

ISSN-0185-2418

CIENCIA FORESTAL

REVISTA DEL INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES FORESTALES Y AGROPECUARIAS
AREA FORESTAL

SUBSECRETARIA DE DESARROLLO Y
FOMENTO AGROPECUARIO Y FORESTAL



No.59

VOL. 11
ENERO-JUNIO
MEXICO, 1986

CIENCIA FORESTAL

VOL. 11.

ENERO-JUÍNIO 1986

No. 59

Revista de divulgación científica y tecnológica del área forestal del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos.

La recopilación, revisión y edición de los artículos que contiene esta revista, fue realizada por un comité editorial formado por las siguientes personas:

Presidente del Comité: *Carlos E. González Vicente*

Director de la Revista: *Avelino B. Villa Salas*

Editores: *Miguel Caballero Deloya*

Cecilia Nieto de Pascual Pola

Avelino B. Villa Salas.

Adicionalmente, en la revisión de los trabajos de este número en lo particular, se contó con la colaboración especial de *Adolfo A. del Río Mora, Guadalupe del Consuelo Martínez Villarreal, Alberto Gómez-Tagle Rojas, Jesús Sánchez Córdova y Mario Alberto Villagómez Loza.*

Los trabajos de impresión de este número fueron coordinados por *Ismael Casas Díaz*; la distribución estará a cargo de *María de la Luz Vela Rosales y Esther Ramírez Díaz.*

Toda correspondencia deberá dirigirse a:

Revista Ciencia Forestal

Avenida Progreso No. 5,

Viveros de Coyoacán,

04110, México, D.F.

Certificado de Licitud de Contenido Núm. 677

Certificado de Licitud de Título Núm. 1151

Serie Estándar Internacional Núm. (ISSN) 0185-2418

CIENCIA FORESTAL

VOL. 11

ENERO-JUNIO DE 1986

NUM. 59

CONTENIDO

	Pág.
Análisis radiográfico de semillas forestales en México, por <i>Pilar de la Garza López y Felipe Nepamuceno Martínez</i>	1
Dinámica de establecimiento de la regeneración de <i>Pinus arizoni-</i> <i>ca</i> Engelm., en Madera, Chihuahua, por <i>Juan Manuel Chacón Sotelo y Jesús Sánchez Córdova</i>	15
Relación suelo-vegetación del Area Experimental "Madera", por <i>Jesús Sánchez Córdova y Juan Manuel Chacón Sotelo</i>	43
Aplicación de los criterios de agrología forestal al estudio de los suelos de bosque en la zona oeste de Tapalpa, Jalisco, por <i>Alberto Gómez-Tagle Rojas y Yolanda Chávez Huerta</i>	65
Evaluación de la infestación y consideraciones biológicas de la roya de los pinos (<i>Cronartium</i> sp.) en una plantación en Michoa- cán, por <i>Renato Sánchez Ramírez y Adolfo A. del Río Mora</i>	90
Control químico del muérdago verdadero (<i>Psittacanthus</i> sp.) en la Sierra Purépecha (Meseta Tarasca), por <i>Ignacio Vázquez Collazo, Rogelio Pérez Chávez y Ramón Pérez</i> <i>Chávez</i>	106
Aspectos generales sobre la ecología poblacional de la lagartija <i>Sceloporus grammicus microlepidotus</i> (Lacertilia: Iguanidae) en la vertiente oriental del Iztaccíhuatl, Puebla, por <i>Julio A. Lemos Espinal y José de Jesús Amaya Elías</i>	127
Observaciones sobre la cotorra serrana (<i>Rynchopsitta pachy-</i> <i>rhynga</i>) en la Meseta Tarasca, Michoacán, por <i>Miguel A. Salas Páez y Constantino Orduña Trejo</i>	152
El estudio del trabajo y su aplicación en las operaciones de abas- tecimiento forestal, por <i>Mario Alberto Villagómez Loza y Daniel García Álvarez</i>	162
Características del carbón vegetal de algunas especies made- reras del noreste de México, por <i>Franz Wolf y Enrique Vogel</i>	181

NUESTRA PORTADA:

Regeneración natural en un lote experimental de *Pinus arizonica* en Madera, Chih.

Fotografía de Jesús Sánchez Córdova.

PRESENTACION

La revista CIENCIA FORESTAL, que desde 1976 hasta 1985 fue la publicación bimestral y órgano oficial del antiguo Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, aparece ahora con una nueva presentación en el número 59, después de algún tiempo de no circular en el medio forestal.

En el marco de las adecuaciones realizadas por el Gobierno Federal para modernizar y simplificar su organización, en la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, la estructuración de la Subsecretaría de Fomento y Desarrollo Agropecuario y Forestal en julio de 1985 se tradujo a su vez en la confirmación del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (INIFAP), el cual se integró con los hasta entonces Institutos Nacionales de Investigaciones Forestales (INIF), Agrícolas (INIA) y Pecuarias (INIP), en agosto del mismo año.

La conjunción de esfuerzos disciplinarios y administrativos ha sido un proceso cuidadoso que ha demandado tiempo, en función de los distintos mecanismos operativos que hasta el año de 1985 cada Instituto había ejercido por separado.

Ante la necesidad y obligatoriedad de difundir los resultados generados por sus actividades, el INIFAP continúa con los trabajos de investigación que cada Instituto desarrollaba y los difunde a través de las distintas publicaciones existentes.

En el INIFAP se continuarán y fortalecerán los esfuerzos en materia de difusión científica a través de las tres revistas especializadas para los aspectos

agrícolas, pecuarios y forestales; es decir, "Agricultura Técnica en México", "Técnica Pecuaria" y "Ciencia Forestal", que habrán de continuar con su función de divulgar los avances científicos de la Institución.

En el área forestal, el acopio de trabajos ha sido un proceso lento, que se vio afectado por los cambios administrativos descritos anteriormente, entre otras cosas; sin embargo, como un esfuerzo por alimentar el conocimiento sobre los bosques y sus productos, se optó por dar a CIENCIA FORESTAL una nueva frecuencia y un nuevo formato, con lo que se reúne un mayor número de contribuciones científicas con una periodicidad semestral.

Esto permite difundir un mayor número de estudios, a un costo más bajo y bajo un orden temático más adecuado.

Agradecemos a los autores y a los lectores de esta revista, su comprensión ante la nueva modalidad en la que se presenta CIENCIA FORESTAL, esperando contar con su apoyo, como hasta ahora se ha manifestado.

México, D.F., octubre de 1987.

ING. CARLOS E. GONZALEZ VICENTE
DIRECTOR DE CAPACITACION Y
DIFUSION

ANALISIS RADIOGRAFICO DE SEMILLAS FORESTALES EN MEXICO

Pilar de la GARZA LOPEZ *
Felipe NEPAMUCENO MARTINEZ *

INTRODUCCION

Para realizar el análisis de semillas se requiere llevar a cabo varias pruebas físicas y fisiológicas para obtener información acerca de la calidad de los lotes de semillas que se pretende utilizar, así como el número potencial de plantas que será posible obtener de cada lote.

Dentro de las pruebas físicas se cuentan las tendientes a conocer la estructura interna para determinar el número de semillas llenas, el desarrollo del embrión y otras características que sólo pueden realizarse a través del corte de testa, lo que trae como consecuencia la destrucción de cierto número de semillas.

En la actualidad existen otras técnicas de gran utilidad que permiten conocer la estructura interna y la viabilidad de las semillas, incluso sin destruirlas, en menor tiempo que el que se requiere para una prueba de germinación; estas técnicas son la tinción de embriones con colorantes específicos (cloruro de tetrazolio) y rayos X, con la desventaja en la primera, que implica la destrucción de las semillas, mientras que la segunda es una prueba no destructiva que las deja intactas y con la posibilidad de ser utilizadas. Para cualquiera de las pruebas mencionadas es necesario tener experiencia en el análisis de semillas.

En este trabajo se pretende informar sobre el uso de rayos X como procedimiento de gran utilidad en los análisis de semillas forestales, así como el de dar a conocer algunas aplicaciones prácticas en árboles de México.

ANTECEDENTES

Como radiografía, se define a la impresión de una estructura o espécimen

*Biólogos. Investigadores del Depto. de Plantaciones Forestales del INIFAP-Coyoacán. SARH.

en la que el agente y causal de la misma actúa sobre una emulsión especial que es impresionada por los rayos X generados por alguna fuente controlable. La radiografía de semillas consiste entonces en la utilización de la técnica radiográfica, para mostrar y analizar estructuras internas y el posterior desarrollo de las plántulas que se generan.

Los rayos X constituyen una forma de radiación electromagnética, con energía suficiente que les permite penetrar materiales en los cuales la luz visible no pasa. Los rayos X son generados por aparatos especiales denominados tubos de rayos X, que consisten en una estructura al vacío en la que se instalan un cátodo y un ánodo o blanco. Los electrones producidos por el calentamiento del cátodo son acelerados dentro del tubo por un alto voltaje aplicado, movilizándose entonces en dirección al ánodo en donde ocurre la interacción, produciéndose así los rayos X, los cuales por la configuración del ánodo son dirigidos hacia una ventana de salida fuera del tubo generador, haciéndose incidir propiamente sobre el objeto. Esta radiación al traspasar el objeto es absorbida por éste en diferentes grados; la cantidad de rayos X que se absorba entonces dependerá del grosor, densidad, composición del objetivo y principalmente de la longitud de onda de la radiación. Finalmente los rayos X, después de atravesar el objetivo, impresionan la placa radiográfica.

El control de los rayos X en los tubos generadores se realiza a través de la manipulación del kilovoltaje y del miliamperaje del cátodo; además, es posible controlar el tiempo de exposición y la distancia entre el objetivo y la fuente de salida de rayos X (Simak, 1980).

Métodos radiográficos

De manera general se pueden distinguir dos procesos radiográficos que son la radiografía directa y la radiografía de contrastes, ambos muy utilizados en semillas forestales.

En la radiografía directa las semillas se examinan sin pretratamientos, que impliquen el uso de agentes contrastantes, para mejorar la impresión de los rayos X sobre la película o bien interponiendo contenedores de plástico o papeles con pegamento para su adherencia. Simak (citado por Kamra, 1974) desarrolló la técnica radiográfica directa en agua, que consiste en exponer las semillas flotando en una caja de Petri con 2 m m de agua.

En la radiografía de contrastes sí se llevan a cabo tratamientos previos a la semilla, los cuales se realizan con agentes denominados de contraste que basan su acción en la semipermeabilidad de los tejidos vivos de la semilla, comparándose ésta con los tejidos muertos que han perdido esta propiedad; ocasionándose así, áreas impregnadas y no impregnadas que pueden ser distinguibles en la radiografía. La viabilidad de las semillas puede ser determinada

con mayor seguridad por la extensión y localización de estas áreas impregnadas (Kamra, 1974).

Entre los agentes de contraste más usados se mencionan el cloruro de bario, yoduro de sodio y yoduro de potasio, que son agentes líquidos, desarrollándose posteriormente agentes de contraste gaseosos, los cuales se basan en compuestos de cloro, principalmente cloroformo y tricloroetileno. Estos agentes desempeñan un papel de gran importancia en la mejoría de la radiografía de semillas por su vasta capacidad de contrastación.

La mayoría de los problemas que conlleva el empleo de los agentes de contraste es la influencia tóxica que pueden desarrollar sobre la germinación de las semillas, así como en la distribución exacta de los patrones de impregnación sobre los tejidos, con lo que el uso de los rayos X puede perder su carácter de evaluación no destructiva. (Simak, 1974).

Como variaciones de los métodos radiográficos conviene mencionar la estereorradiografía, la tomografía y la xerorradiografía. La estereorradiografía en semillas forestales fue desarrollada inicialmente por Kamra y col. (1973), y consiste en la evaluación radiográfica tridimensional de la semilla por medio de dos radiografías tomadas en la misma relación ángulo - proyección.

La tomografía, técnica también reciente, fue implementada por Vozzo y Linebaugh (Kamra, 1974), en la que se obtiene una radiografía de un plano determinado del objeto usándose éste como punto focal y la película tanto como el tubo emisor de rayos X se maniobran en dirección opuesta durante la exposición. Esta técnica requiere de sistemas especiales de rayos X.

La xerorradiografía es la combinación de la xerografía y la radiografía, las cuales utilizan en lugar de película para rayos X una placa fotorreceptora sensibilizada con selenio cargado positivamente. La imagen resultante, que puede ser positiva o negativa se compone de áreas de densidad variable, en donde resaltan los tejidos blancos de densidad similar (Vozzo, 1980).

Aplicaciones

En 1903, el Prof. A. N. Landström de la Universidad de Uppsala, Suecia, empleó por primera ocasión los rayos X para reconocer la calidad de las semillas utilizadas, hecho que no tuvo gran trascendencia en ese momento ya que su aplicación se desarrolló lentamente, debido a que se utilizaba casi específicamente en la detección de insectos en las semillas. Fue hasta 1953 cuando Simak y Gustaffson demostraron la utilidad del método para determinar otros aspectos importantes de la calidad de las semillas forestales, promovándose diversas variaciones metodológicas con el objeto de aumentar la calidad de las radiografías. Las ventajas de la técnica radiográfica en relación a los métodos tradicionales en el análisis de semillas, como los cortes directos y la técnica

de tetrazolium, han sido ampliamente discutidos y analizados (Simak y Kamra 1963, Simak y Sahlén, 1981). En el cuadro 1, se resumen las ventajas y desventajas de los rayos X en el análisis de semillas forestales.

CUADRO 1

Algunas características de los rayos X en el análisis de semillas.

Ventajas

- Prueba no destructiva.
- Los resultados se obtienen más rápidamente.
- Permite hacer comparaciones posteriores.
- Es versátil para realizar las determinaciones.
- Evita daños en la semilla por su fácil manipulación.

Desventajas

- Se requiere de una más amplia experiencia.
 - La utilización de agentes de contraste la hace una técnica destructiva.
 - En México es tecnología de importación, lo que eleva su costo.
 - Se requieren normas precisas de seguridad.
 - Puede presentar riesgos por exposición a rayos X.
-

Son las semillas de árboles de las zonas templadas las que en principio han recibido atención, aunque se menciona que otros grupos, sobre todo de zonas tropicales, están siendo analizados por procedimientos radiográficos. Kamra (1976) propone la aplicación de la radiografía para determinar la calidad de las semillas de árboles tropicales, proporcionando análisis de muchas especies.

Dentro del contexto de aplicación de los rayos X, cabe hacer mención de su empleo en la detección de insectos que causaron problemas en la corteza de los árboles, lo que puede llamarse análisis de corteza, para la determinación no destructiva de la presencia y densidad de los estados vitales, larvas, pupas y adultos (Nebeker, 1970).

En el análisis de calidad de las semillas, Kamra (1964), señala diversos aspectos de aplicación como son la detección de infectación por insectos, detección de semillas llenas y vacías, detección de desarrollo del embrión, endospermo y poliembriones, determinación de la viabilidad y daños mecánicos.

Por último, se señala que en relación a los posibles efectos genéticos y fisiológicos que los rayos podrían causar en la semilla, bajo las condiciones

en que usualmente se **someten en las radiografías**, Kamra y Simak (1965), establecen que los rayos no dañan a la semilla en lo que concierne a su velocidad y porcentaje de germinación.

METODOLOGIA

Para la obtención de las radiografías que se presentan en este trabajo fue empleado un sistema de rayos X, Faxitron, Mod. 43804, fabricado por Hewlett Packard (USA), que se encuentra instalado en el laboratorio de semillas del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales (fig. 1). Este



Fig. 1. Sistema de rayos X, Faxitron (Hewlett Pacard de voltaje entre 10-110 kv y corriente constante entre el cátodo de 3 mA. Este sistema está instalado en el Laboratorio de Semillas del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, en Coyoacán, D.F.

sistema proporciona un voltaje de 10 - 110 kv, con una corriente constante en el cátodo de 3 mA y con una distancia focal máxima de 64.5 cm.

Las películas utilizadas fueron placas radiográficas de 8 x 10". El revelado de las placas fue hecho en el propio laboratorio de semillas, con agentes de revelado para placas radiográficas.

Se realizaron diversos estudios, tanto de los tiempos de exposición como del kilovoltaje del sistema de rayos X. Los tiempos de exposición variaron desde 6 hasta 24 segundos. El kilovoltaje que se aplicó fue desde 15 kv hasta 25 kv. La distancia focal utilizada fue de 50 cm. La maniobrabilidad de las semillas dependió del número a radiografiar.

Las semillas que se utilizaron en este estudio fueron especies del género *Pinus*, principalmente, incluyéndose también algunas especies de latifoliadas.

Todas las radiografías fueron tomadas de manera directa, sin aplicar agentes de contraste, colocando las semillas ya sea directamente sobre la película, en contenedores de plástico o en papel engomado.

RESULTADOS

Número de semillas llenas y vacías

La determinación del número de semillas llenas y vanas en una muestra es importante ya que puede variar la cantidad de éstas cuando se realiza la siembra en vivero. Por medio de la radiografía es posible distinguir entre semillas llenas y vanas como se muestra en la figura 2. La semilla vana se revela oscura mientras que la llena se observa blanca; en las semillas vanas es posible distinguir la cavidad embrionaria totalmente vacía.



Fig. 2. Radiografía de semillas de *Pinus ayacahuite*, en donde se pueden diferenciar las semillas viables (se observa con coloración blanca) de aquellas no viables (oscurecidas) debido a la ausencia de embrión y cotiledones.

Desarrollo del embrión y endospermo

Para que pueda llevarse a cabo la germinación en una semilla se necesita que el embrión y el endospermo estén bien desarrollados. Simak y Kamra (1963) han demostrado que existe una relación directa entre el desarrollo del embrión y endospermo y la germinación de semillas en *Pinus sylvestris* L. En las radiografías se puede observar el desarrollo del embrión en relación a la cavidad embrionaria; un embrión bien desarrollado ocupa totalmente esta cavidad, tanto en longitud como en diámetro (figs. 3 y 4).

Detección de infestación de insectos

Con ayuda de la radiografía se puede detectar fácil y rápidamente la presencia de insectos en estado de huevecillo, larva, pupa o adulto que se encuentran en la semilla, principalmente en las espinas donde no hay signos visibles externos que denoten la presencia de éstos. Esta aplicación de los rayos X, es la que ha tenido mayor utilización en toda clase de semillas. En las figuras 5 y 6 se muestran radiografías de *Gmelina arborea* y de *Fraxinus udhei*, en la que puede distinguirse con claridad las semillas afectadas y además los diferentes estados biológicos que presentan los insectos.

Presencia de hongos

Con cierta frecuencia se encuentran lotes de semillas que se observan aparentemente sanos, no detectándose síntomas que indiquen la presencia de algún daño; sin embargo, es posible que hongos endógenos hayan invadido los tejidos internos de las semillas. La radiografía permite detectar rápidamente la presencia de estos, los cuales presentan en ocasiones patrones radiográficos característicos (figs. 7 y 8).

Número de semillas en los frutos

Existen muchas especies que producen más de una semilla en frutos, lo que dificulta el control en las pruebas de germinación; a través de los rayos X es posible conocer con anterioridad el número exacto de semillas presentes en una muestra (figs. 9 y 10).

Daño mecánico en semillas

Al ejecutar las operaciones de extracción y beneficio pueden ocurrir daños mecánicos en la semilla, lo cual es importante ya que reducen la viabilidad durante el almacenamiento. Al evaluar el daño ocurrido se puede determinar el tiempo que estuvo almacenado un lote de semillas (figs. 11 y 12).

Otros usos

El uso de los rayos X no sólo es de gran utilidad en el análisis de semillas, ya que también se ha reportado su utilización en estudios entomológicos, debido a que es posible observar insectos de desarrollo interno en árboles infestados, así como el desarrollo biológico de los mismos (fig. 13).

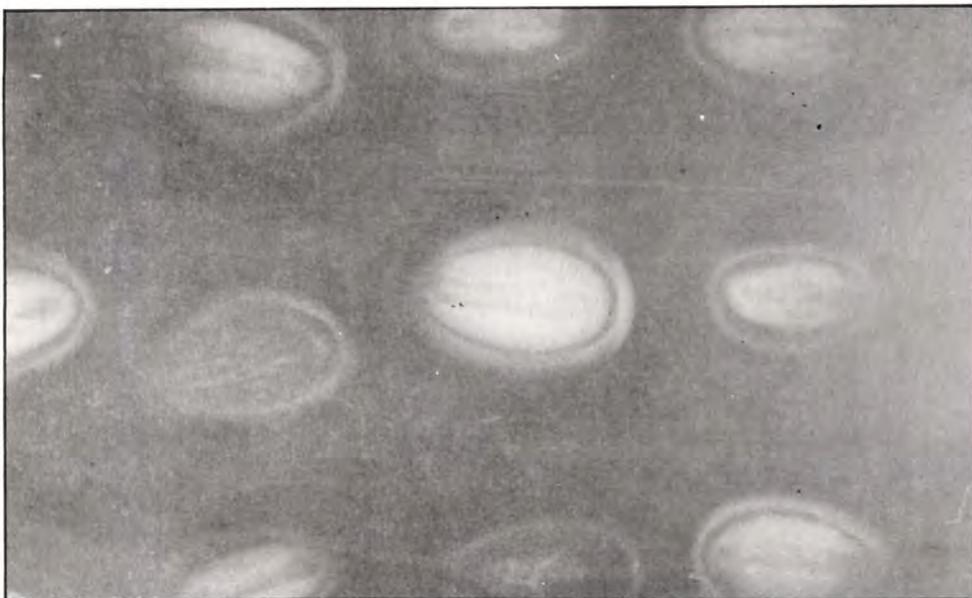


Fig. 3. Semillas de *Pinus lambertiana*, en la que se puede observar al centro una semilla en la que el embrión se encuentra bien desarrollado y llena toda la cavidad. Se observan también semillas vanas y otras con el embrión en diferentes grados de desarrollo.

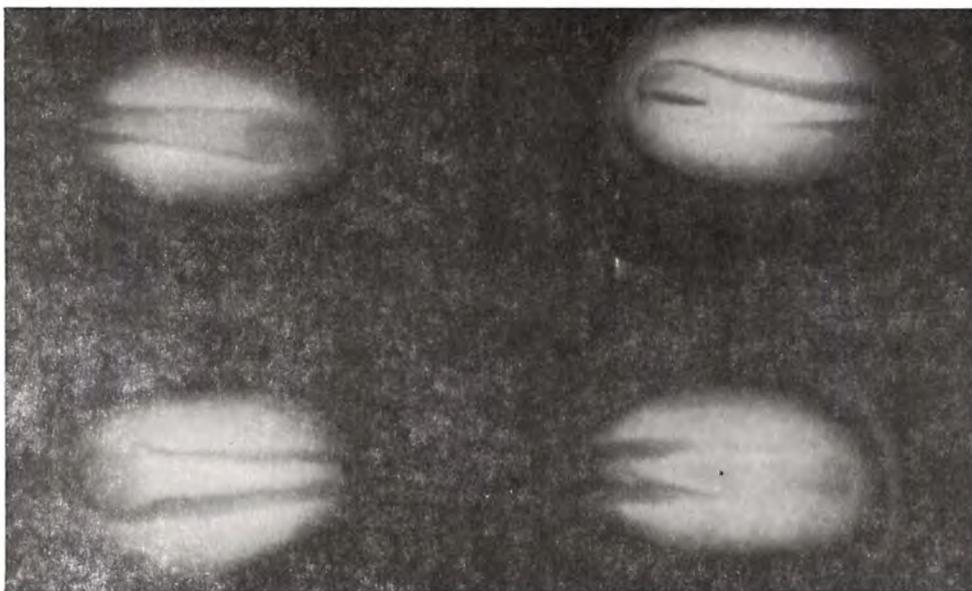


Fig. 4. Radiografía de *Pinus ayacahuite*, en la que se aprecian grados de desarrollo del embrión y gametofito.

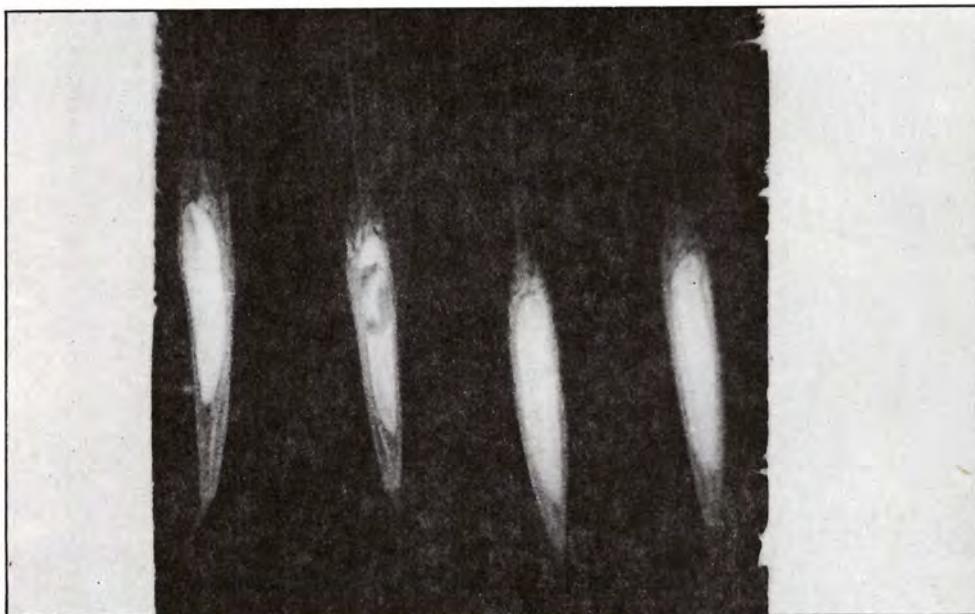


Fig. 5. Sámaras de *Flaxinus udhei*, en la que se encuentra una semilla con la pupa de un insecto en el endospermo.



Fig. 6. Radiografía de una semilla de *Gmelina arborea* en la que se observan huevecillos de insectos.

