102° 30' W); the area belongs to the Mexican Neovolcanic Axis and it measures about 600,000 ha. The purpose of this research was to prepare an inventory of the wild apiarian flora and to provide a brief review of the associated species by describing the vegetation types. Field explorations were made periodically and lasted 18 months during which botanic collections were preformed and surveys were applied. As a result, a list of 60 honey plant species was organized, which includes 51 genus and 19 families; Asteraceae had 22 species (36.66%), Lamiaceae and Leguminosae had six species (10%) and Scrophulariaceae two species (3.3%). The genus with more species were *Bidens* (4), *Salvia* (3), while *Dalea*, *Senecio* and *Baccharis* only had two species.

**Key words:** honey flower plants, honeybee flora, Michoacan, nectar, Sierra Purepecha, vegetation types.

## INTRODUCCIÓN

La mayoría de las especies, de las cuales las abejas extraen el néctar, son nativas poco conocidas. Se denominan plantas melíferas a todas aquellas de utilidad para el apicultor; sin embargo, la expresión es algo equivocada, ya que los vegetales no secretan miel sino néctar, que luego es transformado por dichos insectos en el delicado edulcorante. Hay flores que no lo producen o lo hacen en tan pequeña cantidad que no merecen mucha atención, pero en cambio aportan polen abundante (plantas políferas).

Antes de instalar una colmena, es necesario conocer la flora melífera de la zona, ya que constituye uno de los factores más importantes en la producción de miel. La cantidad y calidad del néctar varían con la especie, la composición química, la humedad atmosférica, las lluvias, la luz, la temperatura y otros factores; en consecuencia, ciertas plantas son muy melíferas en una región determinada y en otra no, lo que debe tenerse en cuenta cuando se intente cultivar dichas especies mediante las llamadas "praderas artificiales para abejas".

Existe el concepto errado de que en una zona donde hay muchas flores, la producción de néctar será abundante; sin embargo esto puede no ser cierto, son pocas las plantas que lo secretan en cantidad suficiente para que las abejas puedan

aprovecharlo. Así, muy pocas tienen valor práctico para el apicultor. Muchas de las buenas especies melíferas son raras y se hayan diseminadas en regiones donde no se practica la apicultura; otras quizá, no han sido bien estudiadas todavía y no se sabe con certeza su influencia en la producción de miel.

Como resultado de su diversidad climática y florística, México presenta varias regiones productoras de mieles, con diferentes tipos, con gran variedad de sabores, aromas y colores, las cuales son bien cotizadas en los mercados internacionales (Labougle-Rentería y Zozaya-Rubio 1986). Estas regiones se concentran en su mayoría en el sur y sureste del país, con especies melíferas y poliníferas tanto silvestres como cultivadas (Sousa, 1981; Suárez, 1981; Melchor-Sánchez *et al.*, 1993; Villegas-Durán *et al.*, 1999).

No obstante los altos valores de las estadísticas de producción apícola en Michoacán (60,000 colmenas, 1000 apicultores, producción anual de 2 000 000 de kg de miel, 20, 000 kg de cera, 5000 kg de polen, 500 kg de propóleo y 30 kg de jalea real) poco se conoce sobre la flora melífera en la entidad, destacando algunos trabajos sobre la relación que tienen las diferentes especies con la cantidad y calidad de la miel (Martínez, 1987).

Es importante no sólo conocer la flora apícola (Sousa, 1940; Wulfrath y Speck, 1953; Ordet, *et al.*, 1972), sino estudios orientados a la calidad de las mieles en el estado, con el fin de certificar su origen botánico y geográfico, y así poder clasificarlas (uniflorales o multiflorales), coadyuvando de esta forma a una mejor comercialización en los mercados nacionales e internacionales. Se ha observado que la obtención de mieles de alta calidad provienen de plantas uniflorales, que, por su alta polinización entomófila, benefician a las plantas cultivadas, incrementando notablemente su rendimiento por hectárea (Crane, 1975).

En el presente estudio se citan algunas de las especies vegetales silvestres más importantes de la región Purépecha y áreas adyacentes, cuyo conocimiento puede ser de utilidad para el apicultor, ya que secretan néctar en proporciones abundantes. Dada la diversidad de nombres comunes, con que se conocen las especies en las distintas comunidades, se ha tratado de incluir los más usados, así como los nombres científicos para facilitar su identificación. Como objetivos de la investigación que se describe se propusieron: Conocer las plantas melíferas de la región con base en sus características botánicas a fin de enriquecer la información sobre los recursos vegetales regionales, y rescatar el bagaje cultural de los productores locales en relación a estas plantas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Condiciones del estudio

**Localización.-** El estudio se desarrolló en la Sierra Purépecha, que abarca 600,000 ha, aproximadamente, y está localizada en la parte centro-noroeste de Michoacán, entre los paralelos 19° 20' y 20° 05' de latitud Norte y los meridianos 101° 30' y 102° 30' de longitud Oeste (Figura 1). Perteneció a la región fisiográfica denominada Cordillera Neovolcánica o Eje Neovolcánico Transmexicano (Demant *et al.*, 1976).

El área está delimitada al Norte por la Cañada de los Once Pueblos y Valle de Zamora, al Sur por la zona de transición ubicada entre Tacámbaro y Peribán, al Oriente por la Cuenca de Pátzcuaro y al Poniente por el Valle de los Reyes. Está formada por diversos conos volcánicos, cerros y serranías; la cota que la circunda es la 1950 msnm, aunque se encuentran altitudes de 3,750 m en el Cerro Tancitaro y 3250 m en el Patambán. La Sierra Purépecha se originó en el período Terciario, específicamente en el Plioceno (Demant, 1981), que se relaciona con el momento en que se formó el Eje Neovolcánico Transmexicano. Los materiales geológicos son: basalto, andesita, riolita y tobas feldespáticas; también hay de tipo clástico como: arena, cenizas, tobas finas, brechas y bombas. Las fosas tectónicas más importantes son el Lago de Pátzcuaro y el Lago de Zirahuén (Demant, 1981).

**Clima.-** La mayor parte de la región tiene un clima templado subhúmedo con lluvias de verano C (w<sub>2</sub>) (w); la precipitación es de 1,600 mm, la temperatura media anual alcanza entre 17 y 18° C, pero en las estaciones de invierno y verano se verifican valores de 0 y 28° C, respectivamente.

**Suelos.-** Debido al tipo de elementos geológicos depositados, los suelos tienen poco desarrollo, es decir, la mayoría son inmaduros, ya que las condiciones climáticas regionales no favorecen los mecanismos de intemperización rápida. Destacan los desaturados, ácidos, con alto contenido de alófono; su textura tiende a ser arenosa o migajón arenoso, sin embargo, las fracciones arenosa fina y limosa son muy abundantes, lo que hace que los Andosoles del lugar sean muy higroscópicos y ricos en materia orgánica. Otros suelos presentes son los arcillosos, los cuales se ubican en la parte norte, y en el sur están los Luvisoles. Con base en el sistema de clasificación FAO-UNESCO y tomando como referencia el plano del área (INEGI, 1985), estos suelos quedan comprendidos en las siguientes unidades y subunidades:

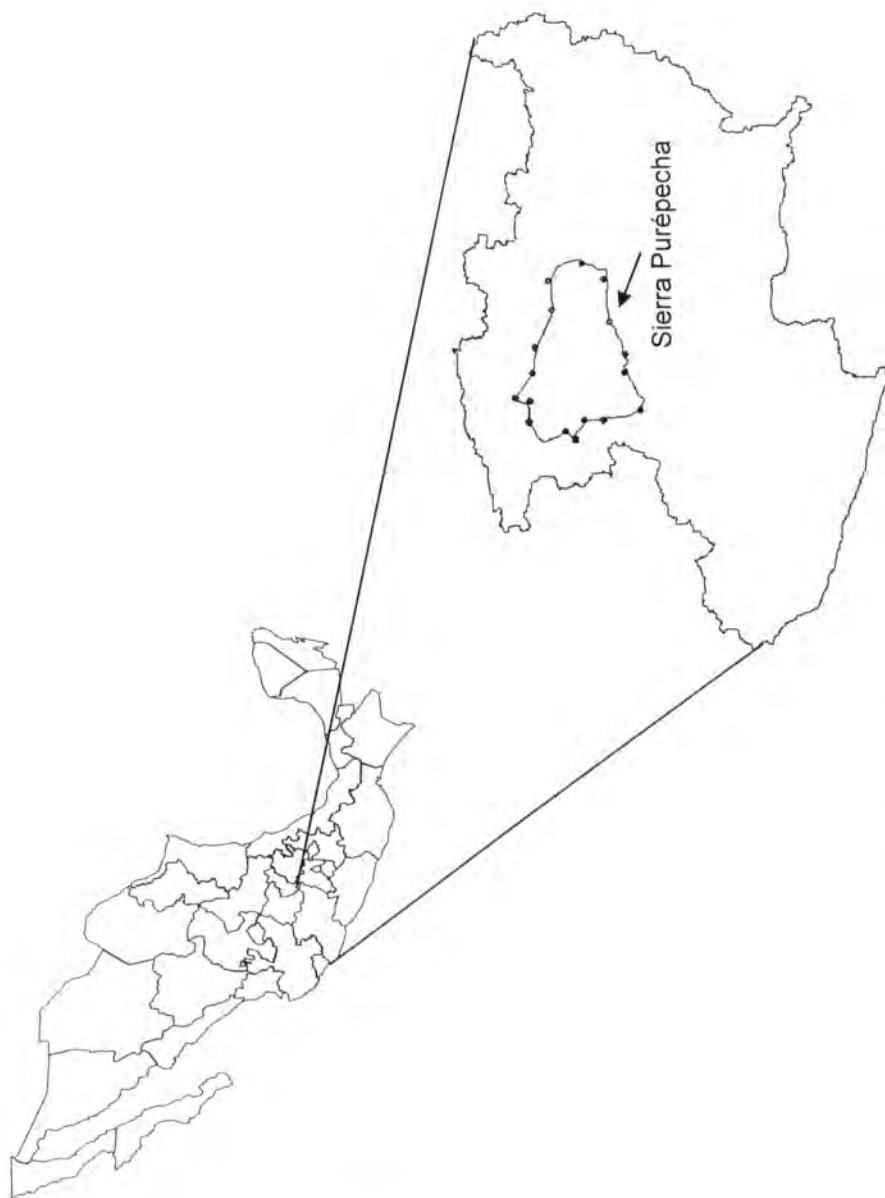


Figura 1. Localización de la Sierra Purépecha, Michoacán

- a) Andosol: vítrico, ócrico, húmico y mólico
- b) Cambisol: crómico, eutrico
- c) Regosol: eutrico
- d) Luvisol: crómico
- e) Litosol: dístrico
- f) Feozem: húmico
- g) Vertisol: crómico, pélico.