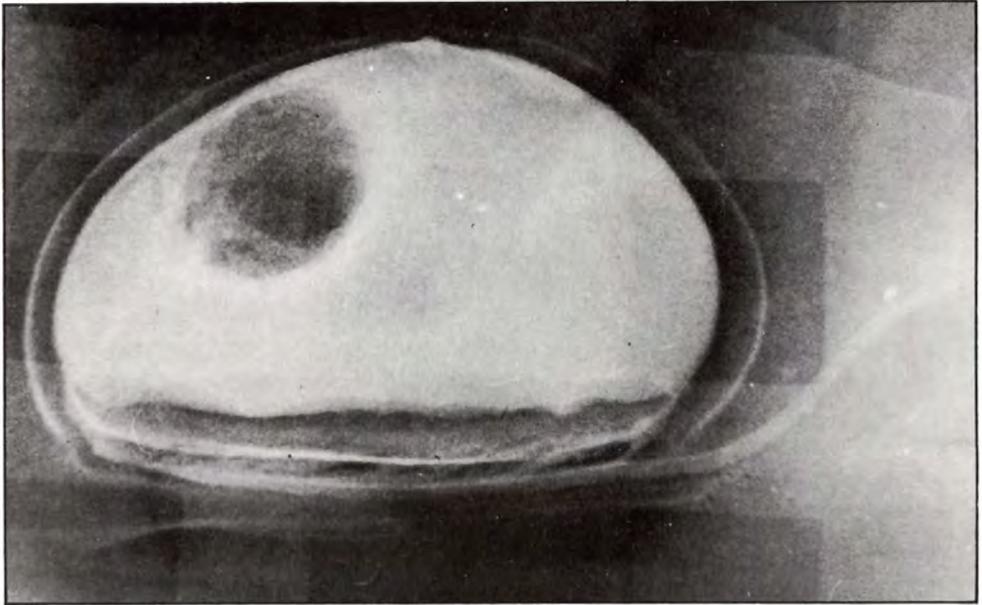


Fig. 7. Radiografía de una semilla de *Swietenia macrophylla* infectada con hongos (zona circular oscurecida).



Fig. 8. Grupo de semillas de *Pinus cembroides* en la que se muestran diversos grados de infestación por hongos. En algunos casos ha habido daño total del endospermo y del embrión.

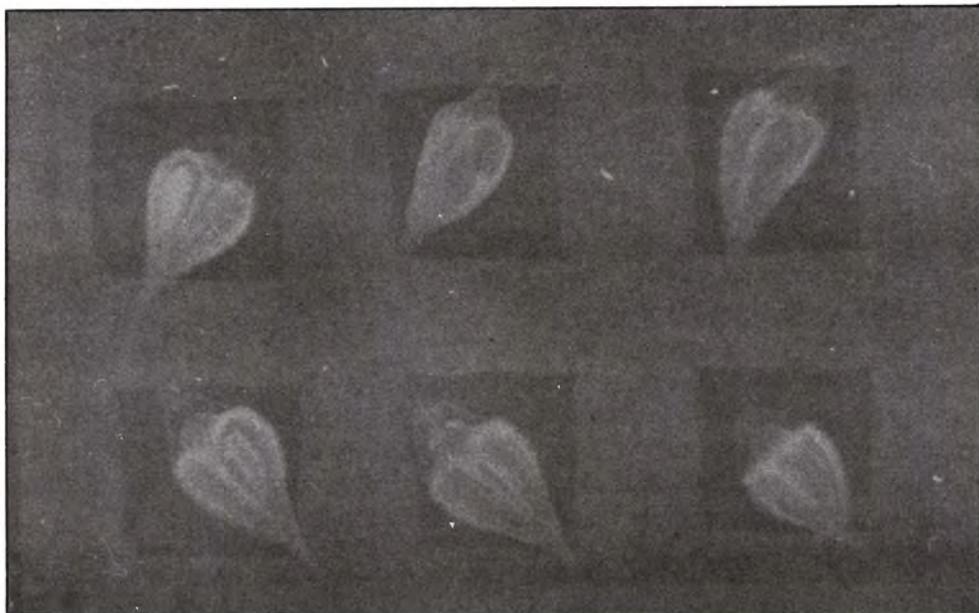


Fig. 9. Frutos de *Cordia alliodora* en la que se observan cavidades vacías y cavidades con semillas bien desarrolladas.

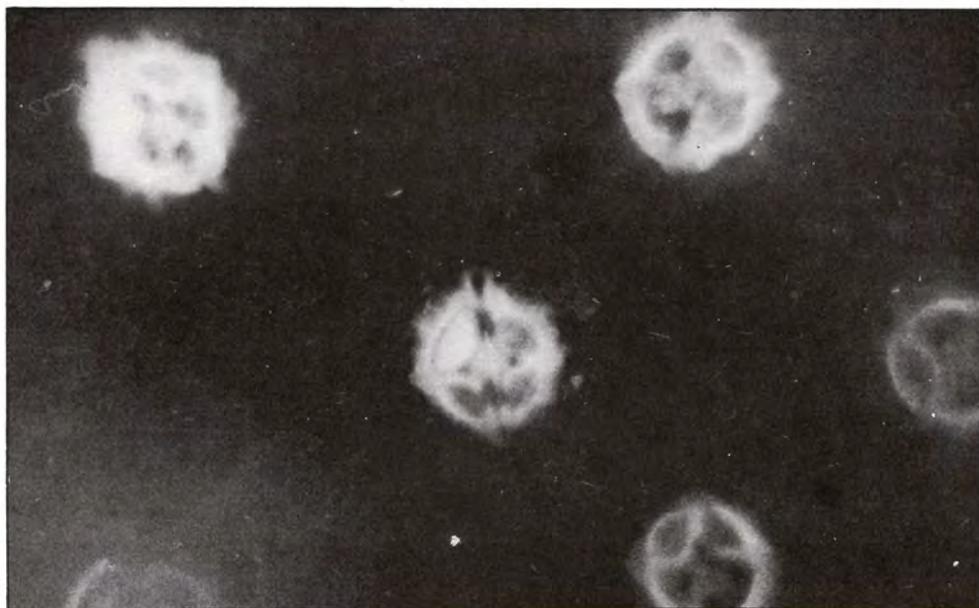


Fig. 10. Frutos de *Tectona grandis*, las cuales presentan cuatro cavidades embrionarias o semillas, observándose también cavidades vacías.

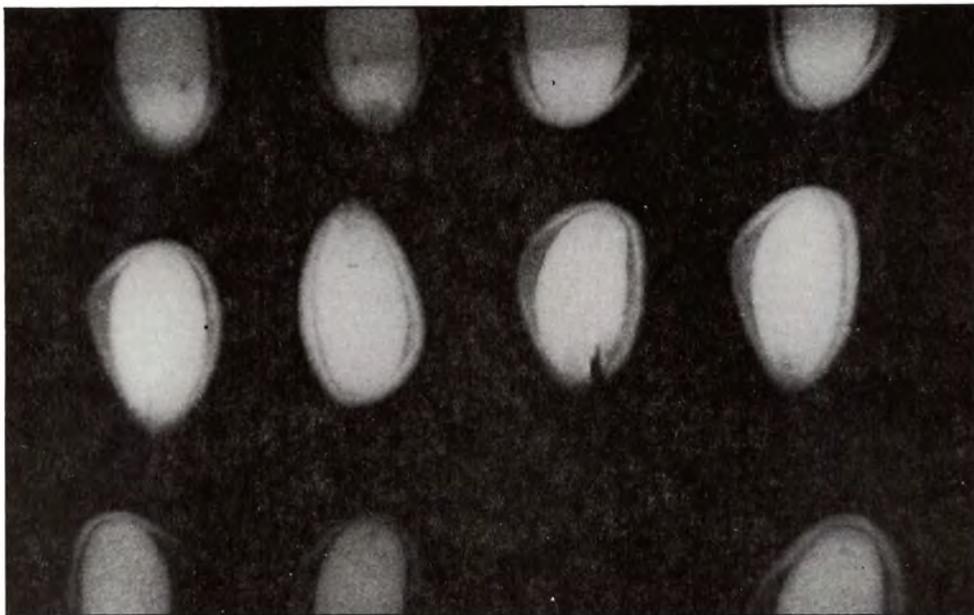


Fig. 11. Radiografía de *P. ayacahuite* donde se observa daño mecánico sin alteración en el embrión.



Fig. 12. Radiografía de *Juniperus deppeana*, con daño mecánico que propició la entrada de hongos y el deterioro del embrión.

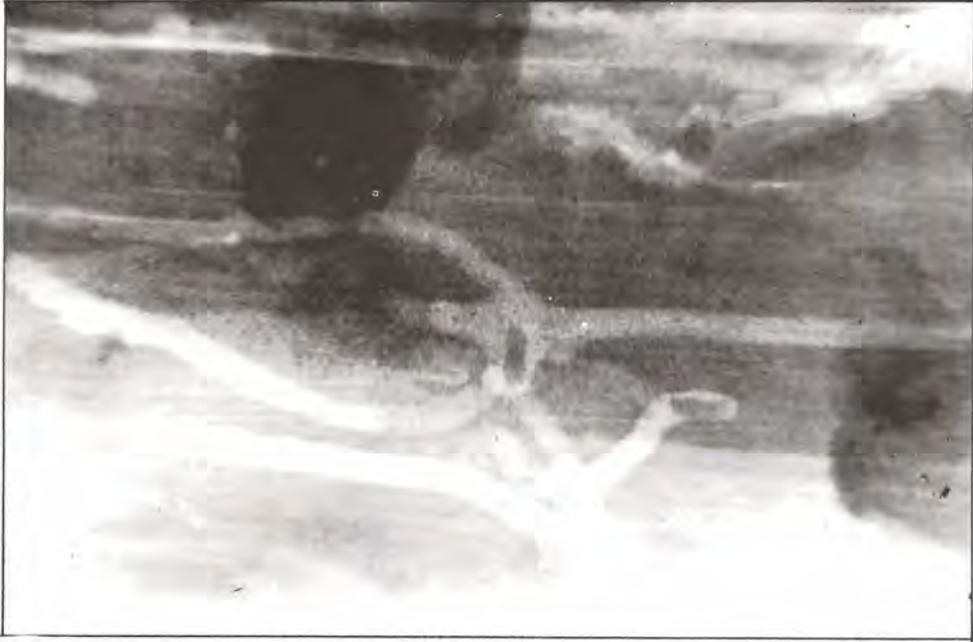


Fig. 13. Radiografía de corteza de pino, donde se aprecian las galerías hechas por insectos del género *Ips* y la presencia de las larvas.

RESUMEN

La técnica radiográfica constituye el único método no destructivo de análisis de semillas, que da información sobre la calidad interna de la semilla. Sus aplicaciones se han incrementado en el análisis rutinario de semillas y en trabajos de investigación sobre embriología genética y botánica. La técnica en México ha sido de introducción reciente y más aún en el área forestal. En el Laboratorio de Semillas del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias, se tiene instalado un sistema de Rayos X, que se ha aplicado para determinar desarrollo de embrión y endospermo, número de semillas llenas y vacías, infestación de insectos y hongos, daños mecánicos y número de semillas en frutos. Estas determinaciones se han realizado con semillas de *Pinus* principalmente y con algunas latifoliadas.

SUMMARY

The X-ray radiography is the only non-destructive seed method which can give information about the internal seed quality. It's applications are increasing in see testing and

research work on embryological, genetical and botanical studies; in Mexico its use in forestry is very recent. In the Seed Laboratory of the Forestry and Agricultural and Livestock Research Institute there is an X-ray system which has been used for detecting embryo and endosperm development to distinguish empty and full seeds, detection of mechanical damage, presence of insects and microorganisms; number of seeds, in fruits. These determinations have been performed in seeds of *Pinus*, mainly, and in some hardwoods.

LITERATURA CITADA

- Kamra, S. K. 1964. Determination of seed quality by X rays advancing. *Frontiers of plant Sciences*. Vol. 9.
- Kamra, S. K. y Simak, M. 1965. Physiological and genetical effects on seed of soft X rays used for radiography. *Botaniska Notiser* Vol. 118 Fase 2.
- Kamra, S. K., Meyer, W. W. y Wegelius, C. 1973. Stereoradiography for increased information and accuracy in seed quality testing proceedings IUFRO. International Symposium on Seed Processing Bergen Norway. Vol. 1-10.
- Kamra, S. K. 1974. Recent developments and applications of X-ray radiography in seed testing and research. *Proceeding seed X-ray Symposium*, Macon, GA.
- Kamra, S. K. 1976. Use of X-ray radiography for studying seed quality in tropical forestry. *Studia forestalia Suecica* Nr 131.
- Nebeker, T. E. 1980. *Southern Pine Beetle Handbook*. How to interpret radiographs of bark sample from beetle-intested. *Pines Agriculture Handbook*. How to interpret radiographs of bark sample from beetle-intested. *Pines Agriculture Handbook* No. 577.
- Simak, M. y Kamra, S. K. 1963. Comparative studies on scots pine seed germinability with tetrazolium and X-ray contrast methods. *Proc. Int. Seed Test. Ass.* Vol. 28. No. 1.
- Simak, M. 1974. Some problems concerning X-ray contrast method used in forestry seed testing and research. *Institution en För Skogsför y ngring Department of Reforestation. Rapport of och Uppsatser/Research*. Notes Nr 55.
- Simak, M. 1980. X-radiography in research and testing of forest tree seeds. *Swedish University of Agricultural Sciences. Department of Silviculture. Rapporter* NR 3.
- Simak, M., y Sahlén, K. 1981. Report of the forest tree seed committee working group on X-ray testing 1977-1980. Comparison between the X-radiography and cutting test used in seed quality analysis. *Seed Sci. and Technol.* 9/1.
- Vozzo, J. A. 1981. Xeroradiography for seed research. *Reunión sobre Problemas en Semillas Forestales Tropicales. Publicación Especial* No. 35, Tomo 1. INIF-SARH.

**DINAMICA DE ESTABLECIMIENTO DE LA REGENERACION DE
Pinus arizonica Engelm., EN MADERA, CHIHUAHUA**

Juan Manuel CHACON SOTELO*
Jesús SANCHEZ CORDOVA**



***Ing. Investigador del Proyecto Manejo de Bosques, del Centro de Investigaciones Forestales del Norte (CIFONOR), INIFAP. SARH.**

****Biól. Investigador del Proyecto Protección Forestal, del Centro de Investigaciones Forestales del Norte (CIFONOR), INIFAP. SARH.**

INTRODUCCION

Los bosques en su desarrollo natural, son capaces de regenerarse por sí solos; sin embargo, este proceso toma mucho tiempo, ya que está supeditado a los procedimientos de competencia del arbolado o bien por la muerte de alguno de ellos de gran longevidad. El tiempo que consume este proceso puede ser disminuido considerablemente bajo la intervención del hombre y con resultados positivos, siempre y cuando éste, actúe razonablemente y bajo características de manejo que se apeguen a la capacidad productiva de las áreas. Esto se reafirma en el objetivo de la ordenación, que implica el manejo bajo un rendimiento sostenido de los bosques; lo que trae como resultado un adecuado aprovechamiento en límites que no pongan en peligro la integridad de las comunidades forestales.

Dentro de las técnicas silvícolas, las cortas de regeneración reúnen gran importancia, ya que a partir de su ejecución dan principio los procesos de regularización y ordenación de los bosques que permiten un manejo más adecuado y ordenado en tiempo y espacio.

Una vez que se ha logrado el objetivo de la aplicación de una corta de regeneración, la población que inicia su establecimiento está sujeta a la acción de los diversos agentes del medio ambiente que determinarán su comportamiento. Estos elementos son principalmente climáticos, edáficos y procesos de competencia, intraespecíficos e interespecíficos, que traerán como resultado el éxito o fracaso de dicha corta.

Por lo anteriormente expuesto, resulta pertinente conocer el comportamiento de la regeneración y su relación con los factores ambientales que den la pauta de la tendencia de su establecimiento.

El presente trabajo tiene como objetivo determinar dicho comportamiento en *Pinus arizonica*, para lo cual fue utilizado un lote experimental de la región Madera-El Largo, Chihuahua.

ANTECEDENTES

Es evidente que las características fisonómicas de una comunidad forestal, son el resultado de los factores genéticos y fisiológicos, interactuando con los ambientales que la rodean. En lo referente a temperatura y crecimiento, en la actualidad se han realizado diferentes estudios sobre todo en los países desarrollados; al respecto, Gates (1965) menciona que las plantas regulan su temperatura disipando parte de la energía que absorben, con lo cual evitan

la muerte debido al excesivo aumento de ésta, por lo que se ha encontrado que los procesos vegetativos funcionan con un amplio margen para medirla, generalmente de 0 a 50°C, en función de que las células vivas y los compuestos proteínicos estén estables biológicamente y activos enzimáticamente.

Lassoie (1980) indica que a medida que cambia la estación, las funciones vitales se presentan condicionadas a las temperaturas asociadas a ella. En los árboles de zonas heladas la fotosíntesis puede llevarse a cabo en medios ambientales que se encuentren por debajo del punto de congelación; sin embargo, al bajar la temperatura disminuye también el proceso fotosintético.

La muerte de los tejidos vegetales, particularmente de las plantas que se encuentran creciendo activamente y los tejidos suculentos, puede ocurrir por una rápida helada, con la consecuente formación de cristales de hielo dentro del protoplasma.

Sin embargo, muchos árboles de las zonas templadas tienden a la inactividad a medida que la "duración del día" se reduce y las temperaturas descienden. Al establecerse el estado latente en el arbolado el contenido de agua del protoplasma comienza a reducirse; aún así muchas especies son capaces de sobrevivir a temperaturas de subcongelamiento sin daño alguno. Mientras más dura sea la madera, mayor será la capacidad de sobrevivencia (Spurr *et al*, 1982).

La aclimatación o la resistencia son términos utilizados para describir el cambio que sufren las plantas de una condición suculenta (tierna), a una dura o estado latente. Se reconocen normalmente tres etapas de éste último (Vegis, 1964; Perry, 1971): pausa temprana (estado pre latente), pausa invernal (verdadero estado latente) y pausa posterior (estado post latente). Los "días cortos" actúan como un anticipado sistema de aviso, provocando el cese del crecimiento (otoño-invierno) e iniciando los cambios metabólicos característicos de la pausa temprana o primera etapa de aclimatación (Weiser, 1970). Estos cambios facilitan la adaptación del vegetal en la segunda etapa de aclimatación, la cual viene acompañada también por cambios metabólicos, proceso puramente físico que es inducido por las bajas temperaturas.

Otro aspecto analizado (Stocker, 1960; Kozlowski y Keller, 1966), es el intervalo óptimo de temperatura para el proceso fotosintético, estableciéndose que éste varía según la especie y el ecotipo; por lo general, se encuentra entre los 18 y 25°C en las especies de clima templado y frío.

Es importante para el silvicultor, el tener conocimiento de estas características de la capacidad relativa de las plantas para la fotosíntesis y la respiración bajo diferentes regímenes de temperatura, las cuales le sirven como auxiliares en la interpretación de las variaciones que alguna planta o masa forestal pueden presentar en cuanto a su morfología, así como también en los cambios de la estructura de la población arbórea en su ambiente. Por ejemplo, en un programa de cortas (regeneración, aclareos, etc.), donde se espera que al abrir el dosel del bosque se eleve la temperatura promedio del aire y las hojas, se hace necesario una evaluación de la probable respuesta relativa de la copa libre y/o de la regeneración y en otros casos del sotobosque ante un cambio ambiental. Cualquier práctica silvícola que exponga de modo innecesario a las plantas a temperaturas que estén por encima o debajo de los niveles óptimos de producción-fotosintética, durante lapsos prolongados se debe evitar puesto que de lo contrario dará por resultado una menor producción neta de carbohidratos y, por lo tanto, menor crecimiento.

METODOLOGIA

Localización.

Este estudio se realizó en el Area Experimental Forestal "Madera", en lo que se refiere al experimento de regeneración natural mediante árboles padres de *Pinus arizonica* Engelm., ubicándose ésta aproximadamente a 20 km al suroeste de la ciudad de Madera.

Superficie y dimensiones de las parcelas utilizadas.

Las 15 parcelas que sirven de base a este estudio, presentan una dimensión de 50 por 50 m, las cuales suman una superficie de 3.75 ha (fig. 1.).

Información de campo.

La regeneración se presentó de junio a septiembre de 1980, efectuándose la primera medición en noviembre de ese mismo año, y la última en mayo de 1985. Los parámetros que sirvieron para el análisis del presente trabajo, se obtuvieron de individuos presentes en sitios circulares de 100 m², a los cuales se les midió la altura total y número o densidad presente y en la última medición se consideró el diámetro a 5 cm del suelo de cada individuo. Asimismo, se recabó información sobre precipitación y temperatura en la estación termopluviométrica Campo Cuatro, localizada a 1 km del sitio en estudio.

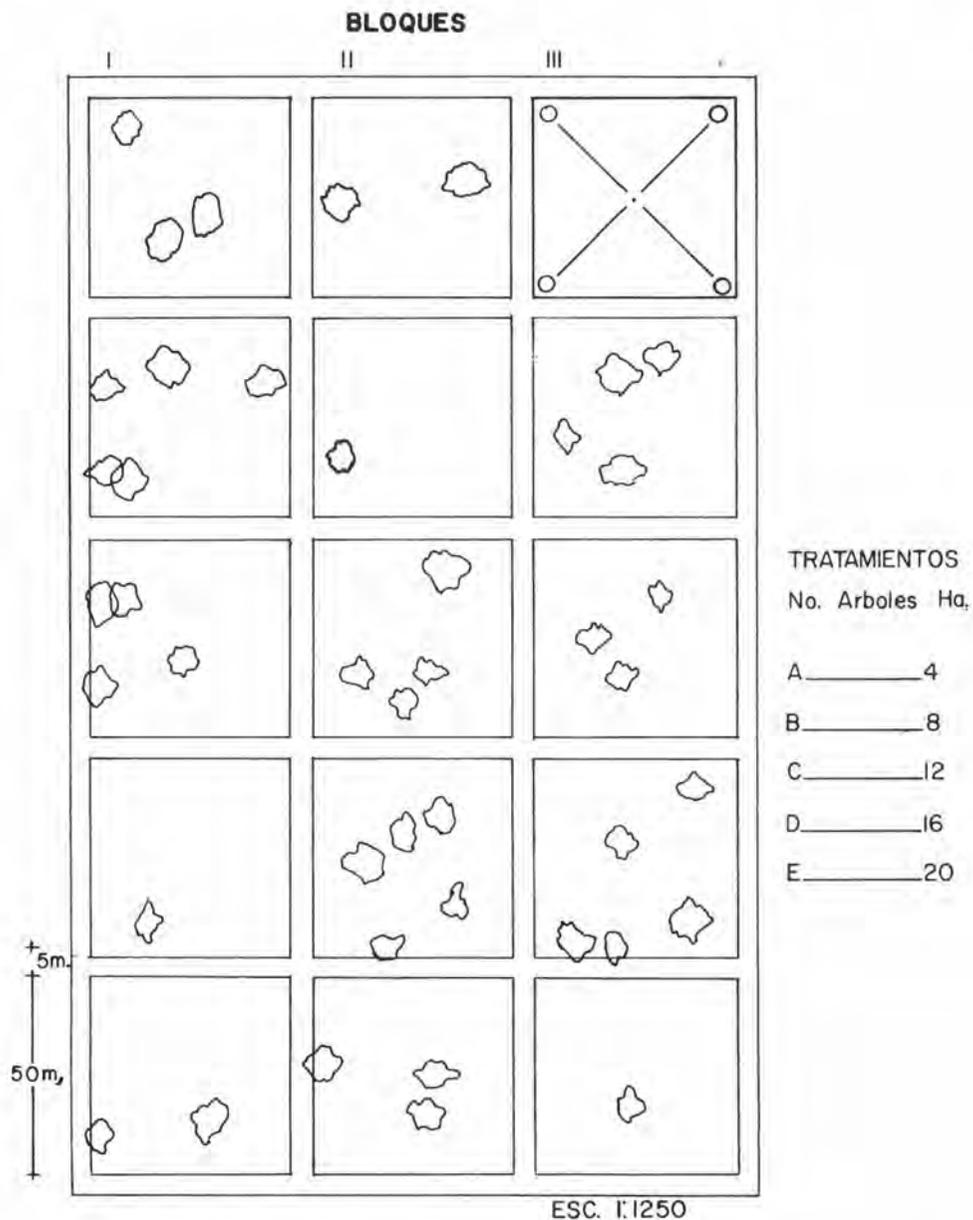


Fig. 1. Cuadro de regeneración de *Pinus arizonica* Engelm., dimensiones y sitios circulares de muestreo de 100 m² por parcela.

Análisis de la información.

Para realizar el análisis e interpretación de la información de campo, ésta se agrupó por remediación, con lo que obtuvieron las diferencias, tanto en número de plántulas, como en el crecimiento alcanzado en cada periodo. El total obtenido en cada remediación fue agrupado de acuerdo a las categorías de altura presentes, expresada en centímetros, obteniéndose de esta manera la distribución del número de individuos por categoría de altura.

Por otra parte, se consideró la mortalidad presentada en cada periodo, elaborándose un cuadro denominado tabla de vida, el que contiene los periodos en que se realizaron las observaciones correspondientes a la edad de vida de la población, número de plantas vivas en el intervalo de edad o remediación, porcentaje de mortalidad al principio del intervalo de edad y porcentaje de sobrevivencia.

Se analizó el factor clima en lo referente a temperaturas medias y precipitación de acuerdo como se manifestaron en el área de estudio, relacionándose con la regeneración tanto en el comportamiento en altura como la sobrevivencia y mortalidad (cuadros 1 y 2).

Otro de los elementos del ecosistema considerado, fue la presencia de plantas anuales y su influencia en el desarrollo de la regeneración. Por último, otro componente importante lo constituye el suelo.

ANALISIS DE RESULTADOS

Evaluación y análisis de la primera medición.

Los datos sobre el establecimiento y desarrollo en los primeros meses de vida de la regeneración, se encuentran resumidos en el cuadro 3.

De este primer análisis realizado a la remediación de 1980, se puede observar en primer término la gran cantidad de plantas presentes por hectárea, lo cual demuestra la capacidad de regenerarse en forma natural.

Por otra parte, la distribución del número de individuos, en las 10 categorías de altura presentes, se encuentra principalmente en las categorías de 4 a 7 cm, con porcentajes de 18.86, 25.80, 30.43, y 10.67, respectivamente.

En cambio, los porcentajes más bajos, 0.02 y 0.46, corresponden a las

categorías extremas de 1 y 10 cm, siendo para ésta última una densidad de 1 700 individuos por hectárea,

Considerando que desde la emergencia de la regeneración iniciada en junio, al momento de la medición, habían transcurrido cinco meses y tomando como parámetro la categoría de altura con el mayor porcentaje, se calculó que esta regeneración creció 1.5 cm por mes en promedio.

CUADRO 1

Precipitación pluvial en milímetros durante el periodo de observación.
(1980-1985).

MES	AÑOS DE OBSERVACION					
	1980	1981	1982	1983	1984	1985
ENERO	12.0	158.0	64.0	66.0	44.0	145.0
FEBRERO	62.5	85.0	6.5	34.0	5.0	39.0
MARZO	5.5	56.5	10.0	172.0	0.0	6.6
ABRIL	1.5	15.0	4.5	69.0	16.0	5.4
MAYO	20.0	10.5	11.0	20.0	45.0	3.0
JUNIO	10.0	21.0	19.5	5.0	119.0	93.0
JULIO	172.5	206.5	137.0	204.0	153.0	
AGOSTO	163.0	150.0	109.0	147.0	295.0	
SEPTIEMBRE	93.0	86.0	86.0	295.0	96.0	
OCTUBRE	6.0	28.0	00.0	219.0	143.0	
NOVIEMBRE	19.0	00.0	106.0	144.0	50.0	
DICIEMBRE	18.0	00.0	160.0	39.0	266.0	

Sin embargo, cabe indicar que el mayor crecimiento se presentó entre junio y septiembre, ya que después de este lapso la planta inicia el estado pre-latente, lo cual provoca el cese de crecimiento (otoño-invierno).

Lo anterior explica la importancia que tiene la intervención de las condiciones climáticas, puesto que las temperaturas medias en ese periodo se mantuvieron dentro de un rango de 16 a 20°C y conjuntamente con precipitaciones de 108 mm en promedio distribuidas uniformemente (cuadros 1 y 2).

CUADRO 2

Temperatura media en grados centígrados durante el periodo de observación (1980-1985).

MES	AÑOS DE OBSERVACION					
	1980	1981	1982	1983	1984	1985
ENERO	3.2	4.3	4.2	3.4	3.2	1.5
FEBRERO	5.6	5.6	3.7	1.5	3.7	3.2
MARZO	6.7	6.1	5.4	2.8	6.9	7.3
ABRIL	9.3	11.4	10.7	10.9	10.2	11.0
MAYO	12.8	14.0	11.9	17.0	15.8	15.3
JUNIO	20.8	19.5	16.6	17.0	18.4	18.8
JULIO	20.1	19.2	16.3	20.4	19.0	
AGOSTO	18.6	17.8	15.1	16.5	18.5	
SEPTIEMBRE	16.8	13.1	13.5	18.6	17.1	
OCTUBRE	11.1	10.1	5.5	11.3	10.7	
NOVIEMBRE	5.7	3.6	3.3	7.2	7.1	
DICIEMBRE	5.3	5.3	4.0	4.6	4.8	

CUADRO 3

Regeneración de *Pinus arizonica* Engelm. en la primera evaluación
(otoño de 1980).

CATEGORIAS DE ALTURA (cm)	NUM. DE PLANTULAS	PORCENTAJE
1	4	0.02
2	138	0.93
3	870	5.92
4	2 770	18.86
5	3 790	25.80
6	4 470	30.43
7	1 567	10.67
8	749	5.10
9	259	1.76
10	68	0.46
	Σ 14 685*	100.00

*Número de plántulas por hectárea = 24 475.

La segunda remediación y su comportamiento.

Del segundo análisis, se observa que el comportamiento de la regeneración presenta una mayor distribución de plántulas a través de las categorías de altura.

Sin embargo, la mayor concentración de individuos se presenta entre las mismas categorías observadas en la evaluación anterior; éstas se vieron incrementadas hasta 16 cm en un periodo de seis meses, por lo que se considera que fue un periodo favorable en el desarrollo de esta nueva población (cuadro 4).

En esta valoración se observó una gran cantidad de plántulas muertas, 7 920 por hectárea, lo que equivale a un 32.08% del total de la población registrada en la anterior remediación, la cual fue de 24 685 individuos

por hectárea. En este caso la mortandad se debió a que, en el periodo de invierno (diciembre-febrero) ocurrieron las temperaturas más bajas en esta localidad, hasta de -22°C , lo que trajo como consecuencia la mortandad de gran cantidad de plántulas, mismas que presentaron los síntomas característicos de aquellas que mueren por congelamiento.

Primer año de vida de la regeneración.

La regeneración presenta en este lapso una mayor y mejor distribución de

CUADRO 4

Comportamiento de la regeneración de *Pinus arizonica* Engelm. en la segunda evaluación (verano de 1981).

CATEGORIAS DE ALTURA (cm)	NUM. DE PLANTULAS	PORCENTAJE
1	09	0.10
2	128	1.46
3	557	6.38
4	1 560	17.76
5	1 987	22.62
6	1 907	21.87
7	1 352	15.50
8	577	7.75
9	323	3.70
10	156	1.78
11	31	0.35
12	20	0.22
13	7	0.08
14	1	0.01
15	2	0.02
16	1	0.01
	Σ 8 718*	100.00

*Número de plántulas por hectárea = 16 765.

los individuos debido a las categorías de altura encontradas en esta remediación (cuadro 5); en este caso, la mayor concentración de éstos deja el patrón de comportamiento que se venía observando en los dos anteriores análisis, reconociéndose que el mayor número se encuentra entre las categorías 4 y 11; además, se sigue observando dentro de este periodo un buen compor-

CUADRO 5

La regeneración de *Pinus arizonica* Engelm. en la tercera evaluación (otoño de 1981).

CATEGORIAS DE ALTURA (cm)	NUM. DE PLANTULAS	PORCENTAJE
1	13	0.19
2	123	1.84
3	381	5.70
4	721	10.79
5	909	13.61
6	1 005	15.04
7	978	14.64
8	822	12.30
9	641	9.59
10	444	6.64
11	244	3.65
12	184	2.75
13	120	1.79
14	43	0.64
15	19	0.28
16	10	0.14
17	5	0.07
18	5	0.07
19	-	-
20	4	0.05
21	5	0.07
	Σ 86 678*	100.00

*Número de plántulas por hectárea = 13 900.

tamiento de la especie en cuanto a su crecimiento, aunando a esta característica las condiciones climáticas y edáficas favorables de la localidad.

El total de individuos por hectárea inventariados en esta remediación fue de 13 900; por lo que comparado con la anterior, se tiene una diferencia de 2 865 individuos, los cuales murieron en este periodo. El porcentaje de mortandad ascendió a 17.08% (cuadro 5).

Esta mortalidad se dio principalmente entre las categorías primeras e intermedias de altura y se debió probablemente a la competencia por nutrientes y luz entre la regeneración y las plantas anuales; esto se observó durante los meses de verano que es cuando éstas se establecen y cubren totalmente la superficie, dejando a la regeneración de dimensiones más pequeñas (alturas de 1 a 8 cm) completamente dominada, lo cual influyó considerablemente en la muerte de estos arbolitos. Por otra parte, la regeneración que quedó por arriba del estrato herbáceo se desarrolló normalmente alcanzando alturas mayores de 20 cm.

En lo referente al factor climatológico (cuadro 1), éste muestra principalmente que las precipitaciones en verano (junio-septiembre), aunadas a las temperaturas medias, definieron el comportamiento de la regeneración para así romper con el patrón que se venía manifestando en las primeras observaciones, puesto que el incremento en altura de las plántulas sobrevivientes a un año de vida fue del 100%, aumentando 11 categorías.

Cuarta evaluación a la regeneración de *Pinus arizonica* Engelm.

En esta remediación se observa que la población de plántulas presenta una amplia distribución en categorías de altura; sin embargo, el mayor número de individuos sigue concentrado entre las categorías intermedias, aunque éstos han disminuido notablemente al incrementarse las primeras; por tal motivo, en este análisis se han presentado desde la categoría de 2 cm hasta la de 32 cm (cuadro 6).

Por otra parte, en esta misma se inventariaron un total de 11 671 plantas por hectárea, lo que implica que se presentará una diferencia con respecto a la anterior de 2 229 individuos que corresponde a la mortandad presentada en este periodo, equivalente a un 16%, observándose que este factor comienza a mantenerse constante después de esta remediación.

Durante este periodo hubo poco desarrollo de la regeneración, tal vez

CUADRO 6

Comportamiento de la regeneración de *Pinus arizonica* Engelm. en la cuarta evaluación (verano de 1982).

CATEGORIAS DE ALTURA (cm)	NUM. DE PLANTULAS	PORCENTAJE
1		
2	38	0.54
3	136	1.92
4	338	4.82
5	451	6.44
6	640	9.13
7	668	9.53
8	733	10.46
9	661	9.43
10	637	0.09
11	627	8.95
12	447	6.38
13	427	6.09
14	318	4.54
15	224	3.19
16	162	2.31
17	151	2.15
18	87	1.24
19	76	1.08
20	58	0.82
21	41	0.58
22	21	0.29
23	12	0.17
24	17	0.24
25	11	0.15
26	09	0.12
27	03	0.04
28	02	0.02
29	02	0.02
30	02	0.02
31	02	0.02
32	02	0.02
	Σ 7 003*	100.00

*Número de plántulas por hectárea = 11 671.



Fig. 2. Aspecto general del lote experimental de regeneración natural.

relacionado con la poca precipitación y las bajas temperaturas, 3 a 11°C, prolongadas hasta el mes de mayo (cuadros 1 y 2).

Quinta remediación.

Esta medición se realizó un año después que la anterior, razón por la cual ya se encontraron crecimientos de altura hasta de 68 cm, más del doble de la mayor registrada en la cuarta remediación. Se detectó además que las características mejor presentadas se encuentran en alturas que van de los 6-50 cm; sin embargo, se localizaron de 2 cm como mínima y hasta 68 cm como máxima, pero con porcentajes menores a 1 (cuadro 7). Esto indica que la regeneración se encuentra mejor establecida, ya que las condiciones climáticas fueron favorables en cuanto a precipitación y temperatura.

El número de individuos por hectárea fue de 9 738, lo cual representa una diferencia de 1 933 individuos que perecieron en este año.



Fig. 3. Regeneración de *Pinus arizonica* en sus primeras etapas de crecimiento.

Sexta remediación.

Esta se realizó dos años después de la quinta experiencia, lo que explica el incremento alcanzado en altura (cuadro 8).

La regeneración en esta evaluación presenta una edad de cinco años, observándose buen vigor, lo que se traduce en un mayor porcentaje de brinzales que se encuentran entre 0.80 y 1.10 m de altura; se presentaron crecimientos extremos que van de 0.18 a 1.80 m. Este desarrollo se debió en gran parte a las condiciones climáticas favorables que se presentaron en este periodo.

El número total de individuos por hectárea en esta remediación fue de 7 486, disminuyendo en 2 252 con respecto a la anterior. Tal disminución se asocia a varios factores, de entre los cuales destacan los siguientes: efectos de competencia intraespecífica causados por la propia densidad, ataque de descortezadores de raíz *Dendroctonus rhizophagus*, matando a

CUADRO 7

Regeneración de *Pinus arizonica* Engelm. en la quinta evaluación
(verano de 1983).

CATEGORIAS DE ALTURA (cm)	NUM. DE PLANTULAS	PORCENTAJE
1	—	—
2	06	0.10
3	25	0.42
4	48	0.82
5	109	1.86
6	144	2.46
7	200	3.42
8	237	4.05
9	235	4.02
10	244	4.17
11	285	4.87
12	291	4.90
13	286	4.89
14	256	4.38
15	249	4.26
16	209	3.57
17	203	3.47
18	247	4.22
19	234	4.00
20	197	3.37
21	189	3.23
22	201	3.44
23	158	2.70
24	136	2.31
25	129	2.20
26	124	2.12
27	119	2.03
28	116	1.98
29	84	1.43
30	142	2.43
31	99	1.69
32	79	1.35

sigue cuadro

viene cuadro

33	65	1.11
34	56	0.95
35	49	0.83
36	56	0.95
37	45	0.77
38	78	1.31
39	34	0.58
40	34	0.58
41	16	0.27
42	07	0.11
43	11	0.18
44	14	0.23
45	12	0.23
46	12	0.20
47	09	0.15
48	08	0.13
49	02	0.03
50	06	0.10
51	08	0.13
52	01	0.01
53	07	0.11
54	06	0.10
55	03	0.05
56	01	0.01
57	04	0.06
58	01	0.01
59	04	0.06
60	02	0.03
61	01	0.01
62	04	0.04
63	-	-
64	02	0.03
65	-	-
66	01	0.01
67	02	0.03
68	01	0.01
	Σ 5 843*	100.00

*Número de plántulas por hectárea = 9 738.

CUADRO 8

Regeneración de *Pinus arizonica* Engelm. en la sexta evaluación
(verano de 1985).

CATEGORIAS DE ALTURA (cm)	ALTURA MEDIA (cm)	NUM. DE BRINZALES	PORCENTAJES
0.0 - 10.5			
10.6 - 20.5	18	79	1.75
20.6 - 30.5	27	177	3.90
30.6 - 40.5	37	279	6.21
40.6 - 50.5	47	369	8.21
50.6 - 60.5	57	450	10.00
60.6 - 70.5	67	452	10.06
70.6 - 80.5	76	514	11.44
80.6 - 90.5	87	510	11.35
90.6 - 100.5	97	527	11.73
100.6 - 110.5	106	417	9.28
110.6 - 120.5	116	328	7.30
120.6 - 130.5	127	191	4.25
130.6 - 140.5	137	113	2.51
140.6 - 150.5	146	48	1.06
150.6 - 160.5	156	12	0.26
160.6 - 170.5	166	18	0.40
170.6 - 180.5	176	07	0.15
180.6 - 190.5	189	01	0.02
		Σ 4 492*	100.00

*Número de plántulas por hectárea = 7 486.

852 individuos, y exceso de humedad del suelo durante el periodo enero-mayo, lo que ocasionó la pudrición de la raíz; esto, debido a precipitaciones en forma de nieve y a la falta de drenaje del suelo. En algunos casos las plantas llegaron a recuperarse cuando esta humedad cedió.

Distribución diamétrica.

Con la idea de caracterizar mejor la nueva masa, se realizó un muestreo de diámetros a 5 cm de alto del suelo y su respectiva altura de 150 individuos,



Fig. 4. Regeneración de tres años de edad.



Fig. 5. Algunos ejemplares nan alcanzado 1.80 m de altura a una edad de cinco años.

tomados al azar. De los resultados obtenidos, se puede observar que existe variación en diámetros, que van de 1.35 a 6.68 cm, así como también en alturas, de 33 a 161 cm respectivamente, de los diferentes sujetos muestreados, siendo más abundantes los diámetros de 3.14 a 4.04 cm; estas dos categorías abarcan el 62.3% de la población muestreada (cuadro 9). En términos generales, se puede decir que actualmente la regeneración presenta un diámetro medio de 4 cm con una altura promedio de 103 cm. Estos valores indican un buen crecimiento en ambos parámetros de acuerdo a su edad; asimismo, se considera que se han establecido en forma satisfactoria y que sería recomendable un adecuado manejo para mantener estos niveles óptimos de crecimiento.

CUADRO 9

Distribución diamétrica de los brinzales de *Pinus arizonica* Engelm. a los cinco años de edad.

CAT. DIAM. (cm)	DIAMETRO MEDIO (cm)	ALTURA MEDIA (cm)	No. DE ARBOLES	PORCENTAJE
0. -1.5	1.35	33	03	2.0
1.6 -2.5	2.13	53	23	15.4
2.6 -3.5	3.14	87	46	30.8
3.6 -4.5	4.04	104	47	31.5
4.6 -5.5	4.88	132	12	8.0
5.6 -6.5	5.69	150	10	6.7
6.6 -7.5	6.68	161	09	6.0
TOTAL	$\bar{X} = 3.98$	$X=103$	$\Sigma 150$	100.00

Tendencia de la distribución de alturas.

De acuerdo al crecimiento alcanzado por la regeneración de esta especie, desde el inicio de la germinación hasta la última observación (fig. 6), su comportamiento muestra que la primera etapa de desarrollo, se concentró en las categorías de 5 a 10 cm; la segunda etapa en base a un mayor crecimiento alcanzó el orden de los 15 cm, lo que se manifiesta por el bajo porcentaje de individuos desplazados.

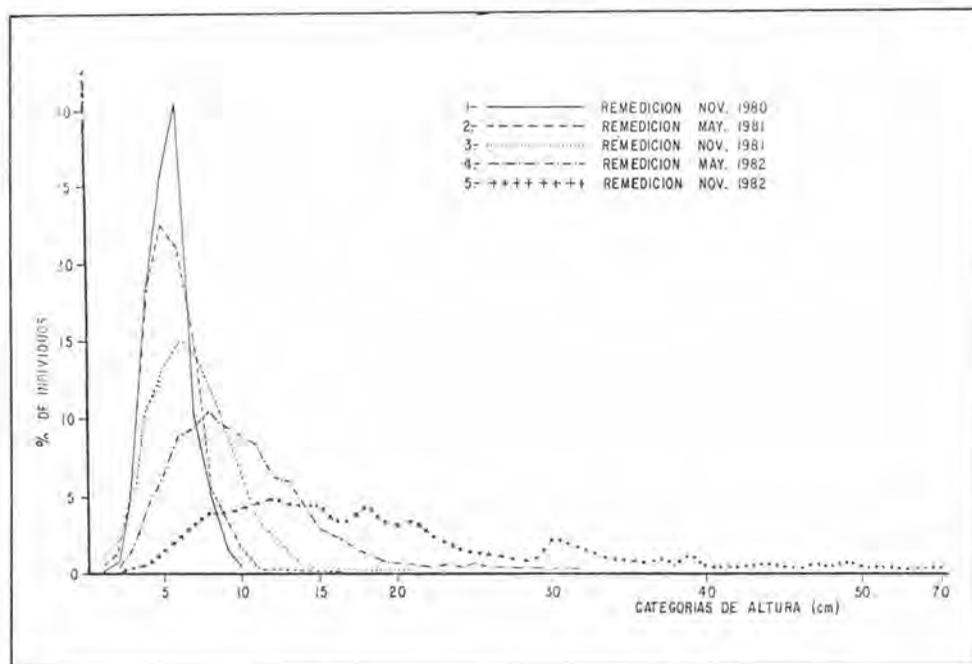


Fig. 6. Distribución de la población de *Pinus arizonica* Engelm., por categoría de altura a través de cada remediación.

Como es natural en el establecimiento de una población vegetal, el comportamiento está dado por la disminución en el porcentaje de individuos que se centraban en las primeras categorías, desplazándose a las inmediatas superiores aún con pocos individuos.

Para la cuarta remediación, el comportamiento indicado anteriormente se hace manifiesto con mayor intensidad, llegando inclusive a la categoría de 30 cm.

Por último, la remediación de noviembre de 1982 demuestra una distribución francamente más uniforme, los individuos fueron repartidos en un mayor número de categorías, alcanzando alturas hasta de 70 cm.

Este parámetro relacionado al de edad, se manifiesta en el crecimiento promedio alcanzado en cada intervalo, siendo para el primero de 6 cm, 14 cm en el segundo, el tercero de 25 cm, 51 cm el cuarto y 87 cm para el quinto año.

Los porcentajes de incremento en altura resultantes que manifiestan el grado de establecimiento de la regeneración son los siguientes: 6.8, 8.2, 12.6, 29.8 y 42.6 respectivamente (fig. 7). Estos, como se advierte, evidencian un mayor grado de formación con cada año de edad; por consiguiente, la mayor estimación se encontró en el quinto año, así como una mejor adaptación y, por lo tanto, la completa instauración de esta regeneración, es decir, el paso de plántulas hasta brinzales.

Tabla de vida.

Como parte del comportamiento en el establecimiento de la regeneración se obtuvo la tabla de vida, que indica la relación de mortalidad y supervivencia en cada periodo (cuadro 10).

Según se observa, en el primero y segundo intervalos se presentó el mayor porcentaje de individuos muertos, esto se explica porque esta primera etapa constituye la fase más difícil de adaptación de la regeneración; asimismo, se asocia también el factor clima, principalmente las bajas temperaturas. En los dos lapsos siguientes la mortandad se mantuvo constante, dentro de un 17%, en cambio para el periodo comprendido entre 1983-1985, ésta disminuyó considerablemente de 8 a 7%, respectivamente (fig. 8). Esto indica una tendencia al mayor establecimiento de la población.

Por otra parte, la disminución del número de árboles por hectárea que se presentó en cada periodo se vio seriamente reducida, ya que de un total de 24 475 plantas medidas en el primer periodo, bajó a 16 765; es decir, que el comportamiento de la nueva masa en la lucha por lograr su establecimiento fue un tanto difícil, como se puede apreciar en la figura 8, presentando ésta una tendencia de más a menos individuos a lo largo de la vida que manifiesta, por lo que al final del último periodo sólo se cuantificaron 7 482 individuos, lo que equivale a un 69.6% de plantas muertas en un lapso de cinco años (fig. 9).

CONCLUSIONES

Conforme al análisis de los resultados presentados, se pueden indicar las siguientes conclusiones:

Pinus arizonica presenta una gran capacidad de regeneración natural en la región Madera-El Largo.

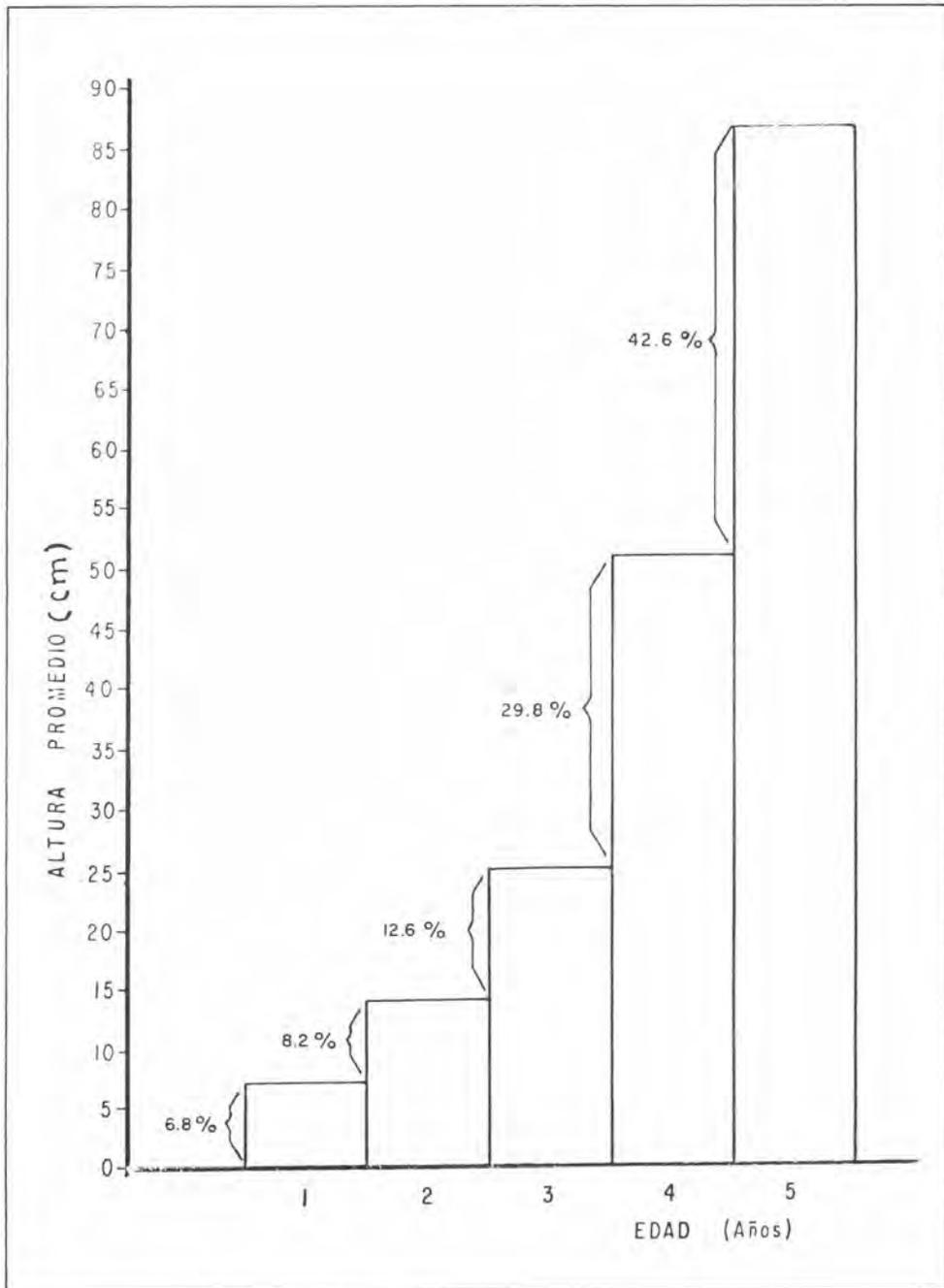


Fig. 7. Comportamiento de la regeneración en altura a través de la edad.

CUADRO 10

Tabla de vida de la regeneración de *Pinus arizonica* Engelm.

EDAD (meses)	No. DE PLANTULAS VIVAS EN EL INTERVALO DE EDAD	PORCENTAJE DE PLANTULAS MUERTAS AL PRINCIPIO DEL INTERVALO	PORCENTAJE DE PLANTULAS VIVAS AL PRINCIPIO DEL INTERVALO
0 - 6	24.475	00.00	100.00
6 -12	16.765	32.33	67.66
12 -18	13.900	17.08	82.91
18 -24	11.671	16.03	83.96
24 -36	10.707	8.28	91.72
36 -60	8.291	7.52	92.48

La regeneración de esta especie se incrementa satisfactoriamente, tanto en altura como en diámetro.

Se observa una relación significativa entre el desarrollo y los factores climáticos, precipitación y temperatura.

Para la edad de cinco años, como lo indica el 42.6% de incremento en altura y el 7% en el índice de mortandad, se presenta la mejor adaptación de la regeneración al medio ambiente.

Finalmente, se puede aseverar que mediante la aplicación de cortas de regeneración en bosques naturales, se logra el establecimiento de una nueva generación de esta especie en el área de influencia.

RECOMENDACIONES

Con base en las experiencias que se obtuvieron en el presente estudio, se hacen las siguientes recomendaciones:

Para la aplicación de cortas de regeneración mediante árboles padres, es conveniente dejar éstos en grupos de dos o tres individuos para evitar que sean derribados por el viento.

Se sugiere aplicar la liberación a la nueva masa a la edad de cinco años, una vez logrado el establecimiento de ésta.

Que los trabajos de derribo y extracción de los productos correspondientes a la liberación se hagan aplicando la mejor técnica para evitar al máximo daños a la nueva masa y al suelo.