Vegetación.- En el lugar se distinguen cinco tipos de vegetación, cada uno de los cuales muestran una composición florística propia y tienen zonas ecotonales bien definidas. Con base en los recorridos de campo, revisión bibliográfica y cartográfica se estima que aproximadamente en la mitad del área (297,205 ha), la cubierta vegetal es natural, lo que es una respuesta a la fuerte presión por utilizar las tierras para la agricultura. Debido a la conformación de los factores geográficos y a la existencia de cierta homogeneidad en la altitud, clima, geología y suelos, la disposición y tipo de vegetación forestal guardan un patrón especial. El bosque de pino-encino es el de mayor extensión, en las partes altas se desarrolla el bosque de oyamel y en otras se observan únicamente pino, encino, bosque mesófilo de montaña o matorral subtropical. La descripción de cada uno se detalla a continuación (Bello, 1993).

**Bosque de *Quercus*.**- Cubre las faldas de los cerros en altitudes de 900 a 2500 y marca el límite inferior de los bosques de pino (muchas veces mezclándose con ellos); el clima es menos húmedo y un poco más caliente. Forma un bosque bajo y abierto, de 4 – 10 m de altura, en la transición de tierra caliente, o bien, bosques densos y oscuros de 15 - 20 m de altura, en las montañas altas de la Sierra Purépecha. Durante la época de sequía, casi todos los encinares desprenden sus hojas, las cuales, por lo general, son gruesas, de tamaño mediano o grande. Entre las especies de la región de mayor altitud se pueden citar a *Quercus candicans* Née., *Quercus crassipes* Humb. et Bonpl., *Quercus laurina* Humb. et Bonpl., *Quercus rugosa* Née., *Quercus obtusata* Humb. et Bonpl., *Prunus serotina* ssp. *capuli* (Cav.) McVaugh., *Crataegus pubescens* (HBK.) Steud., *Arbutus xalapensis* HBK., *Ipomoea murucoides* Roem. & Schult. Entre los arbustos se identifican: *Acacia farnesiana* (L.) Willd., *Senecio salignus* DC., *Solanum madreense* Fernald.; y de las herbáceas: *Pinnaropappus roseus* (Less.) Less., *Crotalaria rotundifolia* (Walt.) Gmelin., *Piqueria trinervia* Cav., *Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn. y *Guardiola mexicana* Humb. et Bonpl.

En los sitios de menor altitud (< 1000 msnm), que son más cálidos y secos, las especies mejor representadas son: *Quercus magnoliifolia* Neé y *Quercus scytophylla* Liebm., con frecuencia acompañadas por *Acacia pennatula* (Willd.) Benth. y *Garrya laurifolia* Benth.



**Bosque de *Pinus-Quercus*.**- Está localizado en la zona de transición de los bosques de *Pinus* a los de *Quercus*. Por lo general se distribuye en las faldas de los cerros cuyas altitudes varían de 1000 a 2600 m, de clima templado y lluvias de verano, entre los templados y los cálidos. Conforman comunidades densas de 15 a 20 m de altura, como las de las montañas altas de la Sierra Tarasca. En las áreas de 2000 msnm, es común observar los siguientes taxa arbóreos: *Pinus michoacana* Martínez, *Pinus pseudostrobus* Lindl., *P. leiophylla* Schiede & Deppe, *Quercus rugosa* Neé, *Q. castanea* Neé, *Q. obtusata*, *Arbutus xalapensis* HBK. y *Alnus acuminata* HBK. Entre 1000 y 2000 msnm: *Pinus michoacana*, *Pinus oocarpa* Schiede., *Quercus magnoliifolia*, y *Arbutus xalapensis*. De los arbustos destacan: *Verbesina greenmannii* Urb., *Baccharis heterophylla* HBK., *Dalea tomentosa* (Cav.) Willd., *Eupatorium areolare* DC. y *Acacia villosa* (Sw.) Willd.; y en el estrato herbáceo: *Begonia balmisiana* Balmis, *Eragrostis lugens* Nees, *Lasciasis procerrima* (Hack.) A. Hitchc., *Salvia lavanduloides* Benth., *Tagetes stenophylla* Robinson y *Pteridium aquilinum*.

**Bosque de *Pinus*.**- Es característico de los lugares montañosos, algunas veces bordeado por bosques de oyamel y en otras, mezclado con éstos; forma grandes masas forestales y domina el paisaje de amplias regiones del estado, en altitudes de 2,000 a los 3,500 m. El clima es templado lluvioso en el verano. Esta vegetación crece en la Sierra del Centro, en la región conocida como Meseta Tarasca y otras zonas más al oriente. Desde el punto de vista económico son los más importantes y explorados del género *Pinus*, así como los mejor distribuidos en Michoacán.

Las especies que los constituyen son numerosas, a saber: *Pinus douglasiana* Martínez, *P. leiophylla*, *P. michoacana*, *P. montezumae* Lamb., *P. oocarpa*, *P. pringlei* Shaw. y *Pinus teocote* Schletdl. & Cham. Otros árboles comunes son: *Alnus acuminata*, *Arbutus glandulosa* Mart. & Gal., *Clethra mexicana* A. DC., *Crataegus mexicana* Moc. & Sessé ex DC. y *Garrya laurifolia* Benth. Los arbustos dominantes incluyen a: *Baccharis conferta* HBK., *Calliandra grandiflora* (L'Hér.) Benth., *Stevia serrata* Cav., *Verbesina greenmannii* y *Satureja macrostema* (Benth.) Briq. En el estrato herbáceo sobresalen: *Lopezia racemosa* Cav., *Lupinus montanus* HBK., *Loeselia mexicana* (Lam.) Brand, *Penstemon tenuifolius* Benth., *Penstemon campanulatus* (Cav.) Willd., *Muhlenbergia macroura* HBK. Hitchc. y *Festuca* spp. Existen otras plantas no menos importantes que las antes citadas, pero con menor presencia numérica, que además tienen uso artesanal y medicinal, entre otros; todas ellas tienen una disposición relacionada con la densidad del bosque de pinoencino, como sucede con las Gramineae, Asteraceae, Leguminosae y Lamiaceae.

**Bosque de *Abies*.**- Se desarrolla a una altitud variable entre 2500 y 2800 m, a lo largo de las cañadas en donde existe el clima templado húmedo, heladas frecuentes y suelo rico en nutrimentos; sus principales representantes son los "abetos", "oyameles" o "pinabetes" (*Abies* spp.). Alcanzan de 20 a 40 m de altura,

de copa cónica y follaje verde oscuro, forman una densa masa forestal. Se ubican principalmente en localidades de la Sierra Centro, tales como Tancitaro, Nahuatzen, Patamban, Pátzcuaro, etc. De las especies arbóreas que a veces acompañan al oyamel se pueden mencionar: *Alnus acuminata*, *Arbutus glandulosa*, *Clethra mexicana* y *Quercus laurina*. Entre los arbustos presentes se identifican: *Acaena elongata* L., *Arracacia atropurpurea* (Lehm.) Benth. et Hook, *Pernethya mexicana* Camp. y *Senecio angulifolius* DC.; y entre las herbáceas más abundantes se identifican: *Chrisantellum mexicanum* HBK., *Ranunculus petiolaris* HBK. ex DC., *Senecio sangisorbae* DC. y *Senecio toluccanus* DC.

**Matorral subtropical.**- Se le encuentra por abajo de los bosques de *Quercus*, en los lomeríos de rocas ígneas que bordean los valles y ciénega de la región norte del estado, entre 1,500 y los 2,000 msnm. En esta asociación los climas son semicálidos subhúmedos, con lluvias de verano. Vegetan árboles de 3 a 8 m de altura y numerosos arbustos de 1 a 3 m, en la época de sequía casi todos los individuos desprenden sus hojas. Los taxa arbóreos más comunes incluyen a: *Bursera bipinnata* (Sessé & Moc. ex DC.) Engl., *Eysenhardtia polystachya* (Ort.) Sarg. e *Ipomoea murucoides* Roem. & Schult. En el estrato arbustivo se observan: *Acacia farnesiana* (L.) Willd., *Buddleia sessiliflora* HBK., *Croton morifolius* Willd., *Lantana camara* L., *Mimosa aculeaticarpa* var. *biuncifera* (Benth.) Barneby, *Senecio salignus* DC. y *Verbesina sphaerocephala* A. Gray. Las Gramineae presentes son: *Bouteloua filiformis* (Fourn.) Griff., *Hilaria cenchroides* HBK. y *Oplismenus burmanii* (Retz.) Beauv.; y epifitas como *Tillandsia usneoides* L.

## Toma de Datos

Después de una revisión bibliográfica en busca de información local y regional que fundamentara el estudio, se diseñaron los formatos para las encuestas de campo; en ellos se concentraron las descripciones particulares de cada planta melífera y del medio ecológico. Los criterios adoptados para elegir a los informantes consistieron en: 1) que fuera nativo de la región y 2) que tuviera un conocimiento amplio de las plantas útiles, con especial atención sobre la flora apícola.

Se recolectaron todas las plantas melíferas a lo largo de transectos lineales de 3 a 4 km en promedio con orientación indistinta (Cox, 1978), tratando de abarcar todas las variantes del medio (tipos de vegetación, altitud, suelos). Para cada una de ellas se llenó una forma de registro con los siguientes datos: localidad, altitud, fecha, estado, municipio, forma de crecimiento, medio de vida, altura de la planta, nombre común, fenología, tipo de vegetación, hábitat y asociación. Al finalizar lo anterior, se realizó la herborización y montaje de los ejemplares mediante técnicas convencionales (Vela et al., 1982). El material se identificó mediante claves especializadas disponibles (McVaugh, 1984; McVaugh, 1989; Rzedowski y Calderón de Rzedowski, 1979; Rzedowski y Calderón de Rzedowski,

1985; Rzedowski y Calderón de Rzedowski, 1990), para los distintos grupos de plantas; además se cotejó con material botánico de los herbarios regionales (Instituto de Ecología, A.C., Pátzcuaro, Mich. Y Facultad de Biología, UMSNH, Morelia, Mich.). El material botánico fue depositado en el Herbario del Campo Experimental Uruapan, Michoacán, INIFAP.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se registraron 19 familias, 51 géneros y 60 especies procedentes de bosques templados de pino, pino-encino, encino, mesófilo de montaña, oyamel, matorral subtropical y vegetación secundaria derivada de los mismos.

El número de taxa melíferos en otras regiones del país con alta producción de miel asciende a 38 en promedio (Villanueva y Collí, 1996). En Quintana Roo, una de las tres entidades más destacadas en este sentido, se han citado 40 (Villanueva, 2001). Para Michoacán se tienen identificadas 133 especies, principalmente en ambientes cálidos (Villegas et. al, 1999); de ellas, ocho coinciden con las recolectadas en la Sierra Purépecha: *Baccharis heterophylla*, *Biden pilosa* L., *Buddleia sessiliflora*, *Crataegus mexicana*, *Leonotis nepetifolia* (L.) R. Br. Brown., *Ricinus communis* HBK. y *Senecio salignus*

La familia botánica con el mayor número de plantas melíferas fue Asteraceae con 22 especies, seguida por Lamiaceae y Leguminosae con seis cada una y Scrophulariaceae con dos (Cuadro 1).

La abundancia de las Asteraceae coincide con lo señalado por Rzedowski (1978), en el sentido de que México es el centro de mayor diversidad para la familia, con una distribución que incluye matorrales, pastizales y bosques de pino-encino. Inventarios regionales de plantas útiles la colocan como la mejor representada en los bosques templados de pino, pino-encino, oyamel y bosque mesófilo de montaña (Bello, 1993; Silva, 1996; Farfán, 2001; Hurtado y Rodríguez, 2001; Bernal, 2002; García, 2002; Delgado, 2003).

Las plantas melíferas tienen órganos de atracción (nectarios) florales o extraflorales que secretan néctar. Las Asteraceae los portan en las inflorescencias, con lo cual le proporcionan a las abejas la posibilidad de obtener más néctar; por su parte, las Lamiaceae poseen discos nectaríferos en el interior de su arreglo floral, que son importantes para atraer a los insectos. La cantidad de néctar producido varía además por la influencia de factores genéticos, climáticos y condiciones de suelo ([http://www.agrobit.com/info\\_tecnica/alternativos/apicultura/AL\\_000003ap.htm](http://www.agrobit.com/info_tecnica/alternativos/apicultura/AL_000003ap.htm)).

Del total de especies recolectadas, las de hábito ruderal y arvense (malezas) fueron muy comunes y abundantes, y ofrecen un alto potencial para la producción de néctar; se les denomina con una gran diversidad de nombres

Cuadro 1. Familias con mayor número de especies melíferas en la Sierra Purépecha, Mich.

Familia	Géneros (N)	Especies (N)
Asteraceae	16	22
Lamiaceae	4	6
Leguminosae	5	6
Scrophulariaceae	2	2

comunes y en su mayoría pertenecen a las Asteraceae, familia que incluye algunos géneros con mayor número de taxa, tales como: *Bidens*, *Senecio* y *Baccharis* (Cuadro 2). Para la región de la Cuenca de Pátzcuaro, Michoacán, se citan 13 taxa de malezas que se desarrollan en ambientes fuertemente modificados por el hombre, de los cuales un pequeño grupo son de origen europeo (Díaz-Barriga y Bello, 1993). Cabe mencionar que muchos son de uso múltiple, destacando el melífero, medicinal, forrajero, comestible, ornamental y, en contraste, otras ocasionan graves daños a la agricultura como *Sicyos deppei* G. Don (chayotillo) (Díaz-Barriga y Bello, 1993).

Las malezas son plantas bien adaptadas a las condiciones antropógenas peculiares de la zona de estudio y su auge se inició, sin duda, al comenzar a practicarse la agricultura cuando el hombre se hizo sedentario. El aumento de la población en la región y el progreso de la civilización han sido poderosos factores que influyeron en la evolución y en la expansión de esos vegetales, los que constituyen un elemento de primer orden en la vegetación de la región Purépecha.

Las plantas melíferas importantes en una determinada zona, no lo son en otra, ya que el recurso que aportan varía ampliamente con las condiciones de clima y suelo locales; además, pueden existir otros taxa que contribuyan con un producto más abundante, o de mejor calidad y que no estén presentes en el primer lugar considerado.

A partir del cambio de uso del suelo, de forestal a agrícola, frutícola y pecuario, muchas de los vegetales considerados melíferos que integran la vegetación primaria de estos bosques han mermado sus poblaciones, y en consecuencia, la producción de néctar; sin embargo, las abejas procuran adaptarse a las nuevas condiciones del medio, buscando otras alternativas para extraer polen y néctar, como el aguacate (*Persea americana* Mill; *P. gratisima* Gaertn), durazno (*Prunus*

Cuadro 2. Géneros con mayor número de especies melíferas en la Sierra Purépecha, Mich.

Género	Nombre común	Especies (N)
<i>Bidens</i>	Aceitilla	4
<i>Salvia</i>	Chía	3
<i>Dalea</i>	Rudilla	2
<i>Senecio</i>	Jara	2
<i>Baccharis</i>	Jaratakua	2

*pérsica* (L.) Batsch), manzano (*Pyrus malo* L.), peral (*Pyrus communis* L.), mango (*Mangifera indica* L.), limonero (*Citrus* spp.), naranja (*Citrus sinensis*), toronja (*Citrus paradisi* Macfad.) y café (*Coffea arabica* L.).

Al respecto habría que aclarar que la obtención de mieles de buena calidad (uniflorales) está relacionado con la polinización de muchos cultivos, lo que a su vez favorece el alto rendimiento por hectárea (Crane, 1975). La miel de estas plantas uniflorales "agrícolas", tiene un alto valor comercial.

En el cuadro 3 se enuncian todas las especies recabadas por orden alfabético de la familia con información fenológica, ecológica y de distribución.

Cuadro 3. Listado de plantas melíferas

#### ASTERACEAE

*Astranthium orthopodum* (B. L. Rob. & Fernald) Larsen. "Bola de hilo" "Árnica blanca"

Hábitat: bosques de pino y pino-encino; altitudes de 1900 a 2400 m.  
 municipios de Charapan, Cherán, Chilchota, Erongarícuaro,  
 Distribución: Huiramba, Los Reyes, Morelia, Nahuatzen, Paracho, Pátzcuaro,  
 Quiroga, S. Escalante, Tancitaro, Tangarícuaro, Uruapan y Zacapu.  
 Floración: junio a noviembre



*Baccharis heterophylla* HBK. "Karatakua" "Jara-china"

- Hábitat: bosques de pino, encino y pino-encino; altitudes de 1200 a 2400 m.  
Distribución: municipios de Cherán, Erongarícuaro, Jiquilpan, Los Reyes, Morelia, Morelos, Paracho, Quiroga, S. Escalante, Tingambato, Tzintzuntzan, Uruapan, Zacapu, Zinapécuaro y Ziracuaretiro.  
Floración: abril a agosto

*Baccharis pteronioides* DC. "Jaratakua"

- Hábitat: bosques de pino, pino-encino, encino y matorral subtropical; altitudes de 1200 a 2100 m.  
Distribución: municipios de Erongarícuaro, Los Reyes, Morelia, Paracho, Pátzcuaro, Purépero, Quiroga, Tzintzuntzan  
Floración: noviembre a mayo

*Bidens aequisquama* (Fernald) A. Gray "Moradilla" "Aceitilla"

- Hábitat: bosques de pino y pino-encino; altitudes de 2000 a 2600 m  
Distribución: municipios de Carapan, Cherán, Chilchota, Erongarícuaro, Los Reyes, Morelia, Nahuatzen, Paracho, Pátzcuaro, Quiroga, Tancítaro, Tangancícuaro y Uruapan.  
Floración: septiembre a diciembre

*Bidens laevis* (L.) B.S.P. "Andancillo" "Andan negro"

- Hábitat: bosques de pino-encino; altitudes de 1000 a 1600 m.  
Distribución: municipios de Morelia, Pátzcuaro, Tzintzuntzan y Zacapu.  
Floración: prácticamente a lo largo de todo el año.

*Bidens pilosa* L. "Aceitilla" "Kutsumu"

- Hábitat: bosques de pino y pino-encino; altitudes de 1590 a 2320 m.  
Distribución: municipios de Los Reyes, Morelia, Pátzcuaro, Periban y Uruapan.  
Floración: marzo a mayo.

*Bidens triplinervia* HBK. "Aceitilla"

- Hábitat: vegetación secundaria; altitudes de 2000 a 3100 m.  
Distribución: municipios de Cherán, Nahuatzen, Paracho, Pátzcuaro y Quiroga.  
Floración: julio a noviembre

*Chaptalia seemannii* (Sch. Bip.) Hemsl. "xukurhi-teri"

- Hábitat: bosques de pino; altitudes de 1500 a 2500 m  
Distribución: municipio de Cherán  
Floración: febrero a abril.

*Cosmos bipinnatus* Cav. "Amapola de campo" "Amapolu uekutini anapu"

- Hábitat: vegetación secundaria y en bosques de pino y encino; altitudes de 2000 a 2500 m  
 Distribución: municipios de Cherán, Chilchota, Erongarícuaro, Los Reyes, Morelia, Paracho, Pátzcuaro y Quiroga.  
 Floración: septiembre a noviembre

*Eupatorium pycnocephalum* Less. "Flor de uchepo"

- Hábitat: Bosques de pino; altitudes de 600 a 2550 m  
 Distribución: municipios de Erongarícuaro, Morelia, Paracho, Pátzcuaro, Quiroga, Tingambato, Tzitzuntzan, Uruapan y Zacapu  
 Floración: octubre a marzo

*Galinsoga parviflora* Cav.

- Hábitat: Bosques de pino; altitudes de 1200 a 2500 m  
 Distribución: municipios de Cherán, Morelia, Pátzcuaro, Tzintzuntzan, Uruapan y Zacapu.  
 Floración: julio a noviembre

*Guardiola mexicana* Humb. et Bonpl.

- Hábitat: bosques de pino, pino-encino y matorrales subtropicales; altitudes de 1500 a 2000 m  
 Distribución: municipios de Cherán, Erongarícuaro, Morelia, Pátzcuaro, Quiroga, Tingambato, Tzitzuntzan, Uruapan, Zacapu y Ziracuaretiro  
 Floración: mayo a octubre

*Haplopappus venetus* (H. B. K.) Blake var. *hartwegii* (A. Gray)McVaugh "Damiana"

- Hábitat: bosques de pino, matorrales y en lugares disturbados; se asocia frecuentemente a *Opuntia*, *Acacia* y *Mimosa*; altitudes de 2000 a 2300 m  
 Distribución: municipio de Cherán  
 Floración: junio a diciembre

*Heterotheca inuloides* Cass. "Árnica"

- Hábitat: bosques de pino, pino-encino y vegetación secundaria; se asocia a *Mimosa* y *Opuntia*; altitudes de 1400 a 2100 m  
 Distribución: municipios de Charapan, Cherán, Los Reyes, Morelia, Nahuatzen, Paracho, Pátzcuaro, Tancitaro, Tingambato y Uruapan  
 Floración: julio a noviembre

*Perymenium globosum* B.L. Rob.