Después de la liberación planear el manejo adecuado y oportuno de la

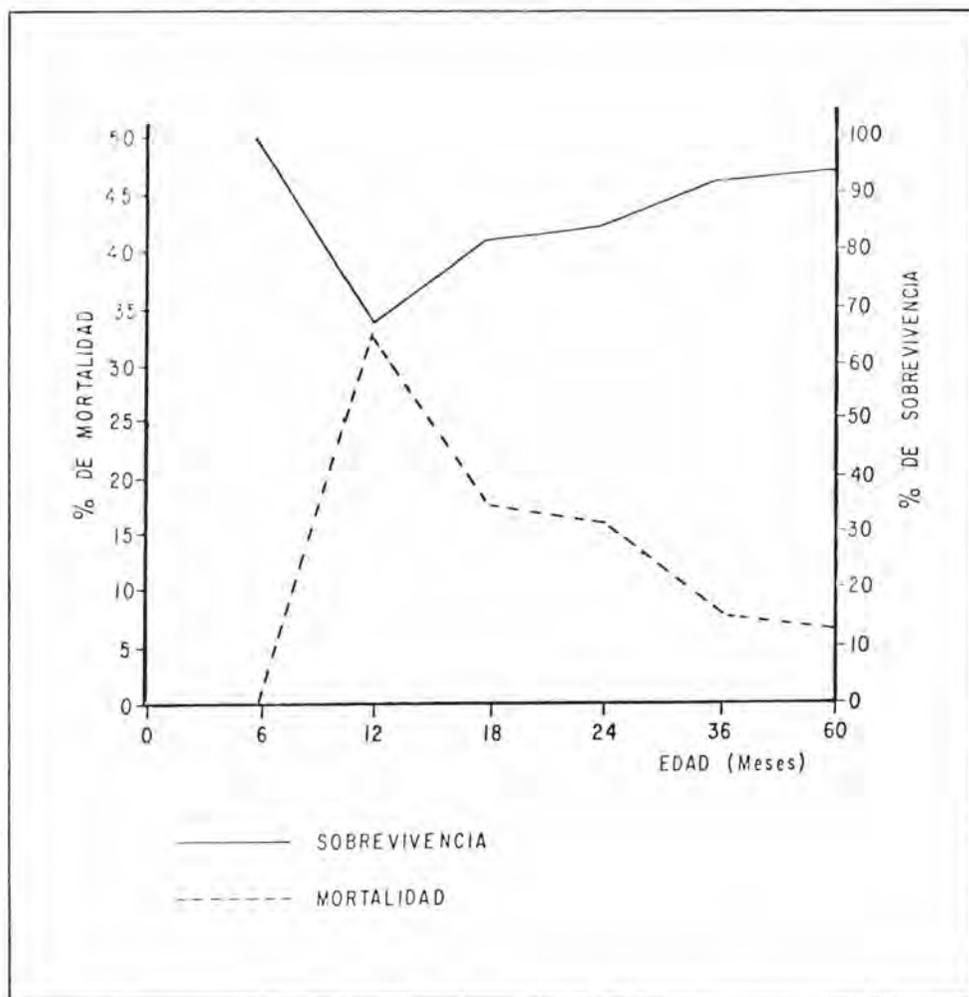


Fig. 8. Comportamiento de la población de *Pinus arizonica* Engelm., en mortalidad y supervivencia, en cada periodo de observación.

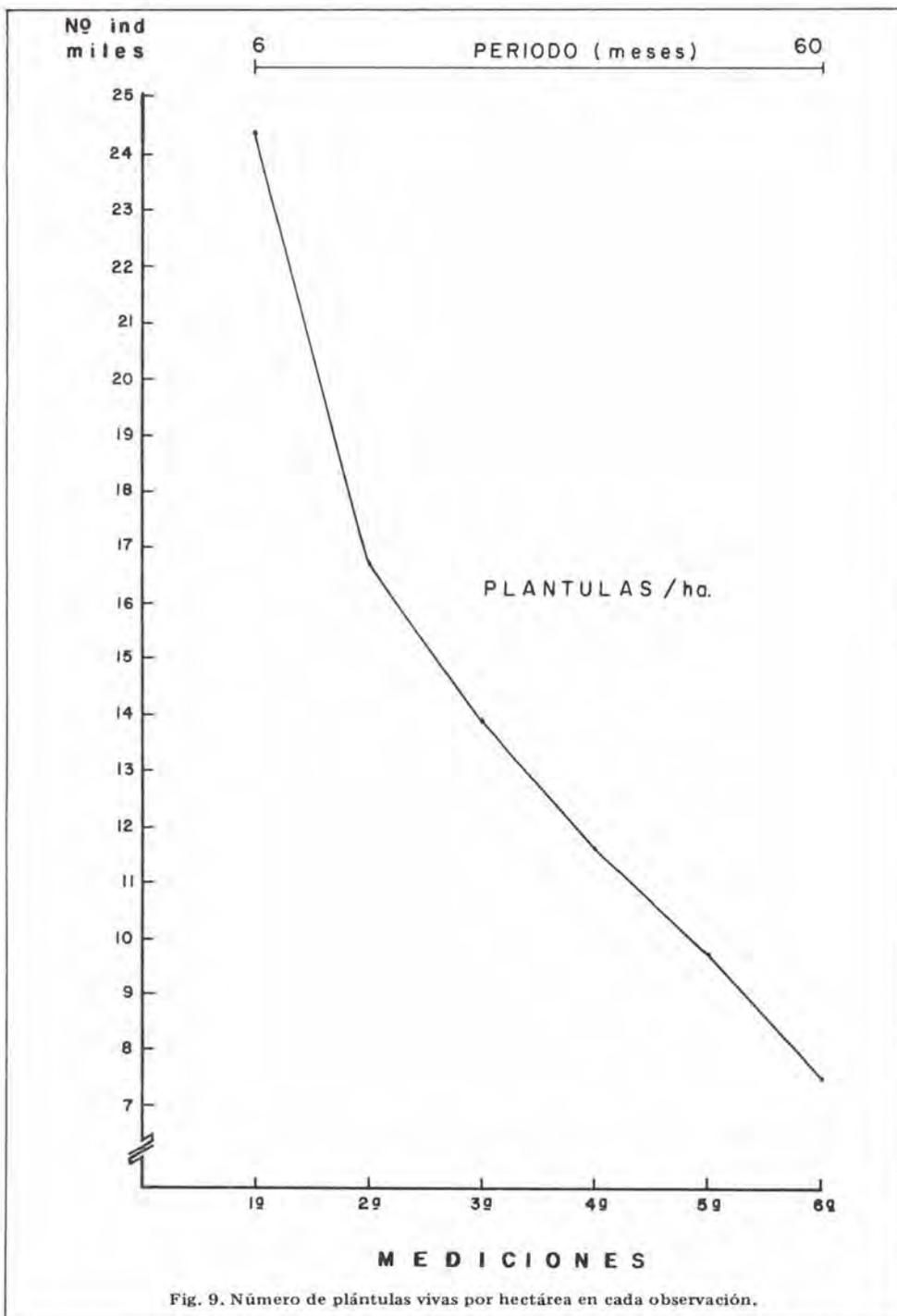


Fig. 9. Número de plántulas vivas por hectárea en cada observación.

nueva masa, con el fin de proyectarla desde sus etapas iniciales hasta la cosecha final.

Por último, tratar a los brinzales, después de la liberación, mediante un programa de aclareos iniciando con un preaclareo que favorecerá su crecimiento y conformación.

LITERATURA CONSULTADA

- CHACON, S.J.M. 1983. Regeneración Mediante Arboles Padres de *Pinus arizonica*. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. Revista Ciencia Forestal. Vol. 8. No. 42. México. pp. 18-19.
- DANIEL, P.W.; HELMS, V.E. y BAKER, F.J. 1982. Principios de Silvicultura. Primera Edición en Español. Litográfica IGROMEX. México. pp. 112-124.
- GATES, D.M. 1965. Heat transfer in plants. Sci. Amer. 213: 76-84.
- KOSLOWSKI and KELLER, T. 1966. Food relation of woody plants. Bot. Rev, 12(4): 293-382.
- LOESSOI, J.P. 1980. Fisiological Processes in Douglas fir in R.L. Edmonds "Edo", analysis of Coniferous Ecosystems in Western U.S. US-IBP. Syntbe series. Dowd en, Hutchinson and Ross, Inc., Stroudsburg, Ta.
- ODUM, E.P. 1972. Ecología. Tercera Edición en Español. Nueva Editorial Internacional. México. pp. 191-194.
- PERRY. 1971. Dormancy of trees in Winter. Science 171:29-36.
- SPURR, S.A. y BARNES, B.J. 1982. Ecología Forestal, Primera Edición en Español. A.G.T. Editores, S.A. México. pp. 144-151.
- STOKER, O. 1960. Die photosynthischen leistongen der steppen undwustentpflaz end, inc W. Ruhland (R.d) Handbuch dir of lanzenphy-siologie, 5 (1) 460-491.

VEGIS, A. 1964. Dormancy in higher plants. *Ann Rev. Plant Phys* 15:185-224.

WEISER. 1970. Cold resistance and injury in woody plants. *Science* 169:1269-1278.

RELACION SUELO - VEGETACION DEL AREA EXPERIMENTAL

"MADERA"

Jesús SANCHEZ CORDOVA*

Juan M. CHACON SOTELO**

INTRODUCCION

Es evidente que la confluencia de los factores ambientales de un lugar, tales como clima, suelo y sus propios organismos, entre otros, dan como resultado la presencia de un determinado tipo de vegetación y una fisonomía propia, la cual está determinada por su composición, crecimiento en altura y diámetro principal. Sin embargo, se considera que el suelo juega un papel preponderante en esto; a pesar de ello, en muchas actividades relacionadas con el aprovechamiento de los recursos forestales, poco se toma en cuenta la capacidad productiva de éste. Entre sus propiedades principales destacan la humedad, medida como agua aprovechable, contenido de nutrientes y estructura, por mencionar algunas; considerada ésta última por muchos científicos del suelo, como la llave de la fertilidad.

El estudio del suelo, en estos términos, permitirá explicar, o inferir al menos, algunos de los procesos relacionados con el crecimiento de las plantas que se traduce en la capacidad productiva de un lugar. Siendo así, se estará en posibilidades de planear adecuada o racionalmente el aprovechamiento de los recursos forestales.

El presente estudio tiene como objetivo contribuir al conocimiento de los suelos de la región Madera - El Largo, Chih., y correlacionar alguna de sus características con el desarrollo de la vegetación que soporta.

*Investigador del Proyecto Protección Forestal del Centro de Investigaciones Forestales del Norte (CIFONOR), INIFAP. SARH.

**Investigador del Proyecto Manejo de Bosques Naturales del Centro de Investigaciones Forestales del Norte (CIFONOR), INIFAP. SARH.

DESCRIPCION GENERAL DEL AREA

Localización.

El área de estudio se encuentra ubicada en el macizo montañoso de la Sierra Madre Occidental, en los bosques del estado de Chihuahua, dentro del municipio de Madera, a 12 km al suroeste de la población del mismo nombre, cuya localización geográfica comprende las coordenadas $29^{\circ}06'45''$ de latitud norte y $108^{\circ}11'45''$ de longitud oeste del meridiano de Greenwich (fig. 1).

El Area Experimental se encuentra físicamente dentro de la ampliación del ejido El Largo y está limitada al norte con el ejido Madera (ampliación), al sur con el predio particular Sirupa, al este con la colonia Naguerachi y al oeste con el predio particular Omar B. Varela (fig. 1).

Topografía.

Se localiza sobre la Sierra Madre Occidental, lo que determina que el relieve sea accidentado, constituido por cañadas y cerros; sin embargo, por encontrarse ésta en la parte alta su topografía es ondulada; cuenta con dos sectores planos uno en el norte siendo el mayor y otro en la porción media rodeados por tres cañadas, y uno con relieve más accidentado en la parte sur, con pendientes mayores a 50% . Otro en la parte media de relieve moderado con pendientes de 35% y, por último, un tercero en la zona norte.

En cuanto a los rasgos altimétricos, dicha área se encuentra dentro de las cotas de 2 100 a 2 500 msnm, las exposiciones son muy variadas con predominancia de las norte y sur ya que las cañadas corren de noroeste a sureste.

Clima.

Tomando como base las cartas climáticas de CETENAL (1970) y de acuerdo al sistema climático de Köppen, modificado por García (1973), el clima de la región está representado por la fórmula C (W1) (b1) (e), correspondiendo al grupo de climas templados subhúmedos con temperatura media del mes más frío de -3° a 18°C y la del mes más caliente mayor de 6.5°C , con lluvias en verano y un cociente de precipitación P/T entre 43.2 y 55.

De acuerdo a la información estadística que reporta la estación meteoroló-

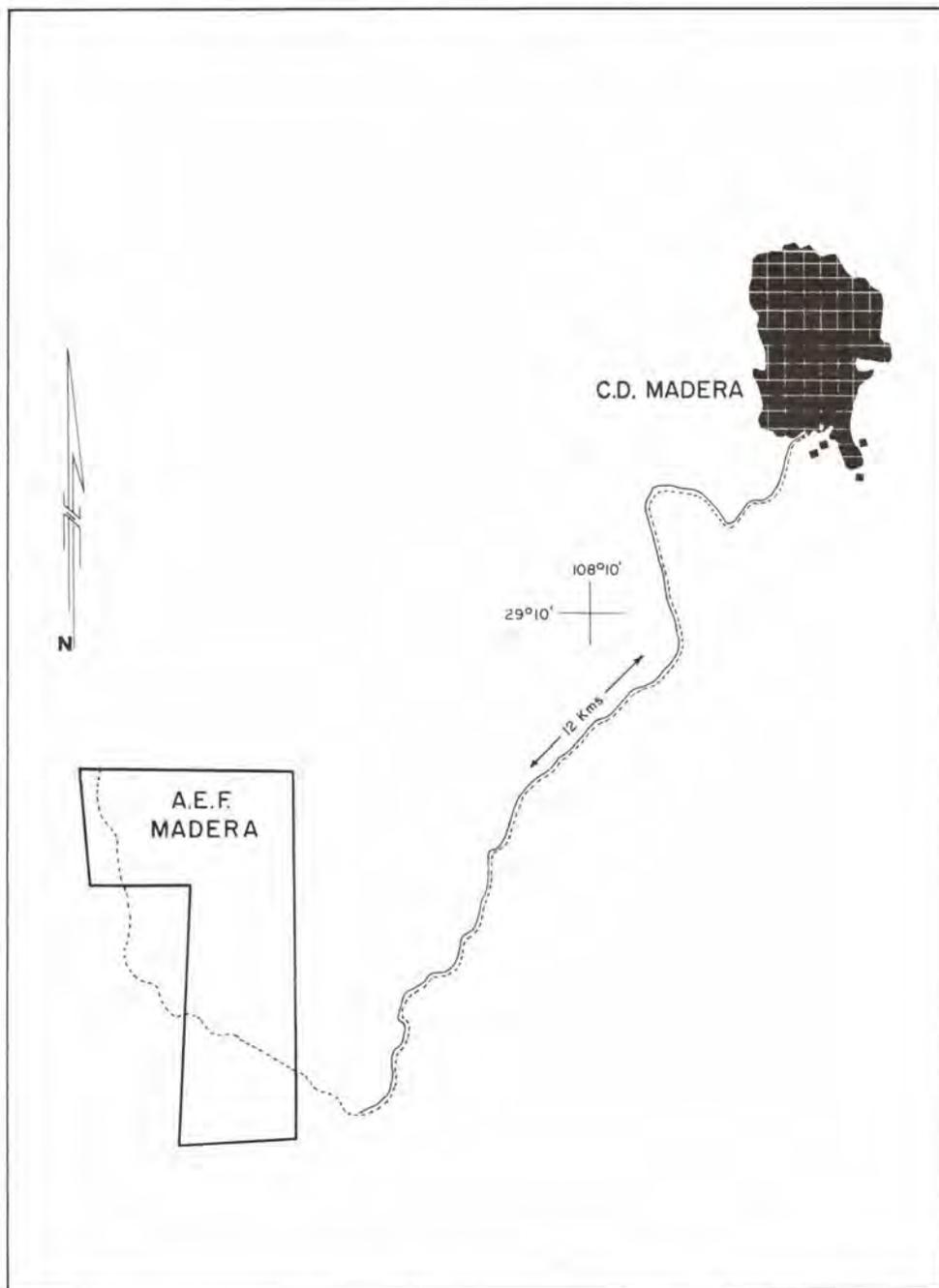


Fig. 1. Localización del Area Experimental Forestal "Madera", Cd. Madera, Chih.

gica denominada Campo 4, a 300 m del área en estudio, esta región presenta una precipitación promedio anual de 838 mm, siendo los meses de mayor precipitación julio y agosto, ocurriendo otras en diciembre y enero en forma de nevadas; ubicándose entre las isoyetas de 700 a 800 mm; la temperatura media anual es de 9.6°C, siendo las mínimas de 3.8 y las máximas de 15.8°C en promedio; presentándose mínimas extremas de -21°C en diciembre o enero y máximas extremas de 35°C en mayo. Los vientos dominantes de esta región provienen del W con sus variaciones del NW y SW y solamente en un corto periodo del año proceden del SE.

Geología.

La Sierra Madre Occidental está compuesta por dos secuencias ígneas: la más antigua forma rocas volcánicas principalmente intermedias, y la más reciente está integrada por ignimbritas riolíticas y riódacíticas.

El complejo volcánico inferior posee una forma dominante de derrames y unidades piroclásticas de composición andesítica, con intercalaciones ignimbritas silíceas. Gran parte de las masas minerales que se localizan en la Sierra Madre Occidental están estrechamente relacionadas con este complejo inferior.

El segundo corresponde al complejo superior, que constituye la cubierta ignimbrítica continua más extensa de la tierra; dispuesto en orientación noroeste sureste, de 250 km de ancho por 1 200 km de largo, se encuentra limitado al norte por la frontera con Estados Unidos de América, y hacia el sur desaparece debajo de las rocas intermedias y básicas del Eje Neovolcánico.

De acuerdo a las cartas geológicas de DETENAL (SPP, 1981), la historia geológica de la Sierra Madre Occidental corresponde al Cenozoico Terciario, formado por rocas sedimentarias, volcanosedimentarias, conglomerados e ígneas-extrusivas ácidas.

Tipos de vegetación.

La composición florística que comprende el AEF "Madera", se caracteriza por estar formada de bosques de pinos y latifoliadas con predominancia de los pinares; así se encuentra en la parte media una masa pura de *Pinus durangensis*, que comprende alturas que varían de 12 hasta más de 20 m. En algunas partes muy cerradas, presenta un estrato arbóreo bajo formado por especies del género *Quercus* y *Arbutus* en forma muy aislada; en el estrato

arbustivo está compuesto por la manzanita (*Arctostaphylos pungens*) y junco (*Ceanothus fendleri*) principalmente; el estrato herbáceo es muy variado hallándose representado, entre otros, por hierba de hígado (*Chimaphyllum bellata*), hierba de pollo (*Commelina dianthifolia*), hierba loca (*Lupinus mashallianus*), frijolillo (*Phaseolus heterophyllus* var. *rotundifolius*), *Gaura matabillis*, *Stevia serrata*, *Lotus oroboides* y *Senecio candidissimum*.

Otra masa pura, situada en la porción norte del área, está constituida fundamentalmente por *Pinus arizonica*, comunidad característica de las partes altas de la sierra; el estrato arbóreo bajo está constituido por individuos aislados del género *Quercus sideroxyla*; el arbustivo se representa principalmente por junco (*Ceanothus fendleri*) y jarilla (*Senecio salignus*); en el estrato arbóreo son muy abundantes y característicos el helecho (*Pteridium aquilinum*), hierba loca (*Lupinus mashallianus*) y la chucaca (*Senecio candidissimum*), principalmente.

La mayor parte del área se encuentra formada por una asociación de pino-encino, la que ocupa partes onduladas y pequeñas cañadas.



Fig. 2. Aspecto general del arbolado de *Pinus arizonica*.

Al sur, con pendientes y relieve muy accidentado, se encuentra un cierto tipo de vegetación que corresponde al matorral bajo abierto, la cual se constituye por algunos encinos bajos de *Quercus arizonica*, *Juniperus deppeana*, *Arctostaphylos pungens* y algunas coníferas aisladas como *Pinus engelmanni* y *P. leiophylla* principalmente; el estrato herbáceo cuenta con algunas gramíneas como *Eleusine thristachya* y *Bouteloua* sp.

CARACTERISTICAS DASOMETRICAS DEL ARBOLADO

Sitio No. 2. *Pinus arizonica* Engelm.

La composición del arbolado que sustenta este sitio, está constituido por una masa de pino (*Pinus arizonica* Engelm.), asociada con algunos ejemplares de encino (*Quercus* sp.) en proporción de 92 a 8% respectivamente, lo que ha permitido identificar a este rodal usando la terminología del Inventario Nacional Forestal, como P₁₁₃, cuya estructura está formada por tres pisos.

CUADRO 1

Características dasométricas del primer piso del bosque de *Pinus arizonica*

CATEGORIAS DIAMETRICAS (cm)	ALTURA (m)	No. DE ARBOLES	VOL. m ³ rta
20	20.0	11	2.50
25	21.0	16	5.80
30	21.0	24	12.76
35	23.0	23	18.46
40	22.0	12	18.46
45	22.0	26	35.33
50	23.0	16	27.10
55	23.0	7	17.47
60	23.0	5	12.40
65	-	-	-
70	29.0	1	3.98
75	22.0	1	3.95
		Σ 142	Σ 149.49

La edad del arbolado que conforma el primer piso fluctúa entre 46 y 64 años, presentando el mayor número de individuos una edad de 58 años; las alturas que se observan en esta parte de la estructura van de 20 hasta 29 m, sin embargo, las más frecuentes son de 23 m.

Los diámetros observados se encuentran ubicados dentro de 11 categorías las que fluctúan a partir de 20 hasta 75 cm, siendo las más frecuentes de 45 cm. El volumen que se obtuvo en este piso fue de 149.49 m³rta/ha, distribuido éste a través de los 142 árboles.

El segundo piso o intermedio está formado por árboles cuya edad varía entre 30 y 62 años, la más frecuente es de 46 años, siendo el diámetro el parámetro que presenta una mayor fluctuación dentro de esta parte de la estructura ya que se presentan 12 categorías diamétricas, las cuales van desde 10 hasta 70 cm, con alturas que varían de 11 a 19 m. Presentan además una densidad de 81 individuos por hectárea lo que representa un volumen de 40.63 m³rta.

CUADRO 2

Características dasométricas del segundo piso del bosque de *Pinus arizonica*.

CATEGORIAS DIAMETRICAS (cm)	ALTURA (m)	No. DE ARBOLES	VOL. m ³ rta
10	8	4	0.10
15	11	7	0.51
20	15	27	4.94
25	16	18	5.90
30	18	4	1.90
35	18	8	5.31
40	18	3	2.63
45	17	2	2.24
50	19	2	2.80
55	19	1	1.70
60	19	3	6.80
65	-	-	-
70	19	2	5.80
		Σ 81	Σ 40.63

El tercer piso o más bajo, está constituido por arbolado joven que presenta edades que varían de 24 a 34 años, con diámetros de 10 hasta 24 cm; las alturas de este arbolado fluctúan entre 5.5 a 9 m. El volumen concentrado dentro de esta parte de la masa es de apenas 5.20 m³ rta, distribuido entre los 127 individuos presentes.

CUADRO 3

Características dasométricas del tercer piso del bosque de *Pinus arizonica*.

CATEGORIAS DIAMETRICAS (cm)	ALTURA (m)	No. DE ARBOLES	VOL. m ³ rta
10	5.5	88	1.54
15	9.0	32	2.36
20	11.0	4	0.54
25	14.0	3	0.76
		Σ 127	Σ 5.20

En resumen, la estructura que sustenta esta localidad, por sus características, es una masa madura cuyo volumen que sostiene es de 195.32m³/ha, el cual es distribuido en una densidad de 350 árboles por hectárea.

Sitio No. 5. *Pinus durangensis*.

La localidad que mantiene el arbolado de este rodal presenta a la especie en cuestión asociada a *Pinus arizonica*, en una proporción del 82 y 18% respectivamente; en algunos sitios se localiza vegetando en completo dominio, es decir, formando rodales puros.

Esta especie en forma natural presenta una estructura característica en la que se observan tres pisos bien definidos: uno, el que se encuentra constituido por arbolado sobre maduro, el cual es escaso ya que sólo se cuantificó un total de ocho individuos por hectárea, cuya edad en promedio es de 72 años y su distribución diamétrica fluctúa entre 59 y 89 cm, alcanzando alturas que van de 18 a 24 m. El volumen que constituye a esta parte de la estructura es de 28.18 m³ rta/ha.

CUADRO 4

Características dasométricas del primer piso del bosque de *Pinus durangensis*.

CATEGORIAS DIAMETRICAS (cm)	ALTURA (m)	No. DE ARBOLES	VOL. m ³ rta
50	20	3	6.19
55	24	1	3.12
60	-	-	-
65	22	1	3.42
70	-	-	-
75	20	2	9.03
80	-	-	-
85	18	1	6.42
		Σ 8	Σ 28.18

El segundo piso o intermedio fue producto del arbolado sobremaduro y presenta edades que van de 25 a 30 años, con diámetros que varían de 10 a 28 cm, y con alturas de 8 hasta 14 metros; la densidad presente en esta parte de la estructura general es de 228 individuos por hectárea lo cual representa un volumen de 11.56 m³ rta.

CUADRO 5

Características dasométricas del segundo piso del bosque de *Pinus durangensis*.

CATEGORIAS DIAMETRICAS (cm)	ALTURA (m)	No. DE ARBOLES	VOL. m ³ rta
10	8.0	138	3.45
15	9.0	85	6.29
20	11.0	3	0.48
25	14.0	1	0.29
30	12.0	1	0.44
		Σ 228	Σ 11.56



Fig. 3. Estructura del arbolado en el bosque de *Pinus durangensis*

El tercer piso o más bajo está compuesto por individuos suprimidos y mal conformados, los cuales presentan la misma edad que el piso intermedio; pero dada su condición, en cuanto a la densidad, no han alcanzado las mismas propiedades que éste, encontrándose la mayor parte de la población dentro de un diámetro de 9.3 cm y siendo representada solamente por dos categorías diamétricas, cuyas alturas son de 6 y 7 m respectivamente; sin embargo, debido a la alta densidad que prevalece en este piso se tiene el mayor volumen, 33.05 m³ rta, el cual está distribuido entre los 1 336 individuos presentes.

En términos generales la estructura analizada presenta una densidad de 1 572 árboles por hectárea, sumando un volumen de 72.79 m³ rta, por lo que de acuerdo a estos parámetros es considerada como una masa relativamente joven, la cual cuenta con una densidad sobresaturada.

Sitio No. 7. Bosques de *Quercus* spp.

Este tipo de vegetación se localiza en la parte sur del área experimental, está

constituido por encinos de las especies *Quercus sideroxylla* y *Q. arizonica*, principalmente, denominado F₃; se encuentra formado por un estrato dominante de 4 a 6 m de alto, con densidad de 320 árboles por hectárea y diámetros de 7.6 cm. En esta parte se presenta un estrato emergente de *Pinus engelmannii* y *P. leiophylla* de 10 a 12 m, en una densidad de 10 árboles por hectárea, con diámetros de 47 cm para individuos de 10 m de altura.

CUADRO 6

Características dasométricas del tercer piso del bosque de *Pinus durangensis*.

CATEGORIAS DIAMETRICAS (cm)	ALTURA (m)	No. DE ARBOLES	VOL. m ³ rta
10	16	1 207	26.79
15	7	129	6.26
		Σ 1 336	Σ 33.05



Fig. 4. Vista del bosque de *Quercus* spp. en la parte sur del área.

CARACTERISTICAS DE LOS SUELOS

Descripción de perfiles.