- Hábitat: bosques de pino-encino o mesófilo de montaña; altitudes de 1500 a 2200 m  
Distribución: municipios de Erongarícuaro, Nahuatzen, Paracho, Quiroga, Uruapan y Zacapu  
Floración: octubre a enero

*Senecio albonervius* Greenm. "Zupiach"

- Hábitat: bosques de pino y pino-encino; altitudes de 2500 a 3000 m  
Distribución: municipios de Cherán, Los Reyes, Nahuatzen, Paracho, Pátzcuaro, Quiroga, Tancítaro, Tingambato y Uruapan  
Floración: febrero a abril

*Senecio salignus* DC. "Jara"

- Hábitat: bosques de pino, encino y pino-encino; altitudes de 1200 a 2500 m, inclusive a mayor altura.  
Distribución: municipios de Cherán, Erongarícuaro, Los Reyes, Morelia, Pátzcuaro, Quiroga, Tancítaro y Zacapu  
Floración: enero a julio

*Simsia amplexicaulis* (Cav.) Pers. "Peri" "Andán"

- Hábitat: bosques de pino, pino-encino y vegetación secundaria; altitudes de 1300 a 2300 m  
Distribución: municipios de Cherán, Erongarícuaro, Los Reyes, Morelia, Nahuatzen y Pátzcuaro  
Floración: agosto a noviembre

*Tithonia tubaeformis* (Jacq.) Cass. "Andán"

- Hábitat: bosques de pino, encino y vegetación secundaria; altitudes de 1000 a 2400 m  
Distribución: municipios de Chilchota, Los Reyes, Morelia, Pátzcuaro y Tancítaro.  
Floración: septiembre a febrero

*Vernonia alamanii* DC. "Flor azul" "Tsitsiki uaroti"

- Hábitat: bosques de pino, encino y pino-encino; altitudes de 1500 a 2500 m  
Distribución: municipios de Chilchota, Erongarícuaro, Los Reyes, Morelia, Pátzcuaro, Tingambato, Tzitzuntzan y Zacapu  
Floración: noviembre a febrero

*Verbesina greenmanii* Urb. "Capitaneja"

- Hábitat: bosques de pino y pino-encino; altitudes de 1000 a 2500 m  
 Distribución: municipios de Erongarícuaro, Pátzcuaro, Quiroga, Tzintzuntzan, Uruapan  
 Floración: octubre a enero

*Verbesina sphaerocephala* A. Gray. "Verbesina" "Capitaneja" "Agatapu k'eri"

- Hábitat: bosques de pino, encino y matorrales; altitudes de 1200 a 2200 m  
 Distribución: municipios de Chilchota, Erongarícuaro, Pátzcuaro, Quiroga, Tangancicuaro, Tzintzuntzan y Zacapu.  
 Floración: agosto a noviembre
- 

## BEGONIACEAE

*Begonia gracilis* HBK. "Ala de ángel"

- Hábitat: matorrales, pastizales, bosques de pino, y pino-encino, en lugares húmedos y sombríos, con frecuencia entre piedras y rocas; altitudes de 1600 a 3000 m  
 Distribución: municipios de Charapan, Cherán, Chilchota, Coeneo, Erongarícuaro, Los Reyes, Madero, Maravatío, Morelia, Nahuatzen, Paracho, Pátzcuaro, Quiroga, S. Escalante, Tacámbaro, Tancítaro, Tingambato y Uruapan.  
 Floración: mayo a julio
- 

## BORAGINACEAE

*Ehretia latifolia* DC. "Tumin"

- Hábitat: matorrales y pastizales, en lugares secos, con frecuencia entre piedras y rocas; altitudes de 2000 a 2500 m  
 Distribución: municipios de Erongarícuaro, Morelia, Pátzcuaro y Zacapu  
 Floración: marzo a mayo
- 

## BRASSICACEAE

*Eruca sativa* Mill. "Rábano blanco" "Mostaza"

- Hábitat: bosques de pino, pino-encino, matorral subtropical, como arvense o ruderal; altitudes de 2000 a 3000 m  
 Distribución: municipios de Los Reyes, Morelia, Nahuatzen, Quiroga, Tancítaro y Tzintzuntzan  
 Floración: octubre a diciembre

---

## CUCURBITACEAE

*Cyclanthera tamnoides* (Willd.) Cogn.

Hábitat: bosques de pino-encino y matorrales; altitudes de 1600 a 2500 m.  
Distribución: los municipios de Erongarícuaro, Morelia, Paracho, Pátzcuaro, S. Escalante, Tancitaro, Uruapan  
Floración: marzo a junio

*Sycyos deppei* G. Don. "Chayotillo" "Enredadera" "Apupusirukukata"

Hábitat: vegetación secundaria; altitudes de 2000 a 2200 m  
Distribución: municipios de Cherán, Erongarícuaro, Los Reyes, Pátzcuaro y Morelia  
Floración: marzo a junio

---

## EUPHORBIACEAE

*Euphorbia calyculata* HBK. "Chupire"

Hábitat: matorrales y vegetación secundaria; altitudes de 2000 a 2300 m.  
Distribución: municipios de Erongarícuaro, Morelia, Pátzcuaro, Quiroga  
Floración: octubre a enero

*Ricinus communis* L. "Higuerilla"

Hábitat: vegetación secundaria, como maleza ruderal; altitudes de 1600 a 2300 m.  
Distribución: municipios de Erongarícuaro, Morelia, Pátzcuaro y Uruapan  
Floración: marzo a mayo

*Quercus obtusata* Humb. et Bonpl. "Encino blanco" "Roble" "Encino rojo". "Encino chino" "Tocuz"

Hábitat: bosques mixtos de pino-encino, matorrales, bosque mesófilo; al  
Distribución: municipios de Cherán, Nuevo San Juan Parangaricutiro, Erongarícuaro, Tingambato, Uruapan, Chilchota, Ziracuaretiro, Zacapu, Los Reyes, Tancitaro  
Floración: marzo a mayo

---

## LAMIACEAE

*Hyptis mutabilis* (Rich.) Briq.

Hábitat: bosques de pino, matorral o bien en un medio ruderal; altitudes de 1600 a 2500 m  
Distribución: municipios de Erongarícuaro, Jacona, Morelia, Pátzcuaro, Periban, S. Escalante, Uruapan, Zacapu  
Floración: octubre a enero



*Leonotis nepetifolia* (L.) R.Br. Brown. "Bastón" "Texuku"

- Hábitat: bosques de pino-encino, como arvense y ruderal; altitudes de 1700 a 2500 m.  
 Distribución: municipios de Erongarícuaro, Morelia, Pátzcuaro, Quiroga, S. Escalante y Uruapan.  
 Floración: octubre a diciembre

*Salvia lavanduloides* Benth. "Lucema", "Alucema" "Chía"

- Hábitat: bosques de pino-encino, encino-pino y pino; altitudes de 1600 a 3000 m.  
 Distribución: municipios de Charapan, Cherán, Chilchota, Erongarícuaro, Los Reyes, Morelia, Nahuatzen, Paracho, Pátzcuaro, Peribán, Quiroga, Tingambato, Tzintzuntzan, Uruapan, Zacapu y Ziracuaretiro  
 Floración: octubre a enero

*Salvia mexicana* L. "Chía" "Charahuesca"

- Hábitat: bosques de pino, pino-encino, bosque de encino, matorral subtropical y vegetación secundaria; altitudes de 2000 a 2700 m  
 Distribución: municipios de Charapan, Cherán, Chilchota, Erongarícuaro, Los Reyes, Morelia, Nahuatzen, Nuevo San Juan Parangaricutiro, Paracho, Pátzcuaro, Quiroga, Tancitaro, Tangancícuaro, Tingambato, Uruapan y Zacapu.  
 Floración: octubre a diciembre

*Salvia reflexa* Hornem. "Salvia"

- Hábitat: bosques de pino-encino; altitudes de 2000 a 2500 m  
 Distribución: municipios de Peribán y Morelia  
 Floración: octubre a diciembre

*Stachys coccinea* Jacq.

- Hábitat: bosques de encino, pino-encino y matorral; altitudes de 2000 a 2700 m.  
 Distribución: municipios de Erongarícuaro, Los Reyes, Morelia, Nahuatzen, Pátzcuaro, y Tzintzuntzan.  
 Floración: octubre a diciembre

## LEGUMINOSAE

*Acacia angustissima* (Mill.) Kuntze. "Huizache" "Tepamu"

- Hábitat: matorrales y pastizales, algunas veces con encinos y pinos; altitudes de 1200 a 2200 m.  
Distribución: municipios de Chilchota, Erongarícuaro, Morelia, Nahuatzen, Paracho, Pátzcuaro, Quiroga, Tzintzuntzan y Uruapan.  
Floración: enero a diciembre

*Crotalaria longirostrata* Hook. & Arn. "Sonajilla" "Vaca" "Empanadilla" "Kurhinditu"

- Hábitat: bosques de pino y pino-encino; altitudes de 1600 a 2500 m  
Distribución: municipios de Chilchota, Los Reyes, Morelia, Pátzcuaro, Quiroga, Tancitaro, Tingambato, Tzinzuntzan, Zacapu y Uruapan.  
Floración: agosto a noviembre

*Dalea obovatifolia* var. *uncifera* (Sch. & Cham.) Barneby, "Rudilla" "Xukurhi sipieti"

- Hábitat: bosques de pino-encino; altitudes de 1600 a 2700 m  
Distribución: municipios de Cherán, Chilchota, Coeneo, Erongarícuaro, Los Reyes, Morelia, Pátzcuaro, Tancitaro, Tangancícuaro, Tingambato y Zacapu.  
Floración: agosto a diciembre

*Dalea tomentosa* (Cav.) Willd. "Borreguillo" "Karichi sapichu"

- Hábitat: bosques de pino-encino, con distribución; altitudes de 1600 a 1900 m.  
Distribución: municipios de Peribán y Quiroga.  
Floración: septiembre a diciembre

*Mimosa albida* Humb. & Bonpl. ex Willd. "Vergonzosa"

- Hábitat: bosque de pino, pino-encino, encino y matorrales; altitudes de 1200 a 2200 m.  
Distribución: municipios de Morelia, Peribán, San Juan Nuevo Parangaricutiro, Tzintzuntzan, Uruapan y Ziracuaretiro.  
Floración: agosto a noviembre

*Trifolium amabile* HBK. "Trebol" "Carretilla" "Pitangua" "Uirhijpiku sapichu"

- Hábitat: bosques de pino-encino, pino y vegetación secundaria; altitudes de 1600 a 2800 m.  
Distribución: municipios de Cherán, Chilchota, Erongarícuaro, Los Reyes, Morelia, Nahuatzen, Paracho, Pátzcuaro, Peribán, Quiroga, Tancitaro, Tangancícuaro, Tingambato, Uruapan y Zacapu  
Floración: julio a diciembre o durante todo el año

---

## LOGANIACEAE

*Buddleja sessiliflora* HBK. "Tepuza" "Pupurachku"

- Hábitat: bosques de pino, encino y pino-encino; altitudes de 1900 a 2500 m.  
Distribución: municipios de Cherán, Erongarícuaro, Los Reyes, Morelia, Nahuatzen, Pátzcuaro, Tingambato, Tzintzuntzan y Uruapan.  
Floración: octubre a diciembre
- 

## LORANTHACEAE

*Psittacanthus calyculatus* (DC.) G. Don. "Muérdago" "Injerto" "Matapalo"

- Hábitat: bosque de encino, matorral y vegetación secundaria; altitudes de 1600 a 2600 m.  
Distribución: municipios de Erongarícuaro, Los Reyes, Morelia, San Juan Parangaricutiro, Pátzcuaro, Quiroga, Tancitaro, Tangancicuaro, Tingambato, Uruapan, Ziracuaretiro.  
Floración: marzo a mayo
- 

## MALVACEAE

*Anoda cristata* (L.) Schlecht. "Violeta de campo" "Amapolita del campo" "Amapolita morada"

- Hábitat: bosques de pino-encino o bien como maleza arvense; altitudes de 1600 a 2500 m.  
Distribución: municipios de Chilchota, Erongarícuaro, Morelia, Nuevo San Juan Parangaricutiro, Pátzcuaro, Quiroga, Tzintzuntzan y Uruapan.  
Floración: octubre a diciembre o durante todo el año

*Sida rhombifolia* L. "Huinare", "Cuentere" "Uinarhini"

- Hábitat: bosques de pino, encino, pino-encino y vegetación secundaria; altitudes de 1550 a 2500 m.  
Distribución: municipios de Chilchota, Erongarícuaro, Los Reyes, Pátzcuaro, Peribán, Quiroga, Tancitaro, Uruapan y Zacapu.  
Floración: octubre a diciembre o durante todo el año
- 

## ONAGRACEAE

*Fuchsia thymifolia* HBK. "Azulema" "Uarhoti piriraku"

- Hábitat: lugares húmedos y sombríos, cañadas, barrancas, en bosques de pino, pino-encino, oyamel y mesófilo de montaña; altitudes de 1600 a 2800 m

Distribución: municipios de Chilchota, Morelia, Paracho, Pátzcuaro, Quiroga y Uruapan.

Floración: octubre a diciembre

*Lopezia racemosa* Cav. "Guayabilla" "Alfilerillo" "Peritas" "Enandimisu"

Hábitat: lugares húmedos dentro de los bosques de pino, pino-encino, y vegetación secundaria derivada de éstos; altitudes de 2000 a 2650 m.

Distribución: municipios de Cherán, Charapan, Los Reyes, Nahuatzen, Paracho, Pátzcuaro, Tancitaro, Tingambato y Uruapan.

Floración: octubre a diciembre

*Oenothera rosea* L'Hér. ex Aiton. "Yerba del golpe" "Xukurhi atakurhikuri"

Hábitat: bosques de pino y pino-encino y en vegetación secundaria; altitudes de 2000 a 2600 m.

Distribución: municipios de Charapan, Cherán, Erongarícuaro, Los Reyes, Morelia, Nahuatzen, Paracho, Pátzcuaro, Quiroga, Tingambato y Uruapan.

Floración: octubre a diciembre

---

#### PAPAVERACEAE

*Argemone ochroleuca* Sweet. "Chicalote"

Hábitat: ruderal y arvense; altitudes de 1800 a 2500 m

Distribución: municipios de Morelia, Paracho, Pátzcuaro, Quiroga, Tingambato, Uruapan y Zacapu.

Floración: febrero a mayo

*Bocconia arborea* S. Watson. "Inguambo"

Hábitat: bosques mesófilos y vegetación secundaria; altitudes de 1600 a 2300 m

Distribución: municipios de Tangancicuaro, Tingambato y Uruapan

Floración: todo el año

---

#### RHAMNACEAE

*Ceanothus caeruleus* Lag. "Chavín" "caninda-balis"

Hábitat: bosques de pino-encino, encino-pino, encino y vegetación secundaria; altitudes de 1900 a 2300 m.

Distribución: municipios de Cherán, Chilchota, Erongarícuaro, Los Reyes, Morelia, Nahuatzen, Paracho, Pátzcuaro, Quiroga, Tancitaro, Tingambato, Tzintzuntzan, Uruapan y Zacapu

Floración: diciembre a mayo

## ROSACEAE

*Crataegus mexicana* Moc. & Sessé. "Tejocote"

- Hábitat: bosques de pino, pino-encino, oyamel o bien en comunidades secundarias; altitudes de 1800 a 2600 msnm
- Distribución: municipios de Cherán, Chilchota, Erongarícuaro, Morelia, Nuevo San Juan Parangaricutiro, Nahuatzen, Paracho, Pátzcuaro, Quiroga, Tingambato, Tzintzuntzan y Uruapan
- Floración: febrero a mayo

*Prunus capuli* Cav. "Capulín"

- Hábitat: bosques fríos y húmedos de pino y pino-encino; altitudes de 2000 a 2500 m, o superiores
- Distribución: municipios de Cherán, Erongarícuaro, Los Reyes, Morelia, Paracho, Pátzcuaro, Quiroga, Tingambato, Uruapan y Zacapu.
- Floración: octubre a diciembre

## SCROPHULARIACEAE

*Lamouroxia multifida* HBK. "Flor de San Miguel" "Flor de arete" "Tirindin-tsitsiki"

- Hábitat: bosques de pino-encino y encino; altitudes de 1700 a 2700 m.
- Distribución: municipios de Cherán, Chilchota, Erongarícuaro, Los Reyes, Morelia, Nahuatzen, Paracho, Pátzcuaro, Quiroga, Tingambato, Tzintzuntzan, Uruapan y Zacapu
- Floración: octubre a diciembre

*Penstemon campanulatus* (Cav.) Willd. "Frente al sol" "Chatzarucua"

- Hábitat: bosques de pino-encino, mesófilo de montaña, matorrales o bien como ruderal; altitudes de 2000 a 2500 m o superiores.
- Distribución: municipios de Cherán, Los Reyes, Morelia, Nahuatzen, Pátzcuaro, Quiroga, Tancitaro y Tangancícuaro.
- Floración: octubre a enero

## VERBENACEAE

*Priva mexicana* (L.) Pers.

- Hábitat: matorrales; altitudes de 2000 a 2500 m
- Distribución: municipios de Pátzcuaro y Quiroga
- Floración: octubre a diciembre



*Lippia pringlei* Briq. "Lipia"

Hábitat: bosques de pino; altitudes de 1600 a 2600 msnm  
Distribución: municipios de Los Reyes, Morelia, Pátzcuaro y Uruapan  
Floración: marzo a mayo

*Verbena carolina* L. "Verbena" "San Juan" "No se casa" "Notembucha"

Hábitat: bosques de pino, encino, pino-encino y vegetación secundaria; altitudes de 2000 a 2650 msnm  
Distribución: municipios de Charapan, Cherán, Chilchota, Nahuatzen, Paracho, Pátzcuaro, Uruapan y Zacapu  
Floración: octubre a diciembre

---

VIOLACEAE

*Viola grahamii* Benth

Hábitat: bosques de pino-encino o bien lugares muy disturbados; en altitudes de 1900 a 2800 m  
Distribución: municipios de Cherán, Erongaricuaró, Los Reyes, Morelia, Pátzcuaro, Quiroga y Uruapan.  
Floración: octubre a diciembre

---

**CONCLUSIONES**

La flora melífera identificada es rica con 19 familias, 51 géneros y 60 especies, de las cuales Asteraceae fue la que aportó el mayor número de especies de las plantas de interés (22), seguida por Lamiaceae y Leguminosae con seis cada una y Scrophulariaceae con dos. Su distribución sugiere un potencial importante de aprovechamiento regional, lo que permitirá diversificar y ampliar la fuente de producción de miel en la zona estudiada.

**REFERENCIAS**

- Bello G., M. A. 1993. Plantas útiles no maderables de la Sierra Purépecha, Michoacán. México. Folleto Técnico No. 10. CIRPAC-Michoacán/INIFAP. Uruapan, Mich., México. 115 p.
- Bernal P., M. 2002. Estudio florístico y ecológico de las arvenses en cultivos de maíz de temporal de Villa Morelos, Michoacán. México. Tesis profesional. Escuela de Biología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán. México. 44 p.
- Cox, G. W. 1978. Laboratory of general ecology. Wm. Brown Company Publishers, Dubuque, IA, USA. pp.43-47.

- Crane, E. 1975. Honey. A comprehensive survey. Heinemann Books, Ltd. London, UK. 608 p.
- Delgado L., A. M. 2003. Las plantas medicinales de Cutzataro, municipio de Acutzio del Canje, Michoacán, disponibilidad y extracción. Tesis profesional. Escuela de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Mich. México. 78 p.
- Demant, A. 1981. L'Axe Néovolcanique Transmexicain. Étude volcanologique et pétrographique. Signification Géodynamique. Thèse de Doctorat de Troisième cycle. Université de Marseille 111, France. 89 p.
- Demant, A., R. Mauvois y L. Silva. 1976. El Eje Neovolcánico. *In*: Memorias del Iller Congreso Latinoamericano de Geología. Excursión No. 4. Instituto de Geología. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F., México. 15 p.
- Díaz-Barriga, H. y M. A. Bello G. 1993. Contribución al conocimiento de la flora de la Cuenca del Lago de Pátzcuaro. Libro Técnico No. 1. CIRPAC-Michoacán/INIFAP. Uruapan, Mich., México. 161 p.
- Farfán H., B. 2001. Aspectos ecológicos y etnobotánicos de los recursos vegetales de la comunidad Mazahua Francisco Serrano, municipio de Zitácuaro, Michoacán, México. Tesis Profesional, Escuela de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Michoacán, México. 91 p.
- García P., J. 2002. Plantas útiles de San Pedro Jacuaro, municipio de Ciudad Hidalgo, Michoacán. México. Tesis Profesional. Escuela de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Michoacán, México. 66 p.
- [http://www.agrobit.com/info\\_tecnica/alternativos/apicultura/AL\\_000003ap.htm](http://www.agrobit.com/info_tecnica/alternativos/apicultura/AL_000003ap.htm). Enero del 2006).
- Hurtado R., N. y J. C. Rodríguez. 2001. Estudio de la flora medicinal del municipio de Copándaro de Galeana, Michoacán, México. *In*: Memorias del XV Congreso Mexicano de Botánica. Querétaro, México. p. 644.
- Instituto Nacional de Estadística, Geográfica e informática (INEGI). 1985. Síntesis geográfica del estado de Michoacán, México. Secretaría de Programación y Presupuesto. Dirección General de Geografía. p. 316.
- Labougle-Rentería, J. M. y J. A. Zozaya-Rubio. 1986. La apicultura en México. Ciencia y Desarrollo, 69: 1736.
- Martínez M., M. G. 1987. Contribución al conocimiento de la flora apícola en la región del ejido Los Remedios, municipio de Jiquilpan, estado de Michoacán (México). Tesis Profesional. Escuela de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Michoacán. Morelia, Mich., México. 59 p.
- McVaugh, R. 1984. Flora Novo-Galiciana. Compositae. Vol. 12. University of Michigan Press. Ann Arbor, MI. USA. 1157 p.