Pinus arizonica.

Perfil-2-Tipo.



Fig. 5. Perfil No. 2.

- 0₁- De 3 a 2.5 cm, constituido de hojarasca sin descomponerse, principalmente de hojas de pino.
- 0₂- De 2.5 a 0 cm de materia orgánica en descomposición en la cual ya se puede reconocer su forma original.
- A₁- De 0 a 12 cm de profundidad, color café oscuro, de textura franco-arenosa, reacción ligeramente ácida, 6.4 de pH, ricos en materia orgánica (8.82%), así como en N_T (0.618%); en cuanto a fósforo es alto (12.2 ppm) y CIC de 19.09. La estructura es granular, poco desarrollada

y de consistencia friable; adherente y plástica en húmedo y mojado respectivamente. Presenta raíces finas en una moderada cantidad.

A₁₂-De 12 a 65 cm de profundidad, color café amarillento oscuro (7.5 y R 4/6), textura franco-arenosa y pH de 6.4; medio en materia orgánica (1.6 a 2.3%) y medio a medianamente sobre N_T (.11 a 16%), en fósforo es alto (20.7 a 38.6 pp) y 5.6 de CIC, estructura granular fina, consistencia adherente y plástico con abundantes raíces.

B²A₁₃- De 65 a 90 cm de profundidad, color café oscuro (7.5 y R 4/3), textura franca, pH de 6.5, estructura prismática de poco desarrollo (fig. 6).

Pinus durangensis.

Perfil - 5 - Tipo.

0₁- De 4 a 2 cm de hojarasca, formada de ramillas y hojas de pino.

0₂- De 2 a 0 cm que constituyen a la capa de humus, es decir, a la materia orgánica en descomposición.

A₁- De 0 a 12 cm de profundidad, color café oscuro (7.5 y R 3/3), textura franco-arenosa, rico en materia orgánica (9.0%) y en NT (0.6), medio en fósforo (9.3 ppm), CIC de 20.5, presenta además una estructura granular fina y friable de consistencia en húmedo, con abundantes raíces.

A₁₂-De 12 a 50 cm de profundidad, color café amarillento oscuro (7.5 y R 4/6), textura franca, mediano en contenido de materia orgánica (1.76%), medianamente pobre en N_T (.12%) y mediano en fósforo (9.3 ppm), CIC de 10.0, presenta una estructura granular fina friable y ligeramente adherente en consistencia en húmedo, presenta abundantes raíces.

A₁₃-De profundidad de 50 a 95 cm, color café (7.5 y R 5/4), pH de 6.4, pobre en materia orgánica (.3%) y extremadamente pobre en NT (.02%); sin embargo, es extremadamente rico en fósforo (2.2 - 5.8 ppm), CIC de 20 con una estructura prismática media, consistencia firme, adherente y plástica con raíces hasta una profundidad de 90 cm.

El perfil presenta abundantes gravas y piedras en la mayoría del área expuesta.

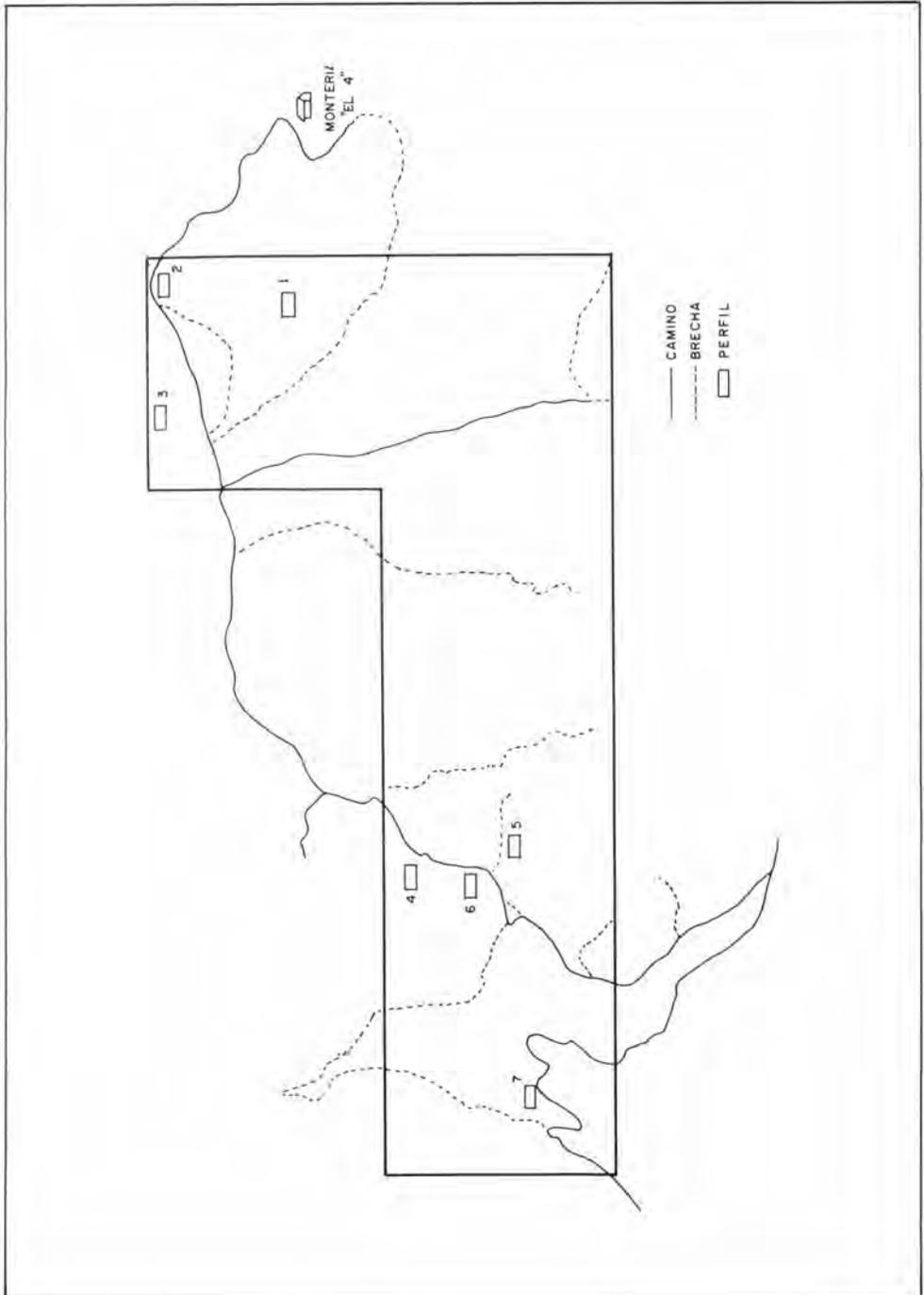


Fig. 6. Localización de perfiles de suelo en el AEF "Madera".



Fig. 7. Perfil No. 5.

C - De 95 a 150 cm, formado de piedras y algunos estratos consolidados de poco intemperismo.

A diferencia del perfil típico de *P. arizonica*, estos suelos presentan una fase arcillosa en los estratos inferiores a partir de los 50 o 70 cm.

Quercus spp.

Perfil - 7 - Tipo.

- 0₁- De 3 a 1 cm de hojarasca, formado de ramillas y hojas de encino.
- 0₂- De 1 a 0 cm, compuesta de materia orgánica poco descompuesta; sin embargo, ya no se observan con claridad las formas originales.
- A₁-De 0 a 23 cm de profundidad, color café oscuro (7.5 y R 4/6), textura franca y pH ligeramente ácido (6.2); rico en materia orgánica y nitrógeno (4.4 y 0.3% respectivamente), presenta alto contenido en fósforo asimilable.



Fig. 8. Perfil No. 7.

- A₁₂-De 23 a 63 cm de profundidad, color café rojizo claro (5 y R 5/3), textura franca y reacción ligeramente ácida con pH (6.3), pobre en materia orgánica y extremadamente pobre en nitrógeno total (0.68% y 0.048% respectivamente); sin embargo, presenta un contenido extremadamente alto en fósforo asimilable.
- A₂- Este horizonte se encuentra de 63 a 160 cm de profundidad, color gris rosáceo (7.5 y R 7/2), textura franca, pH ligeramente ácido muy cercano al neutro (6.7); pobre en materia orgánica, así como en porcentaje de nitrógeno total. Presenta una estructura prismática media y una consistencia friable y ligeramente adherente en húmedo; muestra pocas raíces finas.
- A_{3C}-Esta capa se presenta a una profundidad de 160 a 200 cm, color café grisáceo oscuro (5 y R 6/2), textura franco-arenosa, reacción neutra, pobre en contenido de materia orgánica y nitrógeno total; sin estructura, de consistencia friable, no plástico y poco adherente.

CARACTERIZACION DE LAS SERIES

Serie arizonica.

Estos suelos comprenden la parte norte del área, zonas planas entre las dos principales cañadas, la cual está ocupada principalmente por bosque alto de *P. arizonica*. Son suelos de color café rojizo a café, textura que va de franco-arenosa a franca, reacción ligeramente ácida tendiente a la neutralidad (pH 6.5); son ricos a medios en contenido de materia orgánica, así como en porcentaje de nitrógeno total; sin embargo, presentan un alto contenido de fósforo asimilable. En general las capas superficiales presentan buena capacidad de intercambio catiónico, alrededor de 20 me/100 g (fig. 9).

En cuanto al contenido de humedad, estos suelos presentan porcentajes bajos en la superficie (4%) a medios en las capas inferiores (7%) de agua aprovechable, lo que se explica por su textura franco-arenosa a franca; además, contienen grava en un 30% de la superficie expuesta y a partir de los 65 cm de profundidad hay gran cantidad de piedras. Las raíces se presentan principalmente a una profundidad de 12 a 65 cm.

Esta serie comprende los perfiles 1, 2 y 3 de cuyas características permitieron la descripción de esta serie, principalmente del No. 2 el cual se considera el perfil tipo.

Serie durangensis.

Se presentan principalmente en la parte media del área experimental, en sitios de topografía ligeramente plana, están cubiertos por bosques de *Pinus durangensis* y *P. arizonica*, en poca proporción, y algunos individuos aislados de *Quercus sideroxylla*.

Son suelos de color café oscuro en las capas superficiales a café o café rojizo en las de mayor profundidad, pasando por los café amarillentos en las intermedias; de textura media en la superficie a fina en las más profundas; de franco-arenoso a arcilloso o franco-arcilloso respectivamente. Son de reacción ligeramente ácida en todo el perfil (6.3 a 6.5), ricos en materia orgánica en la superficie y pobre en las capas profundas, sucediendo lo mismo en cuanto al nitrógeno total; además poseen un alto contenido de fósforo asimilable. Estos suelos presentan altos índices de capacidad de intercambio catiónico, 20me/100 gr.

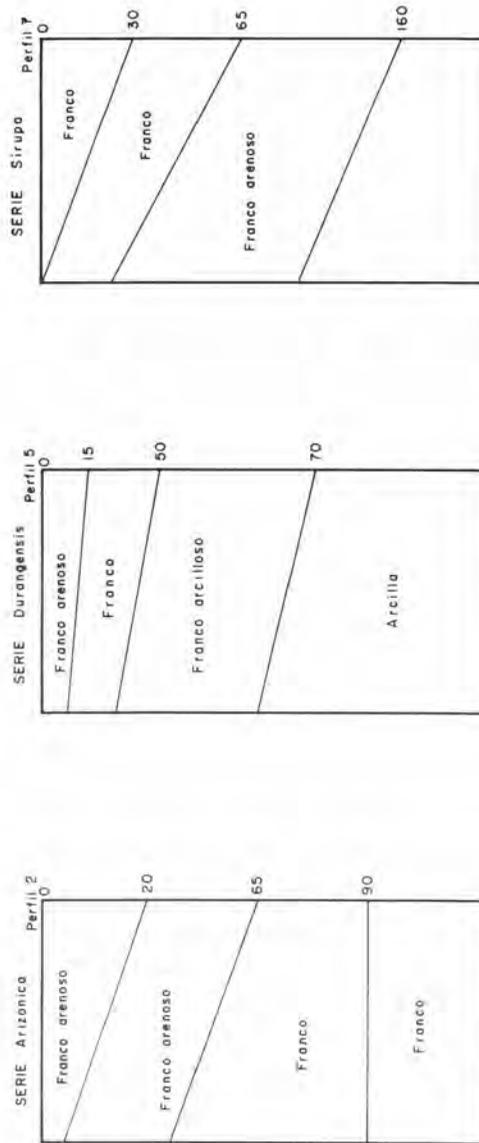


Fig. 9. Texturas de los perfiles tipo de cada serie.

En lo referente a la cantidad de agua aprovechable presentan porcentajes altos (12 a 13%), como respuesta a la textura fina de estas capas.

Estos suelos presentan una estructura granular en la parte superficial a prismática fina en la parte baja; su consistencia es friable, ligeramente adherente en las capas superficiales, y plástica y firme adherente en las profundas.

Las raíces se encuentran en forma abundante en las capas comprendidas entre los 0 a 95 cm.

La serie aquí descrita comprendió los perfiles 4, 5 y 6, considerándose el No. 5 como típico o representativo.

Serie Sirupa.

Esta serie de suelos están descritas a partir del perfil No. 7, el cual se considera como típico para esta serie; se encuentra localizado en la parte sur del área experimental, en una ladera de fuertes pendientes cuya desembocadura es en el río Sirupa, de donde se ha tomado el nombre de esta serie. Estas áreas están ocupadas por un bosque de encinos con predominancia de *Q. arizonica*, presentando algunos ejemplares de *P. leiophylla* y *P. engelmannii*.

En la superficie su color es café oscuro, pasando por los café rojizos o rosáceos claros en la parte media y baja del perfil; son de textura franca en la mayoría de las capas y franco-arenosa en la profundidad; reacción del pH de 6.4 a 7, de fuerte tendencia a la neutralidad; son pobres en materia orgánica y nitrógeno total, en cambio presentan altos contenidos en fósforo asimilable.

La estructura es prismática y poco desarrollada, de consistencia friable y ligeramente plástica; las raíces principalmente las finas se encuentran en las capas superficiales. Estos suelos en una gran parte del área son muy delgados (30 a 40 cm) ya que presentan lechos rocosos aflorantes, así como abundantes piedras sobre la superficie.

DISCUSION DE RESULTADOS

Es evidente que la presencia de un determinado tipo de vegetación obedece a la interacción de uno o varios agentes del medio ambiente que lo rodea. Para el presente trabajo sólo se está considerando el factor suelo y su correlación con la vegetación que sustenta.

En el área bajo estudio, las condiciones del bosque que se analizaron fueron las concernientes a las masas puras de las dos especies más importantes, *Pinus arizonica* y *P. durangensis*, así como también las referentes a presencia del bosque de encino (F_3), delimitándose tres series que corresponden a estos tres tipos de bosque.

Las dos primeras series presentan suelos profundos; la textura, que ha permitido la separación entre ellas es franco-arenosa en la serie *arizonica*; en cambio, en la *durangensis* es arcillosa y franco-arcillosa a partir de los 50 cm; de reacción pH ligeramente ácida (6.3 a 6.5), los contenidos en materia orgánica tienden a ser ligeramente mayores en la serie *arizonica*, igualmente sucede para el porcentaje de nitrógeno total; sin embargo, en cuanto al fósforo asimilable es más alto en la serie *durangensis*. En lo referente a la humedad y como resultado del cálculo entre la capacidad de campo y el punto de marchitez permanente, se determinó que la *durangensis* presenta mayor cantidad de agua aprovechable, siendo ésta de 7 a 13%; en cambio, la serie *arizonica* resulto de 4 a 7%. Asimismo, la capacidad de intercambio catiónico es más alto en la primera que en esta última.

Como ya se mencionó anteriormente, las dos especies en cuestión están creciendo en forma muy similar, aunque presentan condiciones estructurales diferentes, ya que *Pinus arizonica* se ha caracterizado como una estructura madura y *Pinus durangensis* se encuentra en una etapa de desarrollo joven. Sin embargo, se observa que *P. durangensis* está aprovechando mejor la capacidad productiva del suelo, lo cual se refleja a través de la alta densidad que prevalece y por el desarrollo alcanzado a esta edad de los principales parámetros (diámetro normal y altura total); esto puede explicarse por las diferencias existentes en los contenidos de fósforo, agua aprovechable y a la capacidad de intercambio de cationes que son las principales controversias entre las dos series y que podrían tener mayor efecto en las reacciones fisiológicas del arbolado.

En cuanto a las características de los suelos ocupados por el bosque de encinos, a pesar de que se ha descrito un perfil de suelo profundo, la condición que predomina en esta área son los suelos delgados y pedregosos, como resultado de la confluencia de varios factores, entre los que cabe mencionar la exposición sur y la topografía escarpada; asimismo, la pobreza en materia orgánica y nitrógeno es evidente contrastando con los niveles altos de fósforo asimilable; sin embargo, el bajo nivel de agua aprovechable hace que estos elementos sean poco aprovechados, lo cual se manifiesta en este tipo de vegetación.

CONCLUSIONES

Derivado del análisis e interpretación de los resultados obtenidos del presente estudio, principalmente en relación a las características de los suelos y la vegetación, se presentan a continuación las conclusiones más sobresalientes del mismo:

Se establecieron morfológicamente tres series de suelos, que obedecen a la presencia de dos especies de pinos y un bosque de encinos.

La estructura y composición botánica entre las series *arizonica* y *durangensis* con la serie Sirupa es notoriamente distinta

Existen diferencias notables entre los suelos en cuanto a profundidad y pedregosidad de la serie Sirupa con respecto a las series que corresponden a las coníferas.

Entre las series *arizonica* y *durangensis* se presentan diferencias en los niveles de fósforo asimilable, textura y agua aprovechable principalmente.

RECOMENDACIONES

A partir de los resultados y conclusiones obtenidos en este estudio, se proponen las siguientes recomendaciones:

Intensificar los estudios de suelos para la obtención del mapa de los mismos.

Determinar la calidad de estación para cada especie y condición.

Elaborar el mapa de producción, información indispensable en los planes de manejo que pueden servir de base para el mejor aprovechamiento del recurso en la región.

BIBLIOGRAFIA

- AGUILERA, H.M. 1962. Algunas notas sobre suelos de coníferas de México. En: Seminario y viaje de estudios de coníferas latinoamericanas. Pub. Esp. No. 1, INIF. SAG. FAO. pp. 132 - 138.
- ANAYA, L.A.L. *et al.* 1980. La Vegetación y los Suelos de un Transecto Altitudinal del Declive Occidental del Iztaccíhuatl. Bol. Téc. No. 65, INIF. SFF. México.
- ANONIMO. 1981. Atlas Nacional del Medio Físico. SPP. 1a. Edic. Talleres Gráficos de la Dirección General de Geografía del Territorio Nacional. p. 209.
- CUANALO, C.H. 1981. Suelos del Campo Experimental Forestal "El Tormento", Campeche. Bol. Téc. No. 15. INIF, SFF.
- GARCIA, E. 1973. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática. Instituto de Geografía. UNAM. 2a. Edic. p. 246.
- HERNANDEZ, S.R. y J. SANCHEZ, C. 1973. Guía para Descripción y Muestreo de Suelos de Areas Forestales. Bol. Div. No. 32. INIF, SFF. México.
- RODRIGUEZ, F.C. y C.A. ORTIZ, S. 1982. Levantamiento de Suelos del Campo Experimental Forestal "San Juan Tetla", Pue. Ciencia Forestal. No. 40. INIF, SFF. México.
- SPP. 1970. Cartas Climáticas de CETENAL. UNAM. Instituto de Geografía.
- U.S. DEPARTMENT of AGRICULTURE. 1960. Soil Classification. A. Comprehensive System. 7th. Approximation. U.S. Government Printing Office, Washington 25. D.C.

APLICACION DE LOS CRITERIOS DE AGROLOGIA FORESTAL AL ESTUDIO DE LOS SUELOS DE BOSQUE EN LA ZONA OESTE DE TAPALPA, JALISCO

Alberto GOMEZ TAGLE ROJAS*
Yolanda CHAVEZ HUERTA**

RESUMEN

Se realizó un estudio de suelos forestales como parte de las bases necesarias para implementar un plan de manejo silvícola en los bosques de Tapalpa, Jalisco.

Los criterios empleados, corresponden a los que se plantean en la Agrología Forestal y los métodos usados fueron:

- a) Estudio topográfico del área.
- b) Ubicación de perfiles edafológicos en función de las características del arbolado.
- c) Descripción morfológica y muestreo por horizontes.
- d) Análisis físicos y químicos de suelos.
- e) Estudio de las interacciones suelo-planta.
- f) Elaboración de microperfiles.
- g) Elaboración del fisiograma controlado para representación del sustrato.

*M.C. Investigador de la Sección de Uso Múltiple de los Recursos Forestales del Centro de Investigaciones Forestales de Occidente (CIFO), INIFAP. SARH.

**Bióloga. Investigadora de la Sección de Uso Múltiple de los Recursos Forestales del Centro de Investigaciones Forestales de Occidente (CIFO), INIFAP. SARH.

Los resultados indican gran variación topográfica y edafológica, hechos que impactan el desarrollo y composición del arbolado, ya que en Andosoles se observa muy buenas características de vigor, altura y regeneración; en cambio en Luvisoles y Cambisoles es inferior el desarrollo de las coníferas llegándose a observar la sustitución ecológica de éstas por encinos principalmente; sin embargo en el caso de los Regosoles encontramos esencialmente encinos y bosque mesófilo de montaña, como posible resultado de la pobreza del suelo.

Finalmente se presenta un cuadro comparativo donde se propone el desarrollo de prácticas de uso múltiple en diversos aspectos.

SUMMARY

A study of forest soils was carried out as part of the necessary basis to implement a silvicultural management plan in the forests of Tapalpa, Jalisco.

The criteria used, correspond to those implemented on the Forestry Agrology and the methods were as follows:

- a) Topographic study of the area.
- b) Localization of edaphologic profiles in base of woodland characteristics.
- c) Morphologic description and sampling of horizons.
- d) Physical and chemical analysis of soils.
- e) Study of soil-plant interactions.
- f) Elaboration of microprofiles.
- g) Performance of the control physiogram to represent the substratum.

The results indicate great topographic and edaphologic variation, facts that have an impact on the development and composition of the wood, as in the Andosols good vigor characteristics are noticed, as well as height, and regeneration; on the other hand, in Luvisols and Cambisols the development of conifers is inferior, observing the ecologic substitution of conifers for oaks, mainly; eventhough, in the case of the Regosols, we mainly found oaks and mesophylous forests, possibly as a result of a poor soil.

Finally, a comparative table is presented in which it is proposed the development of multiple-use practices in different aspects.

INTRODUCCION

Dentro de los diversos campos de las ciencias agronómicas, existen aquellos que están relacionados con la evaluación del recurso suelo; este cuerpo natural es el medio de crecimiento y fijación de la vegetación, por lo que su evaluación implica la caracterización de aquellas propiedades que influyen en el desarrollo vegetal. La Agrología es precisamente la rama agronómica cuyos principios y métodos se ocupan de esta evaluación; sin embargo, es necesario aclarar que la tendencia principal de esta disciplina ha sido eminentemente agrícola, es decir caracteriza en un alto grado la tierra que tiene utilidad para producir alimento para el hombre o bien forraje. El problema se presenta cuando se hace indispensable evaluar el terreno de producción forestal; en general para nuestro país, el terreno forestal es agreste, generalmente lejano de centros urbanos importantes, de difícil acceso y su producción agrícola es muy baja o nula; éstas y otras características han hecho que importantes zonas del país (70% montañoso) de excelente productividad forestal estén catalogadas únicamente como zonas forestales. Cuando se realizan levantamientos agrológicos, de acuerdo con la clasificación de capacidad de uso del suelo de Klingebiel y Montgomery (1961), las clases asignadas a suelos forestales son la V y la VI y en esta clasificación las variables del suelo como textura, profundidad, etc. son de primera importancia; sin embargo, en el ecosistema forestal se presentan otras como exposición, riesgo de incendio, sobrepastoreo, cortas clandestinas, zonas de alimentación de acuíferos y otras que deben ser tomadas en cuenta.

Considerando las razones antes citadas, se propone la siguiente definición:

“Agrología Forestal es una rama de la agronomía que organiza y describe, cualitativa y cuantitativamente el estudio de los terrenos forestales, en función de su productividad dando normas para su uso actual y potencial”.

El presente trabajo es una aplicación de los criterios y métodos empleados en la Agrología Forestal para la evaluación de terrenos de bosque templado en la zona oeste de Tapalpa, Jalisco y los objetivos fueron los siguientes:

- Realizar una evaluación preliminar de los suelos forestales, tomando como base la disposición de las masas arboladas.
- Generar datos básicos para la estructuración de un plan de manejo silvícola.
- Probar algunos de los métodos de representación (fisiogramas) utilizados en Agrología Forestal.

ANTECEDENTES

A la fecha, en nuestro país son escasos los estudios que tratan de relacionar cuantitativamente el sustrato forestal y la masa arbolada. Por otra parte, la presión sobre los recursos, la necesidad de diversificar la producción forestal, y el volumen de importación de material celulósico, hacen necesario conocer más ampliamente el ecosistema y sus distintos componentes.

De manera resumida, podemos citar a Castaños (1962), que en su estudio sobre calidades de estación para *Pinus patula* identificó como factores importantes del sustrato a la profundidad, la altitud y la exposición. Cervantes y Cuevas (1981), estudiaron las relaciones entre las propiedades físicas del suelo y la distribución de raíces en el mismo, determinando que no hay limitantes para el desarrollo radicular. Orantes (1980) al trabajar sobre calidades de estación para *P. hartwegii* señaló una íntima relación entre el incremento medio anual, el incremento medio periódico y la altura del fuste, con la materia orgánica, la capacidad de retención de humedad, y el porcentaje de arcilla.

Como elementos químicos importantes para el desarrollo de los pinos, Ronnie (1956 in Aguirre, 1982), menciona que en 100 años se requieren 502 kg/ha de calcio, 225 kg/ha de potasio y 52 kg/ha de fósforo. Arteaga y Echevers (1982), mediante un análisis de nutrientes en el suelo y el follaje de *Pinus radiata*, encontraron bajos valores de fósforo, establecieron regresiones y correlaciones entre las características del arbolado y las condiciones fisiográficas, y definieron como factor crítico a la exposición.

Gómez Tagle (1982), aplicó modelos de regresión múltiple para estudiar relaciones sustrato-árbol y fisiogramas controlados para representar la información integradamente; las propiedades del sustrato que consideró importantes fueron pendiente y profundidad. En un estudio de relación suelo-vegetación

forestal, Chávez (1983) determinó que la pendiente y características de la partícula (como tamaño y distribución) influyen directamente sobre los incrementos de la masa. Nuevamente Gómez Tagle (1984), presentó un esquema experimental de trabajo aplicado a zonas de bosques templados y fríos denominado Sistema Agrológico Forestal, mediante el cual evalúa los terrenos en términos de uso múltiple.

LOCALIZACION Y CARACTERISTICAS GENERALES

Las coordenadas del área de estudio son 19°55'47" a 19°59'51" latitud norte y 103°45'45" a 103°51'46" longitud oeste; la superficie aproximada es de 6 272 ha (fig. 1).

Geología.

Según Demant *et al* (1976), y CETENAL (1975), se reconocen en el área materiales correspondientes al Cenozoico Superior Volcánico; éstos son, principalmente:

Basalto que ocupa 5 243 ha, brecha volcánica en 563 ha, aluviones 330 ha, materiales residuales 73 ha, lutitas y areniscas 61 ha, así como cenizas y tobas volcánicas.

Estos dos últimos materiales, tienen una distribución amplia y se les localiza sobre cualquiera de los otros, aunque cartográficamente no se señalan.

Clima.

Por su localización altimétrica entre los 1 900 y 2 400 msnm, esta región tiene un clima templado-subhúmedo; las lluvias ocurren en el verano y esta estación es larga y fresca, aunque presenta canícula o "sequía de medio verano"; hay poca oscilación térmica (6°C) y el mes más cálido se presenta antes de junio. Los datos correspondientes son:

- Temperatura media anual	16.8C
- Temperatura del mes más cálido	19.3C mayo
- Temperatura del mes más frío	13.3C enero
- Oscilación térmica	6.0 grados
- Horas frío (Da Mota)	284.4
- Precipitación anual	849.4 mm

- Precipitación del mes más húmedo	169.7 mm junio
- Precipitación del mes más seco	6.5 mm febrero
- Precipitación invernal	4.1% de la anual
- Probabilidad de lluvia	47.8% para la anual
- Régimen de lluvias	Verano
- Número de meses secos	7 noviembre-mayo
- Tipo climático	C (w'') (w)b (i')g

(García *et al*, 1975, y García, 1981).

Fisiografía.

La sierra de Tapalpa forma parte del Eje Neovolcánico en la porción occidental y se localiza específicamente en la parte centro-sur del estado de Jalisco; el poblado de Tapalpa se sitúa al SW de dicha sierra. Este orógeno tuvo una intensa actividad tectónica por fallamiento y vulcanismo y a ello se debe su topografía sumamente abrupta (Demant *et al*, op. cit.), en la que se combinan las siguientes formas geológicas (Ortiz-Solorio, 1980):

- Crestas con ladera escarpada.
- Asociación de cañadas y pequeños domos.
- Pequeños valles intermontanos.
- Declive ondulado y disectado.

Como es de esperarse, existe una gran variación en pendientes, exposiciones (fig. 2), grosores de suelo, etc., por esto también se observa de manera general variación en los suelos y la vegetación.

Suelos.

De acuerdo con la carta CETENAL (1976), en el área tenemos representadas las siguientes unidades de suelos:

- Regosol éutrico	4 533 ha
- Luvisol crómico	759 ha
- Cambisol dístrico	367 ha
- Feozem calcárico	269 ha
- Acrisol órtico	196 ha
- Litosol dístrico	147 ha

Vegetación y uso del suelo.

De la carta de uso del suelo (CETENAL, 1974) se determinaron los siguientes usos:

Forestal en 4 974 ha con:

- Bosque de pino-encino	4 129 ha
- Bosque de encino/matorral	331 ha
- Bosque de pino	318 ha
- Bosque de encino-pino	98 ha
- Matorral subinerme	86 ha
- Selva baja caducifolia	12 ha
- Agricultura de temporal	588 ha
- Uso pecuario	710 ha

MATERIALES Y METODOS

Para el muestreo de suelos los materiales empleados en campo fueron los convencionales. Fueron cavados 10 perfiles edafológicos cuyas profundidades variaron entre 107 y 200 cm. La ubicación de los perfiles fue orientada en función de las características de la masa forestal como vigor, altura, diámetro y regeneración. Se obtuvo una descripción morfológica basada en color y disposición de horizontes, estructura, compacidad y profundidad de roca basal.

En el laboratorio las muestras fueron preparadas y se practicaron los análisis siguientes:

Físicos: Textura (Bouyoucos), color (Munsell), constantes de humedad (membrana de presión), densidad aparente (probeta) y densidad real (picnómetro).

Químicos: PH (potenciómetro), materia orgánica (Walker y Black), capacidad de intercambio (CaCl_2 -centrifugación), calcio y magnesio (versenato), sodio y potasio (flamometría), fósforo (Bray 1), alófono (Fieldes y Perrots) y nitratos (Brucina).

En gabinete, se elaboró el mapa topográfico del área a partir de una ampliación de la cartografía de CETENAL (1980) de la que se limitarán las

unidades de suelo según la clasificación FAO (1970), así como los resultados de los muestreos, recorridos y análisis. También se elaboraron los microperfiles y el fisiograma controlado correspondiente.

Siguiendo el método "Red de puntos" (Godrón, 1981), se hicieron las caracterizaciones ecológicas que sirvieron de base para definir el uso potencial forestal.

RESULTADOS Y DISCUSION

Haciendo una interpretación con los materiales obtenidos (análisis físicos y químicos, cartografía, descripción de campo, topografía, fisiograma, microperfiles y observaciones forestales), se infieren que el sustrato forestal del área presenta las siguientes características (fig. 3).

Fisiografía.

Créatas con ladera escarpada: zonas sumamente abrupta con pendientes hasta del 80% donde aflora la roca subyacente (basalto) y se alterna con depósitos someros de ceniza volcánica; altitudes de 2 200 a 2 400 msnm; en estas geoformas, se observan suelos poco desarrollados como Litosoles y por asociación encontramos Andosoles húmicos muy delgados (paraje El Divisadero).

Asociación de cañadas y pequeños domos: esta combinación también produce un relieve accidentado, el material geológico constituido por brecha y toba volcánica ha dado origen a suelos con horizontes arcillosos o limosos con muy diferentes espesores; las unidades y subunidades representadas son Cambisol crómico y Regosol éutrico como suelos inmaduros, y Luvisol crómico y ótrico como maduros (parajes Los Gómez y la Ermita).

Pequeños valles intermontanos: a estas geoformas pertenecen los mejores suelos forestales, pues por efectos de pendiente (6 a 8%) ocurrieron en forma heterogénea los depósitos de ceniza volcánica que por intemperización formaron Andosoles húmicos. Como sabemos, estos son suelos ligeros, drenados, higroscópicos, que originan una mayor tolerancia de las especies de coníferas (Daniel, *et al*, 1982); por esta razón se pueden considerar las mejores áreas para tratamientos silvícolas de tipo intensivo (paraje El Desmonte y Piedra Gorda).

Declive ondulado y disectado: esta geoforma caracteriza la zona de ascen-

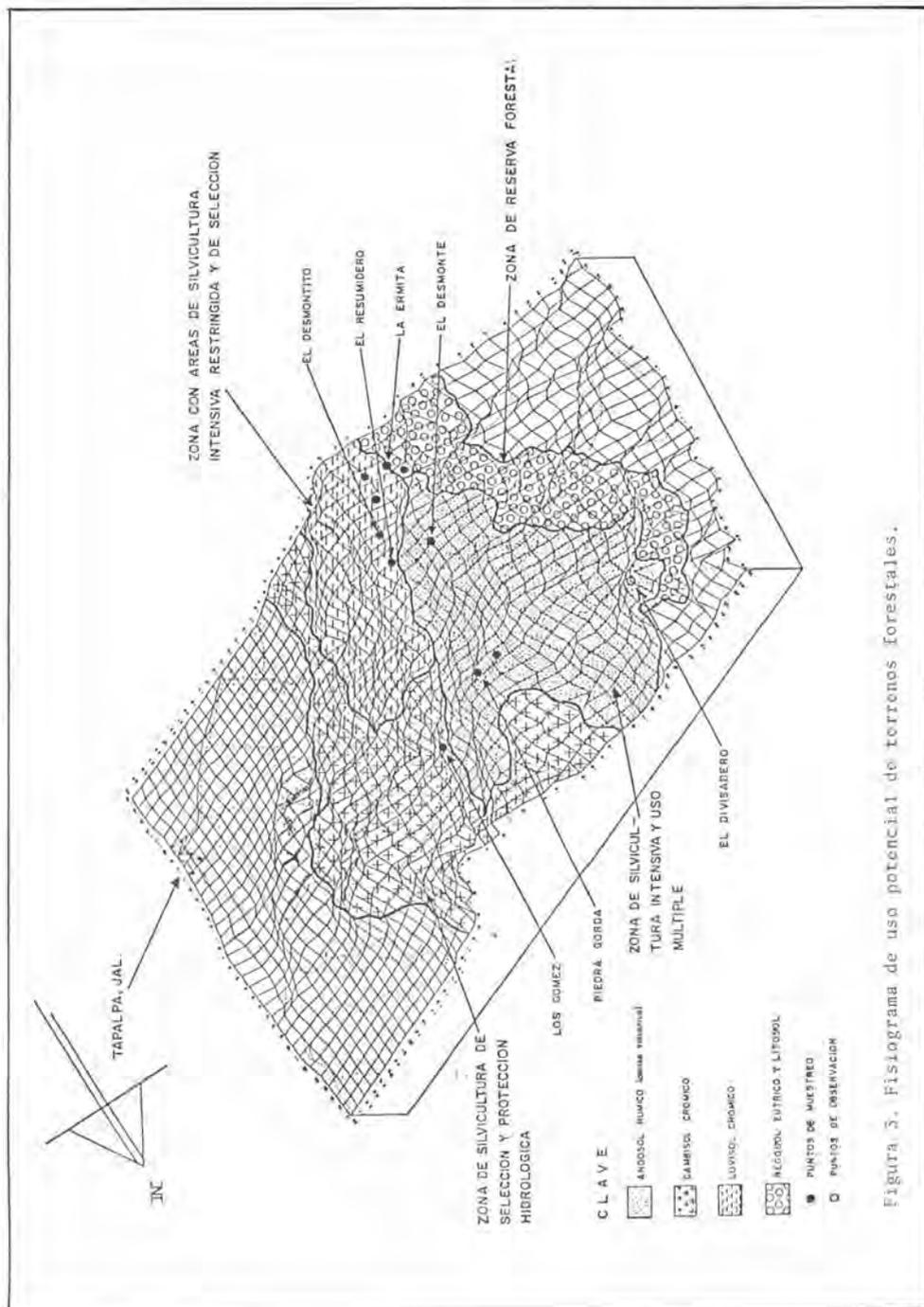


Figura 3. Fisiograma de uso potencial de terrenos forestales.

so a la sierra, los materiales geológicos que la forman son basaltos en poca extensión y lutitas areniscas que al pie de la serranía y cerca del poblado Tapalpa dan origen a Feosems háplicos y fluvisoles éutricos de uso agrícola.

Edafología.

Detallando la información edafológica se describen los perfiles típicos de la manera siguiente:

Andosol húmico, paraje El Desmonte (cuadro 1).

- A₀₀. De 2 a 0 cm, capa de hojarasca acicular cruda.
- A₁₁. De 0 a 25 cm, horizonte de mezcla organomineral, de color café rojizo oscuro de húmedo (5YR-3/2), de textura franca, compacidad de 2.5 kg/cm², con estructura microgranular, con humedad aprovechable del 35.5%, ácido 5.70 de pH, con materia orgánica 7.65%, su transición al siguiente horizonte es tenue.
- B₁₁. De 25 a 140 cm, horizonte de color café oscuro en húmedo (7.5YR3/4), de textura migajón arenoso, compacidad de 1.0 kg/cm², friable; con humedad aprovechable del 35.2%, ácido 5.65 de PH, material orgánico del 2.10%, su transición es abrupta al siguiente horizonte.
- 11C. De 140 a 160 cm, horizonte enterrado de arcilla, color café rojizo y húmedo (5YRA/4), de textura migajón arcillo-arenoso, compacidad de 4.0 kg/cm², con estructura masiva, con humedad aprovechable del 24.2%, ácido PH 5.10 y materia orgánica del 0.81%.

Cambisol crómico, paraje Los Gómez (cuadro 2).

- A₁₁. De 0 a 9.5 cm, horizonte de color café-rojizo oscuro en húmedo (5YR3/3), de textura migajón arenoso, compacidad de 1.5 kg/cm², con estructura microangular, con humedad aprovechable del 26.3%, ácido PH 5.20, con materia orgánica del 9.86%, su transición abrupta al siguiente horizonte.
- 11B. De 9.5 a 29 cm, horizonte de color rojo amarillento en húmedo (5YR4/6), de textura migajón arcilloso, compacidad de 3.5 kg/cm², de estructura irregular en bloques, con humedad aprovechable del 14.4%, ácido PH 4.65, con materia orgánica del 1.22%, su transición es tenue al siguiente horizonte.

CUADRO 1

Andosol húmico, con fase arcillosa profunda (FAO-DETENAL, 1970).

CENTRO DE INVESTIGACIONES FORESTALES DE OCCIDENTE
SECCION USO MULTIPLE

CLAVE DE PERFIL T-5 LUGAR Tapalpa, Jal. ZONA El Desmonte ALTITUD 2 200 m CLIMA C(w₁'')(w)bi'g
PENDIENTE 3/0 USO ACTUAL FORESTAL VEGETACION CONIFERAS DISTURBIO _____

Análisis físicos.

Profund. cm	H	Arena %	Limo %	Arcilla %	Denomin.	C O L O R		Denomin.	C.C.	P.M.P.	H.A.	F.S.	D.a	D.r.	%E.P.
						Se c o	Húmedo								
2-0	A ₀₀	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	121	-	-	-
0.25	A ₁₁	48	43	9	franco	7.5YR4/4	5YR3/2	-	77.8	42.3	35.5	119	0.62	2.15	71.16
25-140	B ₁₁	51	47	2	mig. arc. mig. arc.	7.5YR5/6	7.5YR3/4	-	77.1	41.9	35.2	119	0.64	2.18	70.64
140-160	11C	46	26	28	arenoso	7.5YR5/6	5YR4/4	-	52.9	28.7	24.2	69	0.88	2.24	60.71

Análisis químicos.

Profund. cm	H	pH 1:2.5		M.O. %	C.I.C.T. me/100	S.B. %	me/100				P p.p.m.	Ac.T.	Alófa- nos	NO ₃ ppm	Laa cm
		H ₂ O	KCl				Ca	Mg	Na	K					
2-0	A ₀₀	-	-	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5.50
0.25	A ₁₁	5.70	5.10	7.65	32.33	48.34	10.96	3.51	0.65	0.51	0.7	-	xxxx	1.75	25.90
25-140	B ₁₁	5.65	5.20	2.10	34.88	35.19	8.20	3.02	0.65	0.44	0.7	-	xxx	1.25	4.25
140-160	11C	5.10	4.90	0.81	23.22	45.58	5.43	4.08	0.65	0.47	0.7	-	x	0.50	

CUADRO 2

Cambisel crómico, con capa superior de ceniza volcánica (FAO-DETENAL, 1970).
CENTRO DE INVESTIGACIONES FORESTALES DE OCCIDENTE
SECCION USO MULTIPLE

CLAVE DE PERFIL T-1 LUGAR Tapalpa, Jal. ZONA Los Gómez ALTITUD 2 300 m CLIMA C(w₁)^h(w₂)^v
PENDIENTE 14°/0° USO ACTUAL FORESTAL VEGETACION CONIFERAS DISTURBIO

Análisis físicos.

Profund. cm	H	Arena %/o	Limo %/o	Arcilla %/o	Denomin.	C O L O R		Denomin.	C.C.	P.M.P.	H.A.	F.S.	D.a.	D.r.	%/o E.F.
						Se c o	Húmedo								
0-9.5	A11	58	34	8	mg. arc.	7.5YR6/4	5YR3/3		57.6	31.3	26.3	94	0.70	2.33	69.95
9.5-29	11B	31	39	30	mg. arc.	5YR6/6	5YR4/6		31.5	17.1	14.4	60	1.08	2.37	57.97
29-70	11C	39	23	38	mg. arc.	5YR7/6	2.5YR5/6		30.1	15.3	13.8	63	1.11	2.52	55.91
70-117	11C	46	19	35	mg. arc. arenoso	2.5YR6/6	2.5YR4/6		29.3	15.3	14.0	65	1.03	2.48	66.46
117-170	11C	52	15	33	mg. arc. arenoso	2.5YR6/4	2.5YR4/6		30.5	16.8	13.7	64	1.06	2.49	57.42
170-200	11C	58	14	28	mg. arc. arenoso	2.5YR6/6	2.5YR4/6		28.6	15.2	13.4	66	1.05	2.42	56.61

Análisis químicos.

Profund. cm	H	pH 1:2.5		M.O. ete	C.I.C.T. mg/100	S.B. %/o	Ca	me/100		K	P p.p.m.	Act.	Alfa- nos	NO ₃ ppm	Laa cm
		H ₂ O	KCl					Mg	Na						
0-9.5	A11	5.20	4.40	9.86	16.43	42.42	2.67	2.20	1.08	1.02	2.0		xxx	3.0	1.74
9.5-29	11B	4.65	3.90	1.22	11.66	51.97	0.98	3.75	0.70	0.63	0.7		x	0.5	3.03
29-70	11C	4.45	3.90	0.34	16.96	55.89	1.24	7.35	0.48	0.41	0.7		x	1.0	6.28
70-117	11C	4.80	3.80	0.27	17.49	55.97	0.53	8.57	0.38	0.31	0.7		x	0.5	6.77
117-170	11C	4.35	3.80	0.13	15.90	43.14	0.17	6.88	0.43	0.38	0.7		x	0.5	7.69
170-200	11C	4.40	3.80	0.06	16.43	38.52	0.17	5.47	0.38	0.31	0.7		x	0.5	4.22

- 11C. De 29 a 70 cm, subhorizonte color rojo en húmedo (2.5YR5/6) de textura migajón arcilloso, compacidad de 4.5 kg/cm^2 , con estructura masiva, con humedad aprovechable del 13.8% , ácido PH de 4.45, pobre en materia orgánica 0.34% , su transición tenue al siguiente subhorizonte.
- 11C. De 70 a 117 cm, subhorizonte de color rojizo en húmedo (2.5YR4/6) de textura y migajón arcilloso-arenoso, compacidad de 4.5 kg/cm^2 , estructura masiva, con humedad aprovechable del 14.0% , ácido PH de 4.80, muy pobre en materia orgánica 0.27% , su transición es tenue al siguiente subhorizonte.
- 11C. De 117 a 170 cm, subhorizonte de color rojizo en húmedo (2.5YR4/6) de textura es de migajón arcillo-arenoso, su compacidad es de 4.5 kg/cm^2 , de estructura masiva, con humedad aprovechable del 13.7% , PH de 4.35 con materia orgánica del 0.13% , su transición tenue al siguiente horizonte.
- 11C. De 170 a 200 cm, subhorizonte de color rojizo en húmedo (2.5YR4/6), compacidad de 4.5 kg/cm^2 de textura de migajón arcillo-arenoso, con estructura masiva, con humedad aprovechable de 13.4% , ácido PH de 4.40, muy pobre en materia orgánica 0.06% .

Luvisol crómico, paraje de La Ermita (cuadro 3).

- A₀₀. De 3 a 0 cm, capa de hojarasca acicular cruda.
- A₁₁. De 0 a 10 cm, horizonte de color café rojizo oscuro en húmedo (5YR3/3), de textura migajón arenoso, su capacidad es de 1.0 kg/cm^2 , de estructura microgranular, con humedad aprovechable del 23.3% , ácido PH de 5.90, rico en materia orgánica 7.99% , de transición es abrupta al siguiente horizonte.
- 11B₂₁. De 10 a 10 cm, subhorizonte de color café-rojizo en húmedo (2.5YR4/4), de textura arcillosa, compacidad de 2.5 kg/cm^2 , de estructura poliédrica irregular, su humedad aprovechable es de 14.9% , ácido PH de 5.25, con materia orgánica del 1.29% , su transición es tenue al siguiente subhorizonte.

CUADRO 3

Luvisol crómico, con capa superior de ceniza volcánica (FAO-DETENAL, 1970).

CENTRO DE INVESTIGACIONES FORESTALES DE OCCIDENTE

SECCION USO MULTIPLE

CLAVE DE PERFIL T-8 LUGAR Tapalpa, Jal. ZONA La Ermita ALTITUD 2 260 m CLIMA C(w¹)₁(w)bl'g
 PENDIENTE 11° USO ACTUAL FORESTAL VEGETACION CONIFERAS DISTURBIO

Análisis físicos.

Profund. cm	H	Arena %	Limo %	Arcilla %	Denomin.	COLOR		Denomin.	C.C.	P.M.F.	H.A.	P.S.	D.a.	D.r.	%E.P.
						Seco	Húmedo								
3.0	A ₀₀	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	127	-	-	-
0.10	A ₁₁	58	34	8	mig.arc.	7.5YR5/4	5YR3/3	-	51.1	27.8	23.3	98	0.70	2.35	70.21
10.60	11B ₂₁	17	38	45	arcilla	5YR5/6	2.5YR4/4	-	32.7	17.8	14.9	68	0.99	2.55	61.17
60.180	11B ₂₂	19	45	36	mig.arc. limoso	5YR6/6	5YR4/6	-	21.4	11.6	9.8	66	1.10	2.60	57.69

Análisis químicos.

Profund. cm	H	pH 1:2.5		M.O. efe	C.I.C.T. me/100	S.B. %	me/100				P p.p.m.	Ac.T.	Alófa- nos	NO ₃ ppm	Laa cm
		H ₂ O	KCl				Ca	Mg	Na	K					
3.0	A ₀₀	-	-	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0.10	A ₁₁	5.90	5.30	7.29	25.62	65.76	10.81	4.45	0.86	0.73	0.7	-	xxx	3.25	1.63
10.60	11B ₂₁	5.25	5.00	1.29	15.07	54.61	4.30	2.60	0.70	0.63	0.7	-	xx	0.25	7.37
60.180	11B ₂₁	4.70	4.71	0.06	11.05	56.21	1.55	4.05	0.38	0.31	0.7	-	xx	1.00	12.93

- 11B₂₂. De 60 a 120 cm, subhorizonte de color rojo-amarillento en húmedo (5YR4/6), de textura migajón arcillo-limoso, compacidad de 4.5 kg/cm², con estructura masiva con humedad aprovechable del 9.8^o%, ácido PH de 4.70 y con materia orgánica del 0.60^o%.

Regosol éutico, paraje La Ermita (cuadro 4).

- A₀₀. De 30 a 0 cm, capa de hojarasca acicular cruda.
- A₁₁. De 0 a 12 cm, horizonte de color café oscuro en húmedo (10YR3/2), de textura de migajón arenoso, compacidad de 1.0 kg/cm², con estructura microgranular, humedad aprovechable del 15.5^o%, ácido PH de 4.45, materia orgánica del 0.74^o%, su transición es abrupta al siguiente horizonte.
- C₁₁. De 12 a 60 cm, subhorizonte de color café claro en húmedo (10YR4/3), de textura migajón arenoso, compacidad de 0.75 kg/cm², friable humedad aprovechable del 9.9^o%, ácido PH de 5.40, materia orgánica 0.74^o%, su transición es tenue al siguiente subhorizonte.
- C₁₂. De 60 a 200 cm, subhorizonte de color café muy claro en húmedo (10YR5/4), de textura migajón arenoso compacidad de 1.0 kg/cm², con humedad aprovechable del 5.9^o%, ácido PH de 4.75, materia orgánica del 0.13^o%.

Vegetación.

La vegetación dominante en el área es el bosque de pino-encino, le siguen en orden de importancia el bosque de encino, el bosque de pino, el bosque de encino-pino, el matorral subinermes e inermes y la selva baja caducifolia (cuadro 5).

Las especies dominantes en el bosque de pino-encino son: *Pinus michoacana*, *P. douglasiana*, *Quercus resinosa*, *Q. rugosa*, *Q. obtusata*, *Arbutus xalapensis* y *Crataegus mexicana*. Como especies de disturbio se observan: *Eupatorium mairetianum*, *Baccharis conferta*, *Senecio praecox*, *Muhlenbergia* sp., *Pteridium aquilinum*, *Acacia pennatula* y *Agave* sp.

CUADRO 4

Regosol éutrico, rico en bases de saturación (FAO-DETENAL, 1970).

CENTRO DE INVESTIGACIONES FORESTALES DE OCCIDENTE

SECCION USO MULTIPLE

CLAVE DE PERFIL T-9 LUGAR Tapalpa, Jal. ZONA La Ermita ALTITUD 2 240 m CLIMA C(w''₁)(w)bl'g
 PENDIENTE 11/° USO ACTUAL FORESTAL VEGETACION FAGACEAS-CONIFERAS DISTURBIO

Análisis físicos.

Profund. cm	H	Arena %	Limo %	Arcillas %	Denomin.	C O L O R		Denomin.	C.C.	P.M.P.	H.A.	P.S.	D.a.	D.r.	°/E.P.
						S e c c o	Húmedo								
30.0	A ₀₀	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	119	-	-	-
0.12	C ₁₁	53	35	12	mig. are.	10YR5/3	10YR3/2	-	33.9	18.4	15.5	78	0.83	2.55	67.45
12.60	C ₁₁	51	41	8	mig. are.	10YR6/4	10YR4/3	-	21.6	11.7	9.9	63	1.07	2.65	59.62
60.200	C ₁₂	62	34	4	mig. are.	10YR6/4	10YR5/4	-	15.2	8.3	6.9	60	1.17	2.67	56.17

Análisis químicos.

Profund. cm	H	pH 1:2.5		M.O. %	C.I.C.T. me/100	S.B. %	me/100				P p.p.m.	Ac.T.	Alófa- nos	NO ₃ ppm	Laa cm
		H ₂ O	KCl				Ca	Mg	Na	K					
30.0	A ₀₀	-	-	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0.12	A ₁₁	5.45	4.95	4.35	25.12	74.68	11.91	5.75	0.59	0.51	1.4	-	-	1.50	-
12.60	C ₁₁	5.40	4.40	0.74	20.10	91.14	10.25	7.50	0.32	0.52	0.7	x	x	1.25	-
60.200	C ₁₂	4.75	3.85	0.13	20.60	82.13	9.53	6.95	0.27	0.19	1.0	-	x	1.25	-

Relaciones suelo-vegetación.