- McVaugh, R. 1989. Flora Novo-Galiciana. Leguminosae. Vol. 5. University of Michigan Press. Ann Arbor, MI, USA. 786 p.
- Melchor-Sánchez, M., M. Camacho y M. S. Lozano-García. 1993. Atlas de las plantas y el polen utilizados por las cinco especies principales de abejas productoras de miel en la región del Tapan, Chiapas, México. Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México, Publicación Especial. 104 p.
- Ordetz G., S., J. A. Zozaya Rubio y W. F. Millán. 1972. Estudio de la flora apícola nacional. Escuela Nacional de Agricultura. Dirección General de Extensión Agrícola. Chapingo, Edo. de Méx. México. 95 p.
- Rzedowski J. 1978. Vegetación de México. LIMUSA, México, D.F. 432 p.
- Rzedowski J. y G. Calderón de Rzedowski. 1979. Flora fanerogámica del Valle de México. Vol. 1 (Generalidades, Gymnospermae, Dicotyledoneae). Ed. Continental. México, D. F. México. 403 p.
- Rzedowski, J. y G. Calderón de Rzedowski. 1985. Flora fanerogámica del Valle de México, Vol. II (Dicotyledoneae). Escuela Nacional de Ciencias Biológicas-Instituto Politécnico Nacional. Instituto de Ecología, A. C. México, D. F. pp. 610-611.
- Rzedowski, J. y G. Calderón de Rzedowski. 1990. Flora fanerogámica del Valle de México. Vol. III. Centro Regional del Bajío. Instituto de Ecología. Pátzcuaro, Mich., México. 494 p.
- Silva S., P. 1996. Inventario de la flora vascular y de plantas útiles de los pedregales del Municipio de Huaniqueo, Michoacán, México. Tesis profesional, Escuela de Biología- Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Michoacán. Morelia, Mich., México. 36-126 pp.
- Sousa N., N. 1940. Plantas melíferas y poliníferas que viven en Yucatán. Talleres Linotipográficos "El Porvenir". Yucatán, México. 25 p.
- Sousa N., N. 1981. Plantas melíferas y poliníferas que viven en Yucatán. Fondo Editorial de Yucatán. Mérida, Yuc. México. 26 p.
- Suárez M., V. M. 1981. Flora melífera y polinífera de la península yucateca o de fácil propagación en la región. Fondo Editorial de Yucatán. Mérida, Yuc. México. 29 p.
- Vela G., L., A. Hernández R. y J. C. Boyás. 1982. Instructivo para la colecta de material botánico. Bol. Div. 49. Inst. Nal. Invest. Forest.-SARH. México, D.F. 27 p.
- Villanueva G., R. 2001. Calidad polinífera de las mieles en Quintana Roo. In: Memorias del XIV Seminario Apícola de la Unión Nacional de Productores Apícolas de México. Tepic, Nay., México. 38 p.
- Villanueva G., R. y W. Coll U. 1996. La apicultura en la Península de Yucatán, México y sus perspectivas. Ensayo. El Colegio de la Frontera Sur. Folia Entomológica Mexicana 97: 55-70.

- Villegas-Durán, G., G., A. Bolaños-Medina, J. A. Miranda-Sánchez, I. L. Quintana-Rocha, E. O. Guzmán-Quintana y J. J. M. Zaval-Ruiz. 1999. Flora nectarífera y polinífera en el estado de Michoacán. COTECOCA-SAGAR. México, D.F. 160 p.
- Wulfrath, A. y J.J. Speck, 1953. La flora melífera. *In*: Enciclopedia apícola. Folleto No. 28. 2ª edición. Ediciones Mexicanas, México, D.F., México. 97 p.

## NOTA TÉCNICA

# ÍNDICES DE COMPETENCIA DEPENDIENTES DE LA DISTANCIA EN BOSQUES DE CONÍFERAS DE PUEBLO NUEVO, DURANGO

Dorian de Jesús Pimienta De la Torre<sup>1</sup>, Oscar A. Aguirre Calderón<sup>1</sup>  
y Javier Jiménez Pérez<sup>1</sup>

### RESUMEN

La competencia entre los árboles ocurre cuando la disponibilidad de recursos cae por debajo de la suma de los requerimientos de la población para el crecimiento óptimo. De manera indirecta, los índices de competencia (IC) estiman el estrés que se establece entre los árboles por acceder a la luz, al bióxido de carbono, al agua y a los nutrimentos; esta información, incorporada a un modelo de predicción, hace posible calcular su crecimiento y mortalidad. El objetivo del presente estudio fue evaluar índices de competencia dependientes de la distancia con el auxilio de modelos de crecimiento, ajustados por regresión no lineal, para obtener los más convenientes para los bosques de coníferas. La selección se basó en los estadísticos del análisis de regresión a partir de los modelos de crecimiento con diferentes índices, para observar su respuesta y grado de exactitud. Los resultados indican que los mejores IC incluidos en un modelo de predicción del incremento en área basal (lg) fueron dos: 1) el denominado del área de copa, en el que se ajustaron los modelos de crecimiento de Fresse seguido por el de Korf (coeficiente de determinación ( $R^2$ )= 0.2344, un cuadrado medio del error (CME) =0.000000160 y valor de F = 424.4658) y 2) el índice de Biging y Dobbertin, cuyo modelo logarítmico presentó en los estadísticos de ajuste,  $R^2 = 0.2438$ , CME = 0.000000183 y valor de F = 624.55

**Palabras clave:** Área de copa, bosques de pino, coníferas; Durango, índices de competencia, modelos de crecimiento.

Fecha de recepción 22 de diciembre de 2005  
Fecha de aceptación 15 de octubre de 2007

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León.  
Correo-e: [djpimient@hotmail.com](mailto:djpimient@hotmail.com)



## ABSTRACT

Competition among trees occurs when the availability of resources is lower than the sum of requirements of the population for its optimum growth. Indirectly, Competition Indexes (IC) estimate stress among trees when trying to get light, carbon dioxide, water and nutrients; if these data are put into a prediction model, they can evaluate growth and mortality. The purpose of this study was to determine distance dependent competition models, supported by non-linear regression, in order to obtain the most accurate option for conifer forests. The choice was based upon the statistical values from the growth models of the regression analysis of different indexes, in order to observe the best response and degree of accuracy. The choice was based upon the statistical values from the growth models of the regression analysis of different indexes and thus obtain the best response and degree of accuracy. Results show that two were the best indexes included in a prediction model of the basal area (lg): 1) the so-called crown area index, in which Fresse growth model followed by Korf's was adjusted ( $R^2 = 0.2344$ ;  $SME = 0.000000160$ ;  $F = 424.4658$ ) and 2) Biging y Dobbertin index, whose logarithmic model values were  $R^2 = 0.2438$ ,  $SME = 0.000000183$  and  $F = 624.55$

**Key words:** Crown area, pine forest, conifers, Durango, competition indexes, growth models.

Los árboles requieren luz, bióxido de carbono, agua y minerales para vivir y hacen mucho más que incrementar su volumen cuando crecen, pues tienen la capacidad de responder y ajustarse a cambios en su ambiente, que se manifiesta en patrones de dinámica muy variados. No se conocen muchos de los detalles de cómo se regulan estos procesos de adaptación, pero se acepta que uno de los factores que más influye sobre el crecimiento de un árbol es la interacción espacial con otros árboles (Waring y Running, 1998).

La interacción espacial no debe entenderse sólo como un proceso antagónico, que es lo que, por lo general, habitualmente se asume cuando se usa el término "competencia", sino que provoca situaciones que favorecen a todos los árboles afectados, como la protección o adaptación mutua al medio (Trepl, 1994). A menudo se define como la obstrucción física al desarrollo de otro árbol que está tan próximo como para limitar la expansión de su copa (Gadow y Hui, 1999). La competencia entre los árboles se verifica cuando la disponibilidad de recursos cae por debajo de la suma de las demandas de la población para el crecimiento óptimo (Brand y Magnussen, 1988).

Los índices de competencia estiman de manera indirecta, a través de relaciones específicas, el estrés entre árboles por recursos tales como luz,  $CO_2$ , agua y nutrientes, los que incorporados en un modelo de predicción, evalúan el crecimiento de los árboles y su mortalidad (Valles e Islas, 2000).

Los índices hacen posible proyectar el crecimiento de los árboles en el rodal forestal con base en la competencia ahí presente, que se expresa en valores relativos, como la relación del área basal del rodal con la de cada árbol dentro de una zona de competencia, ya sea con ciertos atributos de los árboles, como longitudes y amplitudes de copa, alturas, o bien, índices no tan simples que consideran la distancia de los vecinos más cercanos con objeto de ponderar su relación con el crecimiento potencial y la mortalidad (Valles e Islas, 2000).

Se han elaborado numerosos índices para cuantificar la competencia entre árboles, basados en analizar los efectos que provoca la existencia de árboles cercanos en el área potencial de crecimiento de un árbol, utilizando información espacial en dos o incluso en tres dimensiones (Clutter *et al.*, 1983; Tomé y Burkhart, 1989; Pukkala, 1989; Holmes y Reed, 1991; Biging y Dobbertin, 1992 y 1995; Vanclay, 1994; Trepl, 1994; Gadov y Hui, 1999).

Así, el objetivo del estudio fue evaluar índices de competencia dependientes de la distancia con el auxilio de modelos de crecimiento, ajustados por el procedimiento de regresión no lineal, que permitan obtener los mejores índices para los bosques de coníferas.

El presente estudio se realizó en la región de El Salto, municipio de Pueblo Nuevo, Durango, en el ejido La Victoria, ubicado al suroeste de este estado, entre los paralelos 23° 40' 04" y 23° 47' 54" de latitud norte y los meridianos 105° 21' 31" y 105° 29' 52" de longitud oeste.

Las condiciones climáticas, fisiográficas y de vegetación son las siguientes (Reporte de la Auditoría Anual, 2004):

El **clima** es C(w<sub>2</sub>) y C(e)(w<sub>2</sub>), templado subhúmedo con lluvias en verano y templado extremo, de acuerdo a la clasificación de Köppen modificado por García (1973), con una precipitación media anual de 800 mm.

Los **suelos** son de tipo cambisol, regosol y litosol con textura predominante de gruesa a media.

En la mayor parte del predio, la **vegetación** está conformada por bosques de pino-encino. Las principales especies de pino son *Pinus cooperi* Blanco, *P. leiophylla* Schl. y Cham. y *Pinus durangensis* Martínez.

Los datos de muestreo se tomaron de ocho sitios permanentes de 5,000 m<sup>2</sup>, donde predominan las especies forestales enunciadas; en cada uno de ellos se marcó una franja de 8 m con el objeto de eliminar el efecto de borde de las parcelas de dimensiones fijas y limitar la superficie de los árboles de referencia para la evaluación de la competencia. Se establecieron 50 cuadrantes de 100 m<sup>2</sup>, donde se calculó la distribución espacial de cada árbol y de ellos se realizaron las mediciones dasométricas (DAP, altura total, altura de fuste limpio,

longitud de los últimos 10 anillos, longitudes de copa e incremento en área basal (I<sub>g</sub>) a partir del incremento diamétrico).