De acuerdo con el método de "Red de puntos" (Godrón, op. cit.), las asociaciones suelo-vegetación más frecuentes en el área son las de Regosol con pino-encino, Regosol con encino-pino y Regosol con matorral inerme y subinerme; le siguen las de Luvisol con los mismos tipos de vegetación (cuadros 5 y 6). Esto indica que en general la vegetación está localizada sobre suelos de relativa baja productividad forestal, ya que los Regosoles del área son suelos que presentan tanto baja humedad aprovechable como muy alta saturación de bases (cuadro 4); por estas causas, la vegetación de coníferas puede ser fácilmente sustituida por encinos, madroños, ailes u otras especies de mayor rusticidad. Las condiciones del sustrato impiden un adecuado desarrollo radicular y foliar de las coníferas, en estas áreas la silvicultura de selección puede aportar elementos suficientes para mantener una adecuada mezcla de especies que mantengan el equilibrio de la productividad en el ecosistema, aún cuando su rentabilidad no sea precisamente alta. Como uso general se le puede asignar el de reserva forestal dada su importancia y situación (fig. 3 y cuadro 7).

El caso de los Luvisoles y Cambisoles es distinto, ya que presentan de manera gradual un mayor desarrollo edafológico y con esto, mejores condiciones para el crecimiento de la vegetación forestal. En estas zonas es posible observar altas densidades de arbolado joven de coníferas, precisando realizar aclareos, en otros casos es factible prever el uso de estas áreas para producción de madera de encino y material celulósico; así como para realizar ensayos de procedencias e introducción de especies.

Ahora bien, por defectos de interpretación en la cartografía consultada no aparecen citados en las cartas estudiadas los Andosoles, que tienen una influencia notable en la productividad y producción forestales del área, pues se puede decir que las masas arboladas localizadas en estos suelos tienen gran probabilidad de presentar los mejores desarrollos de toda la zona, esto tiene relación con el hecho de que la raíz de las coníferas encuentran un medio óptimo de crecimiento y diferenciación en los horizontes profundos, airados y con gran retención de humedad (cuadro 1).

Por último, dentro del área forestal se pueden observar los Litosoles asociados a suelos de ando, a Luvisoles o Cambisoles; en ellos la productividad se disminuye aunque pueden ser buenas zonas para captación de escurrimientos hídricos.

CUADRO 5

Superficie que ocupan los distintos tipos de vegetación en función de los suelos del área (ha).

Suelo \ Vegetación ha	Bosque natural de pino-encino	Bosque natural de pino	Bosque natural de encino y matorral	Bosque natural de encino-pino	Matorral subinermes e inermes	Selva baja caducifolia
Regosol	3 858.75-00	269.50-00	196.00-00	61.25-00	85.75-00	12.2500
Litosol	—	—	—	—	—	—
Feozem	12.25-00	12.25-00	—	—	—	—
Cambisol	110.25-00	—	—	36.75-00	—	—
Luvisol	147.00-00	36.75-00	—	—	—	—

CUADRO 6

Probabilidades de ocurrencia suelo-vegetación.

Suelo \ Vegetación ha	Bosque natural de pino-encino	Bosque natural de pino	Bosque natural de encino y matorral	Bosque natural de encino-pino	Matorral subinorme e inorme	Selva baja caducifolia
	0.839 ¹	0.064	0.066	0.197	0.172	0.002
Regosol 0.899	0.746 ²	0.057	0.059	0.177	0.154	0.001
Litosol 0.029	0.024	0.001	0.001	0.005	0.004	0.00005
Feozem 0.004	0.003	0.002	0.0002	0.0007	0.0006	0.000008
Cambisol 0.029	0.024	0.001	0.001	0.005	0.004	0.0001
Luvisol 0.036	0.029	0.002	0.002	0.007	0.006	0.00007

¹ Probabilidad de presencia individual² Probabilidad de encontrar la combinación en un punto cualquier del área.

CUADRO 7

Algunas características del sustrato y recomendaciones de manejo para los sitios forestales muestreados en Tapalpa, Jalisco.

asnm Paraje	2 300 Los Gómez	2 270 Carrizalillo	2 270 Piedra Gorda	2 200 El Desmonte	2 150 El Resumidero	2 200 El Desmontito	1 900-2 260 La Ermita	La Armita
Disposición de capas	arcilla formada	ya en formación	Ceniza volcánica					
Tipo de suelo	Cambisol crómico	Cambisol crómico	Andosol húmico	Andosol húmico	Luvisol crómico	Luvisol crómico	Luvisol crómico	Regosol fútrico
Riesgo de erosión	bajo	bajo	muy alto	muy alto	alto	alto	alto	muy alto
Silvicultura	selección	selección	intensiva	intensiva	selección	selección	selección	X
Quemas controladas			buen efecto	buen efecto				efecto peligroso
Posibilidad de regeneración	baja	baja	muy altas	muy altas	buena	buena	baja	
Posibilidades de uso múltiple	cambio de especies, reserva	cambio de especies, reserva	madera celulosa frutal hongo	madera celulosa frutal hongo	celulosa	madera pasto	madera resina pasto	reserva de protecc. hidrológ.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- El área es eminentemente forestal, pero no deben aplicarse los mismos sistemas silvícolas dada la heterogeneidad del sustrato.
- Es indispensable contar con datos sobre regeneración de las masas, a fin de determinar este factor con mayor precisión para cada una de las áreas diferenciadas.
- El criterio de uso múltiple puede aplicarse de acuerdo con el tipo de masa forestal y sustrato, en los rubros de resinación, praderas, fruticultura, producción de hongos y protección hidrológica.
- Es imprescindible caracterizar los riesgos que afectan los bosques del área, para evitar aquellas prácticas que degraden el ecosistema.
- Los criterios de Agrología Forestal constituyen una base para la planificación de sistemas silvícolas.

LITERATURA CITADA

- AGUIRRE, B.C. 1982. Técnicas para el diagnóstico y corrección de la fertilidad en suelos forestales. Bol. Téc. 92. INIF, México.
- ARTEAGA, M.B. y ETCHEVERS, B.J. 1982. Influencia de suelo y las características fisiográficas en el crecimiento de *Pinus radiata*. Mem. XV Congr. Nal. de la Ciencia del Suelo. México.
- CASTAÑOS, M.L.J. 1962. Evaluación de la calidad de estación de *Pinus patula* en el norte de Oaxaca. Bol. Téc. INIF, 2:32. México.
- CERVANTES, S.M. y R.R. CUEVAS. 1981. Análisis radicular de *Pinus hartwegii*, *Abies religiosa*, *P. montezumae*, *P. ayacahuite* y algunas especies herbáceas en relación con la humedad y otras propiedades físico-químicas del suelo. Tes. Prof. Fac. Ciencias, UNAM. México.
- COMISION DE ESTUDIOS DEL TERRITORIO NACIONAL (CETENAL). 1974. Carta de uso del suelo. Tapalpa E-13-B-14, Secretaría de la Presidencia, México.

-
- . 1975. Carta Geológica. Tapalpa E-13-B-14. Secretaría de la Presidencia. México.
- . 1980. Carta Topográfica. Tapalpa E-13-B-14. SPP. México.
- CHAVEZ, H.Y. 1983. Principales interacciones entre los suelos forestales y las coníferas del Cerro de la Cruz, Mich. XVI Congr. Nal. de la Ciencia del Suelo. Oaxaca, Oax. México. p. 27.
- DANIEL, P.W. 1982. Principios de Silvicultura. McGraw Hill. México.
- DEMANT, A.; MAUVOIS, R. y SILVA, L. 1976. El Eje Neovolcánico Transmexicano. III Congr. Lat. Geol. Exc. No. 4, UNAM. México. 26 p.
- DIRECCION GENERAL DE GEOGRAFIA. 1982. Cartas geológicas, edafológicas y topográficas, esc. 1:1 000 000 zona occidente. SPP. México.
- FAO-DETENAL. 1970. Clave de unidades de suelos. SPP. México.
- GARCIA, E. *et al.* 1975. Precipitación y probabilidades de lluvia en la República Mexicana, estados Michoacán y Colima. CETENAL. México.
- GARCIA, E. 1981. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Larios, S.A. México.
- GODRON, M. 1981. Curso de Ecología Forestal (mimeografiado). Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. México.
- GOMEZ TAGLE, R.A. 1982. Levantamiento de suelos forestales del Campo Experimental Forestal "Barranca de Cupatitzio", Uruapan, Mich. Res. XV Congr. Nal. de la Ciencia del Suelo. México.
- . 1984. El sistema agrológico forestal como una perspectiva de aplicación en los requerimientos de información para los inventarios de uso múltiple. Mem. Primer Encuentro Nacional sobre Inventarios Forestales. Publ. Esp. No. 45, INIF. México. 215 p.
- KLINGEBIEL, A.A. y MONTGOMERY, P.H. 1961. Land Capibility Classification. USDA. Agr. Handbook 210. 60 p.

-
- ORATES, G.F. 1980. Determinación de la calidad de estación para *Pinus hartwegii* Lindl., en Zoquiapan, Méx. Tes. Prof. Chapingo, México.
- ORTIZ-SOLORIO, A.C. y CUANALO, C.H. 1978. Metodología del levantamiento fisiográfico. Colegio de Postgraduados, Chapingo. México.
- ORTIZ-SOLORIO, A.C. 1980. Levantamiento de Sistemas Terrestres de la República Mexicana. Centro de Edafología, Colegio de Postgraduados. Inédito. SARH. México.
- .1984. Elementos de Agrometeorología Cuantitativa. Departamento de Suelos, UACH. México.

EVALUACION DE LA INFESTACION Y CONSIDERACIONES
BIOLOGICAS DE LA ROYA DE LOS PINOS (*CRONARTIUM* SP.)
EN UNA PLANTACION EN MICHOACAN

Renato SANCHEZ RAMIREZ*
Adolfo A. DEL RIO MORA**

RESUMEN

La incidencia de la roya de los pinos, causada por hongos del género *Cronartium* es muy común en las plantaciones de pinos en diversas áreas del estado de Michoacán, por lo que se considera un problema fitosanitario de suma importancia que no ha recibido la atención debida, desde que se seleccionan las plantas en el vivero hasta los cuidados permanentes en la plantación.

Por tal motivo, se realizó una evaluación preliminar del porcentaje de árboles afectados por tumores formados por el hongo, en una plantación de *Pinus pseudostrobus* Lindl., de 15 años de edad, localizada en las inmediaciones de Angahuan, Michoacán, encontrándose que el 33.9% del arbolado está en mayor o menor grado afectado por la roya.

Se describe el ciclo biológico del hongo.

SUMMARY

The incidence of pine rusts caused by *Cronartium* occurs very frequently over pine plantations in different areas in the state of Michoacan, Mexico. Thus, it is considered a serious problem that has not been handled carefully

*Ing. Agrónomo Parasitólogo. Investigador de la Sección de Protección Forestal, del Centro de Investigaciones Forestales de Occidente (CIFO), INIFAP. SARH.

**Ing. Agrónomo Parasitólogo. Investigador de la Sección de Protección Forestal, del Centro de Investigaciones Forestales de Occidente (CIFO), INIFAP. SARH.

since the selection of seedlings in the nursery until the permanent works in the plantation, itself.

Therefore, a preliminary survey of the affected trees was made due to the tumors caused by the afore-mentioned fungi, in a *Pinus pseudostrobus* Lindl., plantation, fifteen years old, located nearby Angahuan, Michoacan, where the 33.9 percent of the trees was damaged in one way or another.

The biological cycle of the rust is described.

INTRODUCCION

Al efectuar inspecciones de campo en las áreas repobladas artificialmente, es común encontrar diversos problemas de índole fitosanitario que están afectando evidentemente el crecimiento del arbolado, no obstante en la mayoría de los casos, no se ha evaluado la magnitud de los daños, a pesar de ser de suma importancia el desarrollo de las plantaciones, tomando en cuenta que las áreas reforestadas constituyen la restauración a mediano o largo plazos de las áreas arboladas, las cuales se están reduciendo a un ritmo acelerado en el estado de Michoacán, dado que la explotación no va a la par con las campañas de reforestación.

El presente trabajo, describe y evalúa el porcentaje de infestación causada por la denominada "roya de los pinos" en una plantación de *Pinus pseudostrobus* Lindl., enfermedad que constituye un serio problema para el crecimiento de las plantaciones.

ANTECEDENTES

En el presente, existe en nuestro país poca información relacionada con la roya de los pinos, causada por hongos del género *Cronartium* (Martínez y Sánchez, 1980; Peterson y Salinas, 1967 y Gibson, 1978).

La identificación de las especies de royas, presenta suma dificultad, debido entre otras causas, a los escasos estudios taxonómicos que se han efectuado en México. A este respecto, varios autores le asignan a *Cronartium conigenum* una distribución en México, que comprende las Sierras Madre Oriental, Madre Occidental y Madre del Sur, desde los estados de Chihuahua y Coahuila hasta Oaxaca y Chiapas (Peterson y Salinas, 1967), lo que induce a considerar que la especie de roya involucrada en el área objeto del presente estudio, corresponde a *C. conigenum*.

Por lo que concierne a la intensidad de daños (Gibson, 1978), indicó que el 20% de las plantas de *Pinus teocote* de un año de edad, en el vivero del Campo Experimental Forestal "Barranca de Cupatitzio" en Uruapan, Michoacán, estaban afectadas por la roya, lo que en cierta forma coincide con los resultados de los muestreos efectuados por los autores de este trabajo en el vivero de la Comisión Forestal del estado de Michoacán, en donde se cuantificó hasta un 30% de incidencia de la roya en las plantas de pinos.

En inspecciones efectuadas en bosques naturales de la región forestal de la Sierra Purépecha (Meseta Tarasca), la roya se ha observado en árboles de varias especies de pino, entre las que podemos mencionar: *Pinus douglasiana*, *P. leiophylla*, *P. oocarpa*, *P. pseudostrobus*, *P. montezumae*, *P. teocote*, *P. rudis* y *P. lawsoni*, siendo esta última en la que se observó una mayor incidencia, tanto en las ramas como en los conos.

METODOLOGIA

Descripción del área de estudio.

La plantación que sirvió de base para hacer la presente evaluación, se localiza 1 km antes del poblado de Angahuan en el camino de Uruapan a Los Reyes, Michoacán, a una altitud de 2 250 msnm.

La plantación tiene una edad aproximada de 15 años y está constituida principalmente por individuos de la especie *Pinus pseudostrobus*, aún cuando pueden encontrarse en pequeña proporción, árboles de las especies *P. montezumae* y *P. michoacana*. Dicha población fue establecida sobre una gruesa capa de ceniza volcánica, producto de la erupción del volcán Parícutín, ocurrida cerca de ese lugar en el año de 1943 (fig. 1).

Debido a la existencia de arena y piedra, la plantación está expuesta a fuerte concurrencia de comerciantes en materiales de construcción, lo que ocasiona frecuentemente que los árboles localizados a la orilla de las brechas presenten lesiones físicas causadas por los medios de transporte, lesiones que debilitan a las plantas, propiciando la incidencia de plagas y enfermedades; sin embargo, no se asevera con esto, que la incidencia de la roya se deba a esta causa.

El trabajo de campo, incluyó colectas tanto de muestras de pino como de encinos, con el objeto de verificar las distintas fases del desarrollo del ciclo



Fig. 1. Vista general de la plantación de *Pinus pseudostrobus* estudiada.

biológico del patógeno; es necesario señalar que los encinos observados se localizaron en áreas aledañas a la plantación.

Las muestras se examinaron en laboratorio, en donde se identificaron las distintas formas de esporulación del hongo. Para este fin, se hicieron cortes finos a navaja, los que se montaron en portaobjetos con lactofenol, para posteriormente hacer la identificación. Se tomaron fotografías con microscopio compuesto, así como datos de la sintomatología del campo.

DETERMINACION DEL TAMAÑO DE MUESTRA

Para estimar porcentualmente la cantidad de árboles afectados por *Cronartium* sp. en la plantación mencionada, se calculó el tamaño de muestra correspondiente a una población finita, mediante la siguiente fórmula (Larque, 1981):

$$n = \frac{N t^2 S^2}{N d^2 + t^2 S^2}$$

Donde:

n = Número de sitios a muestrear de 100 m^2 ($10 \times 10 \text{ m}$).

N = 1 000 sitios cuadrados de 100 m^2 (población).

t = Confiabilidad de un 90% = 2.576 de la tabla de T.

d = Precisión \pm un árbol enfermo.

S^2 = Varianza de la población.

Para establecer los sitios de muestreo, se consideraron 10 hectáreas de terreno, superficie que fue dividida en mil sitios cuadrados de 100 m^2 cada uno. Considerando así, que los resultados obtenidos son representativos de esa superficie.

Dado que para aplicar esta fórmula, es necesario conocer la varianza de la población, se efectuó un muestreo de 10 sitios cuadrados de 100 m^2 cada uno, obteniéndose como promedio 16 árboles en cada uno. Para tal fin se empleó la fórmula siguiente:

$$S^2 \text{ de } N = \frac{\sum Y_i^2 - n\bar{Y}^2}{n - 1}$$

Donde:

$S^2 \text{ de } N$ = Varianza de la población.

$\sum Y_i^2$ = Número de árboles enfermos en cada sitio, elevado al cuadrado.

n = Número de sitios del premuestreo.

Los datos que se levantaron aparecen en el cuadro 1.

$$\text{Por lo que: } \bar{Y}_i^2 = 31.36$$

Tomando en cuenta los datos anteriores, se calculó la varianza de la población, obteniéndose lo siguiente:

$$S^2 \text{ de } N = 5$$

Una vez conocida la varianza de la población se procedió al cálculo del tamaño de muestra, obteniéndose que $n = 32$ sitios.

CUADRO 1

Datos del muestreo preliminar para calcular la varianza de la población.

SITIOS	Y _i	Y _i ²
1	3	9
2	5	25
3	7	49
4	5	25
5	9	81
6	2	4
7	6	36
8	8	64
9	7	49
10	4	16
SUMAS	56	358

Consecuentemente se procedió a muestrear 32 sitios de 100 m² cada uno, cuyos resultados aparecen en el cuadro 2.

RESULTADOS

Sintomatología y daños.

El primer síntoma notable del daño causado por la enfermedad en el árbol hospedero, es un abultamiento o hipertrofia en forma de tumor que se presenta sobre troncos, ramas o conos, ocasionado por la acción del micelio del hongo en el interior de los tejidos, lo cual se manifiesta con tumoraciones amorfas que varían de unos cuantos hasta 15 o 20 cm las más grandes, localizadas en el tallo principal o ramas laterales (fig. 2); es también frecuente observar en los tumores, una proliferación de yemas foliares a las cuales se les denomina comúnmente con el nombre de "escoba de bruja" (Boyce, 1961).

Las protuberancias o tumores antes citados, evitan o interrumpen el flujo normal de savia en los tejidos conductores del árbol, propiciando en muchas ocasiones, dependiendo del lugar donde se encuentre localizado el tumor, la muerte descendente del árbol (fig. 3). Aún cuando se lograra la recuperación

CUADRO 2

Cantidad de árboles afectados por la roya de los pinos (*Cronartium* sp.).

SITIO	ARBOLES ENFERMOS	ARBOLES SANOS
1	4	12
2	6	10
3	5	11
4	6	10
5	5	11
6	6	10
7	4	12
8	5	11
9	8	8
10	5	11
11	2	14
12	2	14
13	2	14
14	4	12
15	5	11
16	6	10
17	10	6
18	11	5
19	3	13
20	8	8
21	4	12
22	3	13
23	5	11
24	7	9
25	5	11
26	9	6
27	2	14
28	6	10
29	8	8
30	7	9
31	4	12
32	6	10
SUMAS	173	338
PROMEDIO	5.4	10.5



Fig. 2. Tumores causados por el hongo *Cronartium* sp.



Fig. 3. Arbol con tumores en la parte superior del tallo principal, propiciando la muerte descendente del mismo.

del árbol, éste forma ramificaciones irregulares características y si se trata de la parte apical, se presenta una marcada reducción en el crecimiento en altura y por consiguiente una gran abundancia de entrenudos, lo que originará una disminución en la calidad de la madera, ya que el uso de ésta, se limita a material celulósico.

Es común también encontrar dentro de la plantación, ramas afectadas que se desprenden fácilmente del arbolado por efecto del viento (figs. 4 y 5).

Además de los tumores mencionados, es frecuente observar durante los meses de mayo a agosto, conos hipertrofiados o tumores de un color que varía entre amarillo y anaranjado, muy llamativos por su colorido, debido a la presencia de la fructificación del hongo.

Descripción del ciclo biológico de *Cronartium* sp.

Es importante hacer notar, que existen royas autoicas, las cuales necesitan de un solo hospedero para terminar su ciclo de vida; en cambio, existen otras que requieren de dos hospederos (Alexopoulos, 1967) a las cuales se les denomina royas heteroicas, tal es el caso de los hongos del género *Cronartium* que infecta tanto árboles del género *Pinus* como del género *Quercus*, y otras plantas silvestres (Alexopoulos, 1967).

En la región de estudio la especie hospedera alternante que se observó con mayor frecuencia con la presencia de la roya fue *Quercus obtusata*, aún cuando también se ha encontrado en *Quercus laurina*, *Q. resinosa*, *Q. rugosa*, *Q. crassipes* y *Q. crassifolia*.

Haciendo inspecciones periódicas en diferentes épocas del año se determinaron las diferentes fases del ciclo de desarrollo del hongo, tanto en encinos como en pinos.

En este trabajo, se consideran las siguientes fases, que coinciden en forma general con el ciclo de una roya heteroica (Alexopoulos, 1967).

- Fase 0. Espermogonial o picnial. Producción de picniosporas.
- Fase I. Ecidial. Producción de ecidios con ecidiosporas.
- Fase II. Uredial. Producción de uredos con uredosporas.
- Fase III. Telial. Formación de telias y teliosporas.



Fig. 4. Rama seca como consecuencia de la infección por el hongo.



Fig. 5. Desquebrajamiento de ramas afectadas por el hongo en el arbolado.

Fase IV. De promicelio. Al germinar las teliosporas dan origen a las pasidiosporas.

Al hospedero donde se produce la fase de teliosporas, se le conoce como hospedero primario; al hospedero donde se desarrollan las fases 0 y 1 se le denomina hospedero secundario. Según este criterio a los pinos se les considera como hospederos secundarios y a los encinos como hospederos primarios. No obstante, los daños más severos causados por estos hongos ocurren en los primeros y en menor grado en los segundos, contrariamente ocurre en la mayoría de los cultivos agrícolas.

Para el caso de las royas causadas por *Cronartium*, en la región de la Sierra Purépecha (Meseta Tarasca) y algunas otras áreas boscosas del estado de Michoacán, el ciclo biológico ocurre como se describe enseguida:

La fase 0, se inicia después de haber sido infectados los pinos por basidiosporas, desarrollándose en éstos el micelio monocariótico, con tumores polimorfos de los cuales salen gotas de color ámbar semejantes a resina, donde aparecen las picniosporas, la cual comienza a manifestarse en el mes de marzo y termina a finales del mes de mayo (fig. 6).



Fig. 6. Exudaciones del tumor que contiene las picniosporas (fase 0).

La fase I, durante la cual se producen las ecidiosporas, comienza a aparecer a mediados de mayo y perdura hasta finales de septiembre; ésta se manifiesta por la presencia de un polvo de color amarillo ladrillo que es arrastrado por el viento, la lluvia o los insectos, llevando las eciosporas hasta las hojas de los encinos para infectarlas como se aprecia en la figura 7.



Fig. 7. Cono de pino atacado por la roya, fase ecial (fase I).

La fase II, se inicia con la infección de los encinos, la cual ocurre en los meses citados, y de octubre a diciembre, presentándose la formación de uredos y uredosporas (figs. 8 y 9).

La fase III, se inicia al germinar las uredosporas, dando origen a las teliosporas (fig. 10).

La fase IV, se inicia al germinar las teliosporas, formando un promitelio donde posteriormente aparecen las basidiosporas que nuevamente infectarán a los pinos para iniciar el ciclo de vida del hongo.

De acuerdo con las observaciones hechas en el campo, se considera que la



Fig. 8. Envés de la hoja de encino mostrando pústulas que corresponden a los uredos (fase II).

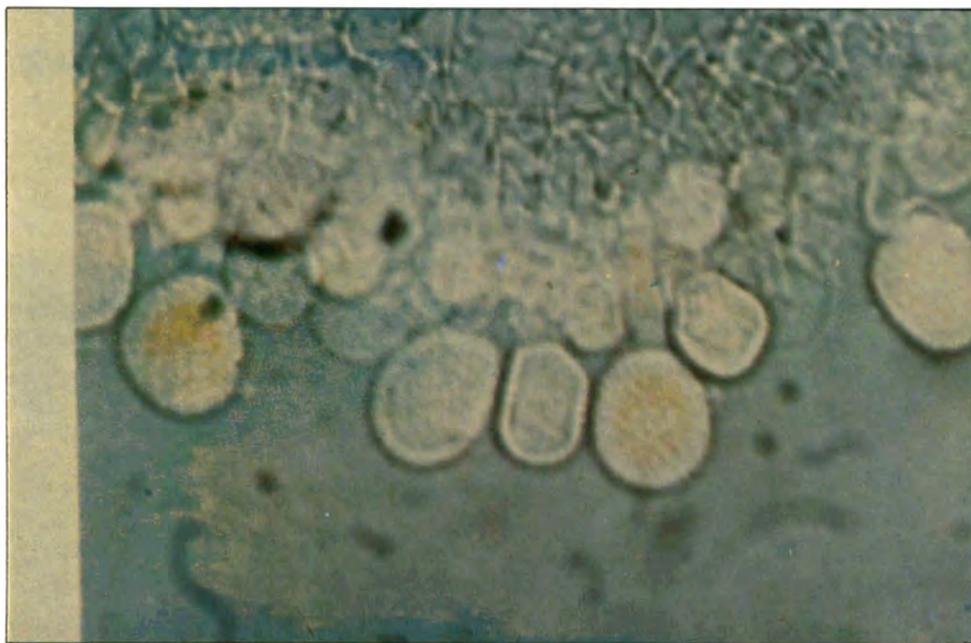


Fig. 9. Microfotografía de las uredosporas (fase III).



Fig. 10. Teliosporas en germinación para la formación posterior de las basidiosporas (fase IV).

fase uredial se repite más de una vez al año, para iniciar nuevamente la misma fase, ya que en el mes de marzo, en hojas nuevas de árboles que habían cambiado de hojas, se detectó la presencia de uredos abundantes, algunos de ellos formando los cuernos de los telios; esta observación está sujeta a comprobarse mediante inoculaciones posteriores en hojas sanas de encinos. Se consideran un poco extemporáneas las fases uredinales en estos meses, ya que no existe abundancia de pinos con tumores en fase de ecidiosporas para que infecten a los encinos.

Grado de infestación.

De acuerdo con las estimaciones hechas sobre la roya de los pinos (*Cronartium* sp.), en relación con el daño en la plantación de *Pinus pseudostrobus*, es realmente alarmante encontrar que el 33.9% de los árboles están afectados por este hongo, coincidiendo en forma aproximada con los porcentajes de infestación que se llegan a presentar en los viveros.