Para seleccionar los competidores se aplicó el método propuesto por Lee y Gadow (1997) con un ángulo de eliminación de competencia de 45°. Álvarez *et al.* (2003) analizaron diez técnicas con tal propósito y los mejores resultados los obtuvieron con el método antes citado, y utilizaron el mismo ángulo. Para cada árbol de referencia (árbol 0) se determinó, en primera instancia, la zona de competencia (CZ) con el radio de competencia (CZR). El vecino próximo al árbol 0 es el primer competidor. A partir del árbol de referencia se estableció el ángulo de eliminación de competencia (CEA) del primer competidor, el cual toca los extremos de su fuste, de modo que la proyección del ángulo en el terreno conforma el sector de eliminación de competencia (CES<sub>1</sub>). Los árboles que se ubican en el CES<sub>1</sub> no se consideran competidores activos. La zona de competencia (CZR) se calculó mediante la fórmula siguiente:

$$CZR = k \cdot \sqrt{\frac{10000}{N}}$$

Donde:

k= constante que define el radio de la zona de competencia ( $2 < k < 4$ )

N= número de árboles por hectárea

Posteriormente, se escogió como primer competidor activo al árbol más cercano al de referencia, descartando todos los demás situados detrás de él en el sector circular denominado CES<sub>1</sub>, que está definido por el ángulo de eliminación de competencia (Figura 1). El procedimiento se repitió para cada uno de los árboles próximos al de referencia, "moviendo" el ángulo y el sector de eliminación de competencia hasta cubrir toda el área de interés.

Una vez designados los árboles competidores de cada parcela se evaluaron los índices de competencia dependientes de la distancia (Cuadro 1).

Se aplicaron los modelos de crecimiento (Cuadro 2) para evaluar los IC y predecir el I<sub>g</sub> para el bosque de pino mediante regresión no lineal, ajustados por el paquete estadístico STATISTICA<sup>®</sup>, con el fin de corroborar su eficiencia, y estimar así el incremento y la dinámica de los bosques.

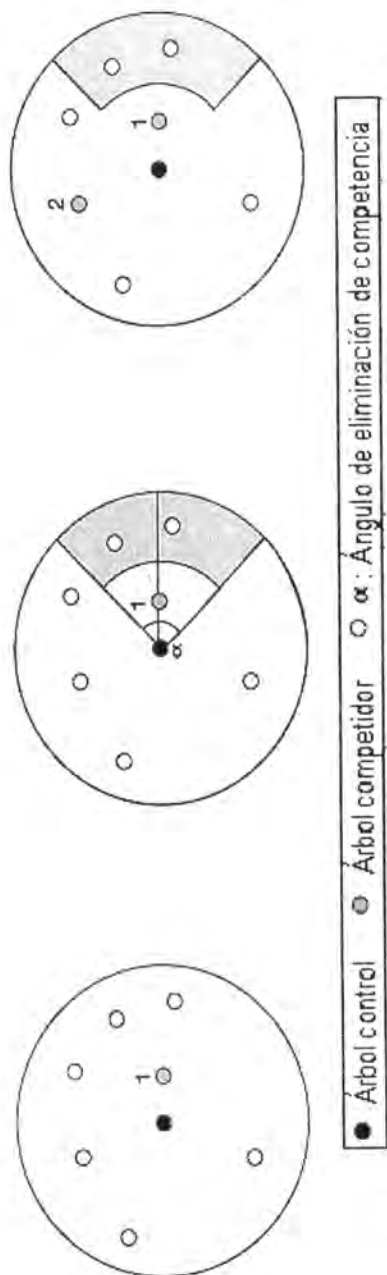


Figura 1. Esquema del proceso de selección de los competidores activos según el concepto de ángulo de eliminación de competencia (Lee y Gadow, 1997).

Cuadro 1. Índices de competencia dependientes de la distancia en bosques de coníferas de Pueblo Nuevo, Durango.

Índice	Ecuación
Hegyí (1974)	$= \sum_{j=1}^n \frac{D_j / D_i}{Dist_{ij}}$
Bigging y Dobbertín (1992)	$= \sum_{j=1}^N \frac{M_j}{M_i * (Dist_{ij} + 1)}$
Pukkala y Kolstrom (1987)	$= \sum_{j \neq i} \frac{h_j}{h_j * Dist_{ij}}$
Del área de copa (CCSA)	$= \sum_{j \neq i} \frac{M_j}{M_i * Dist_{ij}}$

Donde:

- D<sub>j</sub> = Diámetro normal del árbol competidor,
- D<sub>i</sub> = Diámetro del árbol de referencia i,
- Dist<sub>ij</sub> = Distancia entre el árbol de referencia i y el competidor j,
- n = número de árboles competidores,
- M = Área superficial de la copa (m<sup>2</sup>),
- H = Altura total.



Cuadro 2. Modelos de crecimiento para evaluar los IC y predecir el Ig en un bosque de pino.

Modelo	Ecuación
Schumacher	$Y = ae^{b/t^c}$
Chapman-Richards	$Y = a(1 - e^{-bt})^c$
Gompertz	$Y = ae^{-b^{-ct}}$
Korf	$Y = ae^{-bt^{-c}}$
Logístico	$Y = a / (-1 + ce^{-bt})$
Weibull	$Y = a(1 - e^{-bt})$
Hossfeld IV	$Y = t^c / (b + t^c / a)$
Yoshida I	$Y = at^d / (b + t^d) + c$
Logarítmico	$Y = a_0 + a_1 * \log(d)$
Prodan	$Y = 1.3 + \frac{d^2}{a_1 + a_2 * d + a_3 * d^2}$
Petterson	$Y = 1.3 + \left( \frac{d}{a_0 + a_1 * d} \right)^2$
Korsun	$Y = e^{(a_0 + a_1 * \ln(d) + a_2 * \ln(d)^2)}$
Fresse	$Y = e^{(a_0 + a_1 * \ln(d) + a_2 * d)}$
Michailoff	$Y = a_0 * e^{(a_1 / d)} + 1.3$
Van Laar	$Y = e^{(a_0 + a_1 / d + a_2 / d^2)}$
Sloboda	$Y = ae^{-bc^{ct^d}}$
Polinomio de 2º grado	$Y = a_0 + a_1 * d + a_2 * d^2$
Levakovic I	$Y = a(t^d / (b + t^d))^c$

Donde:

Y	=	Altura total
d	=	Diámetro de 1.30 m
t	=	Edad
log	=	Logaritmo base 10
ln	=	Logaritmo natural
e	=	Exponente
a, b, c, d	=	Parámetros estadísticos

El mejor índice de competencia se eligió con base en los estadísticos de los análisis de varianza obtenidos en los modelos de crecimiento con los diferentes índices, observándose la respuesta y su grado de exactitud; para ello se utilizaron el cuadrado medio del error (CME), el coeficiente de determinación ( $R^2$ ) y el valor de F.

De los cuatro índices de competencia probados, solo dos ofrecen el mejor ajuste respecto a los estadísticos considerados. El primero fue el CCSA, cuyo modelo logarítmico tuvo un  $R^2$  de 0.24, un CME de 0.000000159 y un valor de F de 415.78. No hay mucha variación en los modelos ya que los CME y el  $R^2$  son muy similares, por lo que cualquiera de ellos puede predecir el lg, ya que explican de 22 a 23% el incremento en área basal en función de la competencia. El segundo fue el de Biging y Dobbertin (1992), cuyo modelo logarítmico manifestó un  $R^2$  de 0.24, un CME de 0.000000183 y un valor de F de 624.55.

En el Cuadro 3 se exponen los estadísticos de ajuste, se advierte una pequeña variación en los modelos, lo que se corrobora por su varianza que corresponde a los valores menores del CME y altamente significativos ( $p > F = 0.001$ ).

En las Figuras 2 y 3 se ilustran los modelos de lg con el IC ajustado, en las que se aprecia que, cuando se tiene menos competencia, el peso del factor positivo es mucho mayor que el de las restricciones o factor negativo, por lo que el incremento se dispara, dando lugar a una curva de evaluación cóncava.

A medida que la competencia es mayor, las restricciones también, por lo que ocurre un cambio en la curvatura de la gráfica de evaluación, que procede del valor mínimo de la de incremento. A partir de entonces, y en virtud de que siguen aumentando las limitaciones, la curva de crecimiento disminuye de forma paulatina. Esta tendencia continúa hasta que los factores que favorecen y se oponen al crecimiento se igualan, por lo que cesa el crecimiento y se estabiliza la competencia (Figuras 2 y 3), hecho que corresponde matemáticamente con la asíntota horizontal.

Cuadro 3. Estadísticos de ajuste para los cuatro modelos de índices de competencia.

Estadísticos de ajuste IC Hegyi (1974)			
Modelo	CME	R <sup>2</sup>	Valor F
Fresse	0.000000359	0.16	301.46
Logaritmico	0.000000359	0.15	453.77
Korf	0.000000363	0.15	297.97
Korsun	0.000000361	0.15	299.24
Hossfeld	0.000000364	0.15	223.04
IC Pukkala y Kolstrom (1987)			
Modelo	CME	R <sup>2</sup>	Valor F
Logaritmico	0.000000247	0.18	278.43
Hossfeld	0.000000249	0.17	413.51
IC del área de copa (CCSA)			
Modelo	CME	R <sup>2</sup>	Valor F
Fresse	0.000000161	0.23	424.47
Logaritmico	0.000000159	0.23	415.78
Korf	0.000000161	0.23	424.42
Korsun	0.000000161	0.23	423.56
Hossfeld	0.000000161	0.22	639.44
IC Biging y Dobbertin (1992)			
Modelo	CME	R <sup>2</sup>	Valor F
Fresse	0.000000185	0.24	412.20
Logaritmico	0.000000183	0.24	624.55
Korf	0.000000189	0.24	305.73

Estos dos últimos IC ofrecen una mayor eficiencia para modelar el crecimiento en área basal ya que explican de 23 a 24% el incremento en este parámetro en función de la competencia.

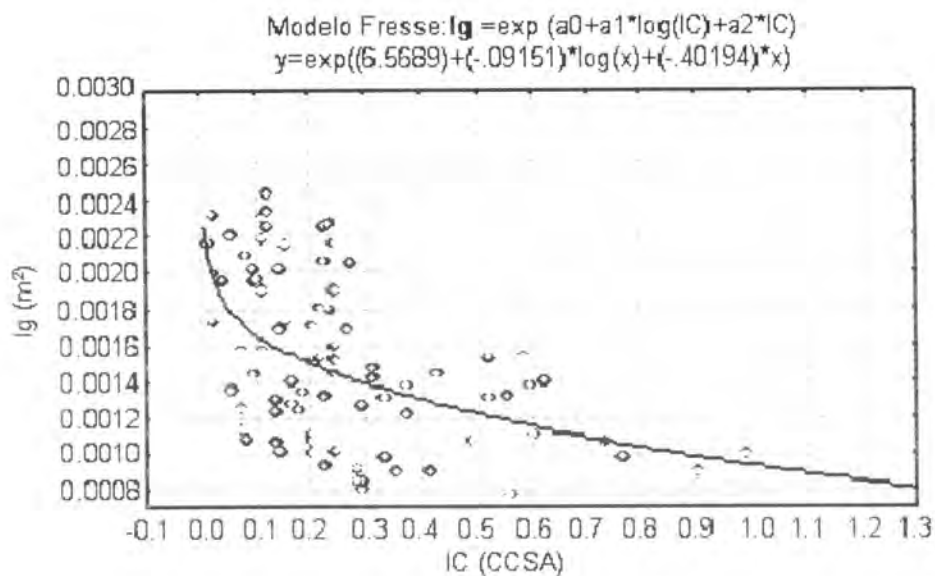


Figura 2. Área basal en función del índice de competencia del CCSA. Modelo de Fresse.

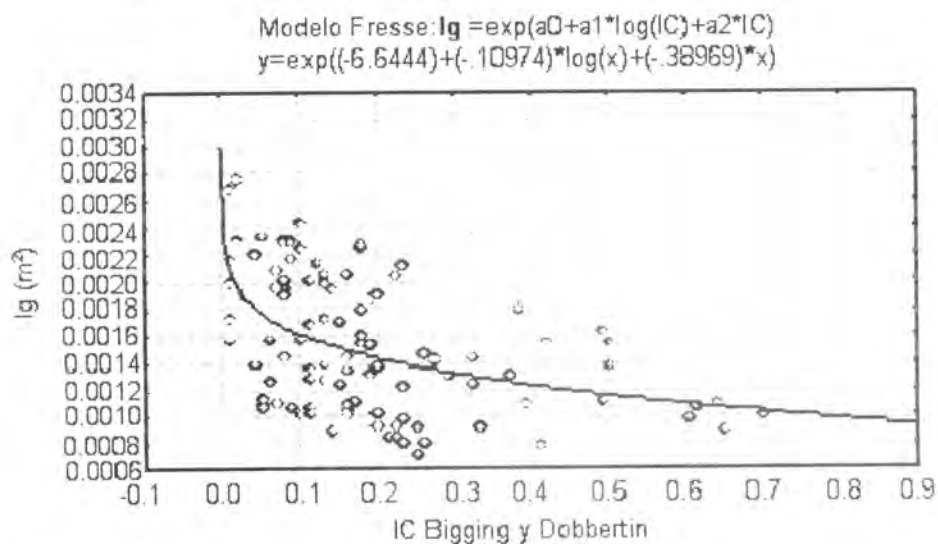


Figura 3. Área basal en función del índice de competencia de Biging y Dobbertin. Modelo Logarítmico.

Los índices de Hegyi (1974) y el de Pukkala y Kolstrom (1987) mostraron altos valores en los CME y bajos  $R^2$  y en consecuencia, los modelos no tuvieron un buen ajuste. Los valores altos en el CME, se debe a que no se reduce al mínimo la suma de errores ajustados debido al sesgo y a la variación.

El índice de competencia CCSA y el de Biging y Dobbertin (1992) indican que la varianza de los modelos tuvieron valores menores del CME y un incremento en los  $R^2$ ; además ambos son altamente significativos ( $pr > F = 0.001$ ). Estos índices son ponderados por el área de copa, por lo que dicha reducción pueda estar asociada a la variable en cuestión. Lo anterior concuerda con el planteamiento de Biging y Dobbertin (1995) que consiste en que los parámetros de copa son más eficientes para estimar competencia.

El CME obtenido concuerda con Martin y Ek (1984), Biging y Dobbertin (1992), Valles e Islas (2000), Valles *et al.* (2003) y Valadez (2004) quienes lo utilizaron para la evaluación de los índices de competencia. Algunos autores como Tomé y Burkhart (1989), Valles e Islas (2000), Valles *et al.* (2003) y Valadez (2004) también han incluido el  $R^2$  para el mismo propósito, con valores de 0.37, 0.47, 0.53 y 0.67, respectivamente.

Los valores en los  $R^2$  del CCSA y Biging y Dobbertin (1992) no explican más del 24% del incremento en área basal en función de la competencia, pero simulan la dinámica del crecimiento individual del bosque. Por lo tanto, para incrementar los coeficientes de determinación es necesario incorporar otras variables que permitan mejorar la eficiencia de dichos índices.

Con las observaciones de campo y algunas muestras de *Pinus leiophylla*, *P. durangensis* y *P. cooperi* que se incluyeron se determinó que, por tratarse de especies diferentes, la competencia es mucho menor debido a sus requerimientos nutricionales particulares. Según Hocker y Harold (1984) si dos plantas de especies diferentes ocupan posiciones adyacentes en una localidad pueden competir por la luz y la humedad, y sus requerimientos minerales son ligeramente distintos, complementan su abastecimiento y satisfacen otras necesidades, verificándose entre ellas poca o ninguna competencia, ya que evolucionan de forma desigual. La competencia naturalmente ocurre entre los individuos de la misma (intraespecie) o de otra especie (interespecie).

Los índices de competencia evaluados indican que el área superficial de copa es un buen parámetro para evaluar los IC, porque influyen en el incremento basal de un bosque de coníferas.

Se puede conocer el grado de exactitud de cada índice de competencia incluido en un modelo matemático al estimar el crecimiento y rendimiento de los bosques naturales, porque son una herramienta válida para predecir y modelar el crecimiento de árboles individuales.



## AGRADECIMIENTO

Gracias al apoyo financiero otorgado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) al Proyecto Clave 41181-Z, "Estructura y Dinámica de Ecosistemas Forestales en el Norte de México" fue posible la elaboración del estudio que dio origen al presente documento.

## REFERENCIAS

- Álvarez, T. M. F., M. Barrio A., J. Gorgoso V. y J. G. Álvarez G. 2003. Influencia de la competencia en el crecimiento en sección en *Pinus radiata* D. Don. Invest. Agrar. Sist. Recur. For. Vol. 12 (2):25-35. Lugo, España.
- Biging, G. S. and M. Dobbertin. 1992. A comparison of distance-dependent competition measures for height and basal area growth of individual conifer trees. For. Sci. 38 (3): 695-720.
- Biging, G. S. and M. Dobbertin. 1995. Evaluation of competition indexes in individual tree growth models. For Sci. 41 (2): 360-377.
- Brand, D. C. and S. Magnussen. 1988. Asymmetric two-sided competition in even-aged monocultures of red pine. Can. J. For. Res. 18: 901-910.
- Clutter, J. L., J. C. Fortson, L. V. Peinar, G. H. Brister and R. L. Bailey. 1983. Timber management: a quantitative approach. John Wiley and Sons, Inc. New York, NY. pp. 3-29.
- Gadow, K.V. and G. Y. Hui. 1999. Modelling forest development. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht, Germany. 213 p
- García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen Instituto de Geografía. UNAM. México, D. F., México. 246 p.
- Hegyí, F. 1974. A simulation model for managing jack-pine stands. In: Fries, J. (Ed.): Growth models for tree and stand simulation. Royal College of Forestry. Stockholm, Sweden. pp. 74-90.
- Hocker, J. R. y W. Harold. 1984. Introducción a la Biología Forestal. A.G.T. Editor, S. A. México, D. F. 446 p.
- Holmes, M. J. and D. D. Reed. 1991. Competition indexes for mixed species in Northern hardwoods. For. Sci. 37(5):1338-1349.
- Lee, W. K. and K. V. Gadow. 1997. Iterative Bestimmung der Konkurrenzbaume in *Pinus densiflora* Beständen. Allgemeine Forst-und Jagdzeitung 168 (3/4):41-44.
- Martin, G. L. and A. R. Ek. 1984. A comparison of competition measures and growth models for predicting plantation of red pine diameter and height growth. For. Sci. 30 (3):731-743.
- Pukkala, T. 1989. Prediction of tree diameter and height in a Scotch pine stand as a function of the spatial pattern of trees. Silva Fenn. 23: 83-99.
- Pukkala, T. and T. Kolstrom. 1987. Competition indexes and the prediction of radial growth in Scotch pine. Silva Fenn. 23 : 83-99

- Reporte de la Auditoría Anual. 2004. Certificación SmartWood del Ejido La Victoria SW-FM/COC-154.
- Tomé, M. and H. E. Burkhart. 1989. Distance dependent competition measures for predicting growth of individual trees. *For. Sci.* 35 (3): 816-831.
- Trepl, L. 1994. Competition and coexistence- on the historical background in ecology and the influence of economy and social sciences. *Ecol. Modelling* 75/76:99-110.
- Valles G., A. G. y F. Islas G. 2000. Sistemas de ecuaciones del simulador del crecimiento maderable para la región de San Dimas, Durango. "Sicremars versión 1.0". INIFAP. México. 55 p.
- Valles G., A. G., R. F. González L., A. Gallegos I., J. M. Torres-Rojo, J. J. Navar C. y M. Rocha F. 2003. Evaluación de modelos matemáticos para la predicción uniforme del crecimiento en *Pinus cooperi* Blanco. VI Congreso Mexicano de Recursos Forestales. San Luis Potosí, S. L. P. México. s/p.
- Valadez, R. C. 2004. Evaluación de índices de competencia independientes de la distancia para predecir el crecimiento de especies mezcladas en San Dimas, Durango. Tesis Profesional. Escuela de Ciencias Forestales. Universidad Juárez del Estado de Durango. Durango, Dgo. México. 63 p.
- Vanclay, K.V. 1994. Modeling forest growth and yield: Applications to mixed tropical forests. CAB. International. Wallingford, Oxon, UK. 312 p.
- Waring, R. H., and S. W. Running, 1998. Forest ecosystems. Analysis at multiple scales. Academic Press Co. San Diego, CA, USA. 370 p.

**CONTENIDO**

Pág.

CONSEJO CONSULTIVO Y CONSEJO EDITORIAL	3
CONSEJO ARBITRAL	5
EDITORIAL	9
SEMBLANZA DEL DR. MIGUEL A. MUSALEM SANTIAGO	13
EFFECTO DEL TAMAÑO DE ENVASE EN EL CRECIMIENTO DE <i>Pinus engelmannii</i> Carr. EN VIVERO José Ángel Prieto Ruiz, Mario Soto García y José Ciro Hernández García	23
RESPUESTA DE LA REGENERACIÓN NATURAL EN DOS SISTEMAS SILVÍCOLAS APLICADOS EN TLAXCO, TLAXCALA Blanca Lilia Pérez Segura, Vidal Guerra de la Cruz, Fernando Carrillo Anzures, Miguel Acosta Mireles y Enrique Buendía Rodríguez	39
FLUCTUACIÓN POBLACIONAL DE <i>Dendroctonus mexicanus</i> Hopk. BAJO DOS CONDICIONES DE MANEJO FORESTAL EN MICHOACÁN, MÉXICO Ignacio Vázquez Collazo, Guillermo Sánchez Martínez y Salvador Madrigal Huendo	57
EVALUACIÓN DE LA REGENERACIÓN EN BOSQUE DE PINO MEDIANTE EL MÉTODO "PARCELA CERO" David Arturo Moreno González, José Germán Flores Garnica y Juan de Dios Benavides Solorio	79
PLANTAS MELIFERAS SILVESTRES DE LA SIERRA PURÉPECHA, MICHOACÁN, MEXICO Miguel Ángel Bello González	103
ÍNDICES DE COMPETENCIA DEPENDIENTES DE LA DISTANCIA EN BOSQUES DE CONÍFERAS DE PUEBLO NUEVO, DURANGO Dorian de Jesús Pimienta de la Torre, Oscar A. Aguirre Calderón y Javier Jiménez Pérez	129
ACTIVIDADES DE PROMOCIÓN DE LA REVISTA <i>CIENCIA FORESTAL EN MÉXICO</i>	143