A este respecto, es importante hacer notar que en los viveros por lo general no se da la atención debida a los problemas fitosanitarios, tomando

en cuenta que el buen éxito de las plantaciones depende en gran parte del cuidado que se tenga desde la producción. En muchos casos, el hongo se disemina posteriormente en los lugares donde se haya reforestado, en función de la susceptibilidad a la enfermedad de las diversas especies de árboles, así como de las condiciones específicas del lugar donde se establece la plantación.

En los suelos que presentan una gruesa capa de arena, se ha observado mayor incidencia en el establecimiento y desarrollo de la enfermedad, siempre que exista el patógeno en hospederos alternantes.

En relación con el ciclo biológico de la roya de los pinos, al mencionarse las diferentes especies de encinos como su hospedero alternante, coincide con lo señalado por Bowyer & Walker (1975) y Peterson & Salinas (1967), pero hay algunos aspectos sobre taxonomía que están en duda, los que será necesario estudiar a fin de poder diferenciar en el futuro las especies de *Cronartium* que pueden estar presentes en la región.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- El 33.9% de los árboles de la plantación estudiada están afectados por la roya de los pinos (*Cronartium* sp.).
- Debe existir una relación más estrecha entre los programas regionales y nacionales de investigación y los operativos en reforestación, con la finalidad de llevar un mejor control del aspecto fitosanitario en las plantaciones.
- Es necesario efectuar inspecciones periódicas en los viveros y plantaciones, con el objeto de producir plantas sanas y evitar la dispersión de esta enfermedad en el campo.
- Se requiere efectuar en las plantaciones infestadas, un manejo silvícola adecuado para reducir los daños de la roya.
- Se deben efectuar trabajos específicos para determinar la magnitud de la reducción del crecimiento de los árboles y los decrementos en la calidad de la madera.

- Es necesario continuar con las observaciones sobre el ciclo biológico de la roya, ya que serán de utilidad para poder establecer la diferenciación de especies de royas del género *Cronartium*.

LITERATURA CITADA

- ALEXOPOULOS, C.J. 1967. Introducción a la Micología; EUDEBA. Manuales de Buenos Aires, Argentina. pp. 463-484.
- BOWYER, T.H. and WALKER, G.D. 1975. Fusiform Rust on Pines. Cooperative Extension Service, University of Georgia, Athens, Circular 440.
- BOYCE, J.S. 1961. Forest Pathology. Mc Graw-Hill Company New York, Toronto, London. pp. 185-202.
- GYBSON, I.A. 1978. Informe sobre una visita a México. Revista Ciencia Forestal 12(3): 40-53.
- LARQUE, S.M. 1981. Apuntes del Curso Muestreo Estadístico Forestal. INIF. p. 88.
- MARTINEZ, B.R. y SANCHEZ, R.R. 1980. Observaciones sobre las royas del pino en el área forestal de la Meseta Tarasca. Memoria IX Congreso Nacional de Fitopatología, Sociedad Mexicana de Fitopatología.
- PETERSON, R.S. y SALINAS, Q.R. 1967. *Cronartium conigenum*: Distribución y efectos en los pinos. Boletín Técnico No. 19. INIF. p. 11.
- SLUDER, E.R. 1977. Fusiform rust in loblolly and slash pine plantations con high - hazard sites in Georgia. USDA For. Serv. Res. Pap. Southeast For. Exp. STN. Asheville, N.C. 160 p.

CONTROL QUIMICO DEL MUERDAGO VERDADERO (*Psittacanthus* sp.) EN LA SIERRA PUREPECHA (MESETA TARASCA)

Ignacio VAZQUEZ COLLAZO*

Rogelio PEREZ CHAVEZ **

Ramón PEREZ CHAVEZ ***

INTRODUCCION

Uno de los problemas más serios en los pinares, de la Sierra Purépecha (Méseta Tarasca) en el estado de Michoacán, es el causado por el parasitismo de los muérdagos verdaderos (*Psittacanthus* spp.), conocido localmente como "injerto o secapalos". De los tres géneros de muérdago verdadero que existen en la región forestal denominada Sierra Purépecha: *Phoradendron*, *Struthanthus* y *Psittacanthus*, el último es el que tiene una mayor distribución, ya que se encuentra en un 50% de los municipios que configuran el área mencionada.

Las especies del género *Psittacanthus* parasitan a una gran variedad de plantas, entre las que se cuentan a las coníferas y las latifoliadas, las especies de muérdago que se han reportado como más abundantes en el estado de Michoacán son: *Psittacanthus calyculatus* (DC) Don (Gibson, 1973) y *P. schiedeanus* (Cham et Schlecht) Blume (Standley, 1920), también en gran abundancia se ha localizado a *P. americanus*, parasitando principalmente en los bosques de coníferas del municipio de Paracho, Michoacán (Madrigal S., comunicación personal).

*M.C. Investigador de la Sección de Protección Forestal del Centro de Investigaciones Forestales de Occidente (CIFO), INIFAP. SARH.

**Ing. Agrónomo Forestal. Investigador de la Sección de Protección Forestal del Centro de Investigaciones Forestales de Occidente (CIFO), INIFAP. SARH.

***Ing. Agrónomo Forestal. Investigador de la Sección de Protección Forestal del Centro de Investigaciones Forestales de Occidente (CIFO), INIFAP. SARH.

En el municipio mencionado existe un rodal mezclado, que ocupa una superficie aproximada de 16 ha (Vázquez *et al*, 1982) y que cuenta con 3 especies de pino: *Pinus leiophylla*, *P. teocote* y *P. montezumae*, estas especies en su mayoría están parasitadas por dos de las especies del género *Psittacanthus* (*P. calyculatus* y *P. americanus*). La infección del rodal es fuerte de acuerdo con el sistema de evaluación de 6 clases (Hawksworth, 1977),

Este rodal ya fue objeto de estudios (Vázquez *et al*, op.cit) en los que se determinó el efecto negativo que se produce en el desarrollo de las coníferas cuando éstas son parasitadas por los muérdagos, de ahí el interés de lograr un control eficiente y económico por medios químicos.

Los objetivos del presente trabajo son:

- Analizar el efecto de 4 herbicidas en dos especies de muérdago verdadero (*Psittacanthus calyculatus* y *P. americanus*).
- Recomendar el producto más eficiente para el control de estas plantas.
- Colectar durante el año diversos insectos y patógenos que se localizan sobre el muérdago verdadero, para identificarlos.

ANTECEDENTES

La revisión de antecedentes se dividió en dos secciones: productos y control.

Productos.

Para la realización de este experimento se utilizaron los siguientes productos: Karmex, Esterón 47M, Gramoxone y Fitoamina.

Dos de los productos que se utilizaron (Esterón y Fitoamina), pertenecen al grupo de los derivados del ácido fenoxiacético, la literatura reporta que los herbicidas que pertenecen a este grupo pueden ser absorbidos por la raíz y por las hojas, y se transportan por el xilema o el floema, según sea el caso. Se acumulan en las regiones de crecimiento induciendo malformaciones

típicas como alargamiento y retorcimiento de tallos, peciolos y hojas; la acción auxínica fundamental es sobre el ADN y sobre la síntesis de enzimas (Rojas, 1980).

Estos herbicidas generalmente controlan a las especies de hoja ancha y no dañan a las de hoja angosta por ejemplo Gramíneas, Ciperáceas y Liliáceas, las formas éster son en general más tóxicas y volátiles que las aminas (Klingman y Ashton, 1980). La presentación comercial es 2,4D.

Debido a que este ácido es muy volátil y corrosivo, los productos se formulan como sales, aminas o ésteres, existiendo ésteres de baja y alta volatilidad. El herbicida asperjado al follaje, es más activo en condiciones de alta temperatura y humedad, y la acción óptima es cuando la planta está en pleno desarrollo (Rojas, op. cit. y Klingman y Ashton, op. cit.).

La absorción del ácido por la planta, en forma primaria es por el sistema apoplástico, es decir, el constituido por la totalidad de células no vivientes de la planta; el mayor componente del apoplástido es el xilema. Los humectantes ayudan a que el 2, 4D tenga un contacto íntimo con la superficie de la hoja, y por lo tanto a que la absorción del producto sea mayor. Los agentes humectantes incrementan la absorción en la hoja, aumentándose la toxicidad del herbicida; el 2, 4D amina es 5 veces más tóxico cuando se le agregan agentes humectantes, también se logra una mayor absorción cuando la temperatura aumenta (Klingman y Ashton, Ibid).

En condiciones de crecimiento favorable las plantas tratadas con el 2, 4D, deben empezar a mostrar síntomas después de una semana de aplicado y sufrir transformaciones paulatinas a las 4 semanas, las hojas se caen lográndose la muerte de la planta. En general el índice de translocación del 2, 4D, dentro de algunas especies es mayor que en otras, lo que influye en su selectividad (Rojas, Ibid., Detroux y Costinchar, 1975).

Un tercer producto, el Gramoxone, pertenece al grupo de los piridílicos, se conoce también como Paraquat.

Este producto se absorbe rápidamente por órganos como hojas y tallos y se transporta con la savia, pero no se absorbe a través de la corteza lignificada. El transporte del producto en el interior de la planta sólo es hacia los órganos donde existe un fuerte movimiento de savia (Klingman y Ashton, Ibid.).

Una vez en el interior de la planta, los herbicidas que pertenecen a este grupo son reducidos por los procesos naturales de respiración y fotosíntesis; los radicales libres cuaternarios pueden reoxidarse, modificándose los fenómenos de óxido-reducción de la planta, provocando la formación de radicales peróxidos, que tienen la capacidad de destruir las células vegetales (Rojas, *Ibid.*).

La acción es más intensa cuando la fotosíntesis es activa: se ha demostrado que las plantas intensamente iluminadas quedan destruidas rápidamente mientras que las que se mantienen en oscuridad, a partir del momento de la pulverización, permanecen indemnes hasta que no se les ilumina otra vez (Detroux y Gostinchar, *op. cit.*).

Este herbicida no presenta selectividad, destruye tanto dicotiledóneas como gramíneas; por la manera de actuar debería clasificarse entre los herbicidas de acción interna, sin embargo se considera como un herbicida de contacto (Rojas, *Ibid.*).

El cuarto de los productos utilizados pertenecen al grupo de las ureas sustituidas, su nombre comercial es Karmex o Diurón. Este producto se emplea principalmente para controlar malezas anuales; la absorción de los herbicidas de este grupo disminuye en proporción directa a su solubilidad en el agua, por lo contrario, se absorben mucho mejor a las materias orgánicas cuando son menos solubles en el agua (Detroux Gostinchar, *Ibid.*).

Control.

Los trabajos sobre el control químico de los muérdagos verdaderos (*Psittacanthus* spp.) son escasos, debido a que la distribución del género está confinada al continente americano y a que en México sólo se encuentra reportado como hemiparásito del género *Quercus* (Rzedowski, 1978), además de esto existen referencias sobre otros géneros de Lorantáceas, como es el caso de *Arceuthobium*, el cual se ha estudiado en forma intensiva en los Estados Unidos de América, en donde tiene una gran distribución y se han logrado resultados en el combate del hemiparásito a través de: control genético (Lewis, 1978), control a base de tratamientos silvícolas (Duane, 1973), control con base en el conocimiento de su ecología para prescripciones silvícolas (Guthrie, 1978), control utilizando tratamientos culturales, como son las podas (Lightle y Weiss, 1974), combate con la utilización de fuegos prescritos o quemas controladas (Muraro, 1978), y control de muérdagos con la utilización de herbicidas (Knutson, 1978); en

este último trabajo se reportan fracasos en el control, pero hay que considerar que las especies de muérdago enano carecen de hojas verdaderas (poseen escamas) y las aplicaciones de los productos se realizaron utilizando vehículos con torres telescópicas y manuales por lo que no se pudo detectar el efecto de los herbicidas sobre los pinos que fungían como hospederos del hemiparásito, y con una metodología impráctica por su alto costo.

METODOLOGIA

Descripción del área.

El área donde se realizó el presente trabajo se encuentra ubicada en la región forestal denominada Sierra Purépecha o Meseta Tarasca, en el municipio de Paracho, estado de Michoacán, al este del kilómetro 4 de la carretera Paracho-Uruapan, en las faldas del "Cerro del Aguila" (fig. 1), su posición geográfica se ubica en las coordenadas 19° 35' de latitud norte y 102° 03' de longitud oeste, con una altitud media de 2 200 msnm.

El clima que prevalece en el área según la clasificación de Köppen modificada por García (1973), corresponde al grupo C(w₂) (w) b (i')g, que se describe como templado subhúmedo con lluvias en verano y régimen pluviométrico de 1 265 mm anuales, con una precipitación invernal menor de 5 mm, verano fresco y largo, con oscilación térmica de 5° C y época más cálida antes del mes de junio, temperatura media anual de 25° C.

El paraje donde se llevó a cabo el estudio tiene una superficie de 15-82-63 ha, es un rodal con límites naturales y artificiales claramente marcados: limita al sur con una barranca, al noroeste con una mina de grava, al norte con un terreno agrícola y al sureste con una matarrasa efectuada por la Comisión Federal de Electricidad, para la instalación de una línea de alto voltaje.

El rodal está conformado por tres especies *Pinus leiophylla*, *P. montezumae* y *P. teocote*, el estrato herbáceo está solamente formado por algunas especies de gramíneas y helechos del género *Pteridium*.

En todo el rodal se encuentran árboles que presentan el parasitismo del muérdago en forma crítica, clase 4 según método de evaluación de 6 clases (Hawksworth, op. cit.).

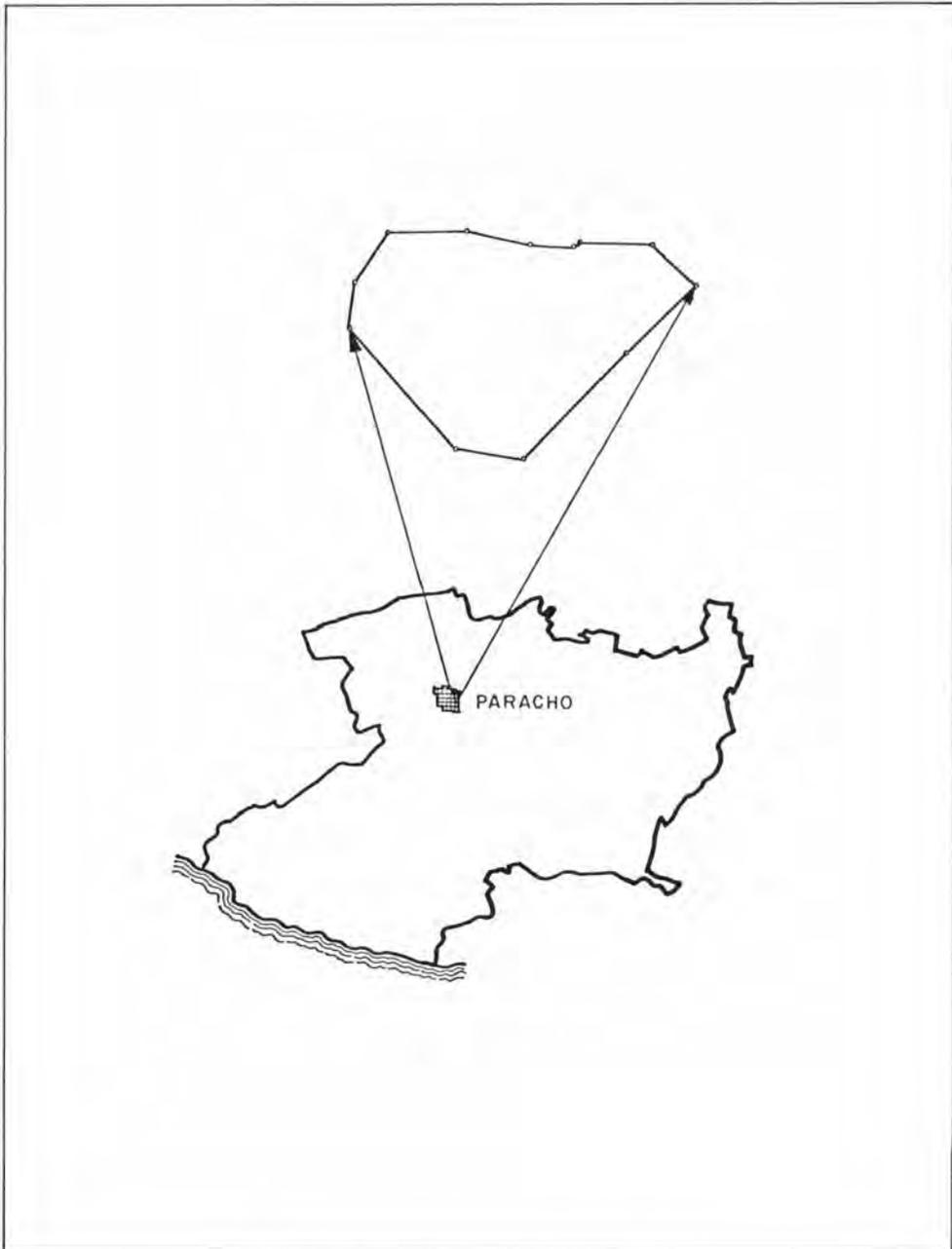


Fig. 1. Localización del rodal dentro del municipio.

Toma de datos.

Los trabajos de campo se iniciaron durante el mes de enero de 1984, inicialmente se seleccionaron los árboles (*Pinus leiophylla*) que sirvieron como unidades experimentales, tratando de que fueran homogéneos en cuanto a edad, altura, especie, diámetro y grado de infección, con el propósito de minimizar las variables que pudieran influir en alteraciones de la respuesta que se obtuviera en cada uno de los tratamientos aplicados. Una vez hecho esto, se procedió a establecer el experimento, para ello se utilizó un diseño completamente al azar con 5 tratamientos y 5 repeticiones, en el cuadro 1 se puede observar el producto utilizado para cada tratamiento.

CUADRO 1

Herbicidas utilizados para el control de los muérdagos verdaderos (*Psittacanthus* spp.).

TRATAMIENTO	PRODUCTO	DISTRIBUIDOR	DOSIS COMERCIAL	INGREDIENTES ACTIVOS
1	Esterón 47 m	Dow	4 cc/lt	1.6 gr/lt
2	Gramoxone	ICI		
3	Karmex	Dupont	3 gr/lt	2.4 gr/lt
4	Fitoamina	Agricultura Nacional	4 cc/lt	1.6 gr/lt
Testigo	SOLO AGUA			

Para la aplicación de los tratamientos se utilizó una aspersora portátil de alta presión (de parihuela), con un motor de 3HP conectada a un depósito de lámina galvanizada con una capacidad de 400 l.

Cada uno de los árboles seleccionados como unidad experimental, fue marcado con un número y una letra, indicando el tratamiento aplicado y el número de la repetición para tener control sobre ellos.

La aspersión se hizo sobre todo el follaje, incluyendo tanto al parásito como las ramas y hojas de los pinos hospederos.

Las observaciones se realizaron cada 15 días durante un periodo de 6

meses, para llevar un control tanto de los efectos que sufriera la planta hemiparásita así como la respuesta que pudieran tener los árboles hospederos a la aplicación de herbicidas.

La escala que se utilizó para cuantificar los daños que se presentaron en el muérdago, fue en base al área foliar dañada, con un intervalo de 20 % como se observa en el cuadro 2.

CUADRO 2

Escala utilizada para la evaluación de daños (Hawksworth, 1977).

VALOR USADO P/EVALUAR	% DE DAÑO FOLIAR
1	1-20 % DEL AREA FOLIAR DAÑADA
2	21-40 % DEL AREA FOLIAR DAÑADA
3	41-60 % DEL AREA FOLIAR DAÑADA
4	61-80 % DEL AREA FOLIAR DAÑADA
5	81-100 % DEL AREA FOLIAR DAÑADA

Para obtener el valor correspondiente a todos los muérdagos que se encontraron en un solo árbol o unidad experimental, se promediaron los valores determinados para cada una de las plantas hemiparásitas, lográndose así un solo valor promedio que se utilizó en los análisis estadísticos correspondientes.

Para el análisis de varianza se consideró el porcentaje de daño foliar producido por el herbicida en el muérdago, realizándose con una confiabilidad del 99 % y se le aplicó la prueba de Tukey para la separación de medias con un nivel de significancia del 1 %.

Se hicieron dos evaluaciones, una al mes de aplicados los tratamientos y otra a los 6 meses; se obtuvieron resultados sumamente diferentes que constituyen una posibilidad de lograr un control químico de los hemiparásitos.

Colecta de parásitos y patógenos.

Como una actividad paralela al trabajo de campo, se realizaron colectas de los insectos y patógenos que se encuentran, de alguna manera, asociados con las dos especies de *Psittacanthus* que existen en el área de estudio; para ello se tomaron muestras de los muérdagos y se llevaron al laboratorio; para la identificación de las escamas se utilizó la obra de Howell y Kosztarab (1972), mientras que la identificación de los hongos se llevó a cabo con las claves de Barnett y Hunter (1972), y las obras de Webster (1980), y Alexopoulos (1966).

RESULTADOS

Los resultados obtenidos se dividieron en dos apartados, uno referente a control y otro a colectas.

Control.

Los resultados de las dos evaluaciones nos indican que existen diferencias altamente significativas entre los productos que se aplicaron y también en la respuesta del hemiparásito a los herbicidas, en función del tiempo. La primera evaluación reportó una información completamente diferente a la segunda.

En el primer caso, se concluyó estadísticamente, que existe una alta diferencia significativa entre tratamientos, dado que la F calculada al nivel significativo del 1 % (cuadro 3).

CUADRO 3

Cuadro de análisis de varianza de la primera evaluación.

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	F. Cal.	F. Tab.
Trat.	4	33.44	8.36	46.44 **	4.43
Error	20	3.60	.18		
Total	24	37.04			

** Altamente significativo.

Para la separación de medias por medio de la prueba de Tukey, se obtuvo el valor mínimo de 0.01 - 1.01. Este valor corresponde al análisis de la primera evaluación, la agrupación de los tratamientos, una vez realizada la prueba, quedó como se muestra en el cuadro 4.

CUADRO 4

Resultados de las comparaciones entre medias con la prueba de Tukey.

No.	TRATAMIENTO	MEDIDA	SIGNIFICANCIA
1	Gramoxone	3,0	a
2	Fitoamina	2,2	a
3	Esterón	1,0	b
4	Karmex	0,2	b
5	Testigo		b

La prueba de separación de medias forma dos grupos; el primero, donde están el Gramoxone y la Fitoamina que no presentan diferencias significativas entre sí, pero son significativamente mayores a los demás tratamientos, y el segundo, donde se agrupan el Esterón, el Karmex y el testigo, los cuales no son significativamente diferentes entre sí, pero sí son significativamente menores a los tratamientos 1 y 2. Esto trasladado a la práctica nos dice que se tendrán los mismos efectos si aplicamos Gramoxone o Fitoamina, pero que dichos efectos serán mayores a aquellos que se obtienen si se aplica Esterón, Karmex o si no se aplica nada.

De los resultados de la primera evaluación se tiene que la mejor respuesta fue la de Gramoxone, se observó una alta mortandad de los frutos, hojas y ramillas, el hemiparásito se defolió en un 80 % perdiendo en su totalidad los brotes nuevos (fig. 2). En los pinos se presentó una ligera fitotoxicidad y las lesiones que se presentaron en el hemiparásito afectaron más del 50 % del mismo; por otro lado, el marchitamiento se inició a los 5 días de la aspersión.

La Fitoamina, a pesar de que estadísticamente no tuvo diferencias significativas con el Gramoxone, sólo dañó en forma severa las hojas y los

brotos tiernos, los daños en el fruto fueron menos espectaculares y la defoliación fue leve, presentándose principalmente en las hojas nuevas (fig. 2). Los daños sufridos por el muérdago fueron en promedio, menores del 40 % pero mayores al 20 %.

El Esterón tuvo un efecto sumamente ligero, sólo le dañó las hojas tiernas, aparentando éste, estar vigoroso, sus hojas de color verde oscuro no mostraron tener ningún daño, los frutos se vieron afectados con una ligera aceleración en su maduración (fig. 2); los daños sufridos fueron menores del 10 %.

El Karmex causó daños mínimos, ya que sólo se notó una leve madu-

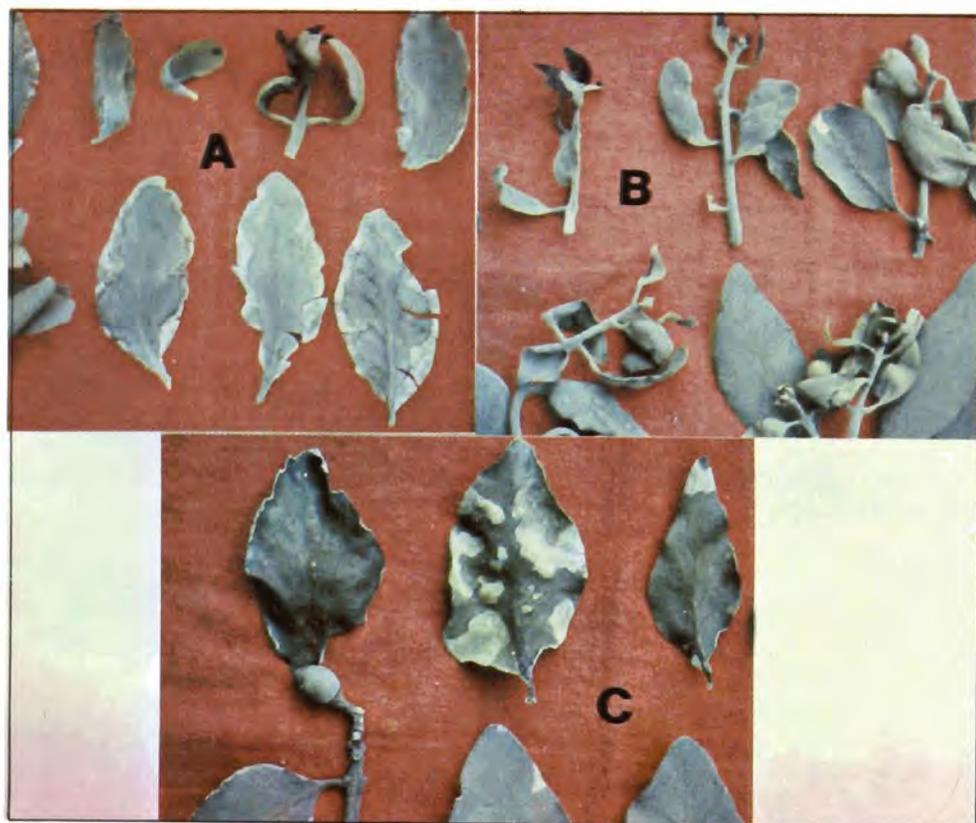


Fig. 2. Daño producido por los diferentes herbicidas en la primera evaluación. a) Gramoxone, b) Fitoamina, c) Esterón.

ración prematura del fruto y, las ramas, hojas y yemas no sufrieron mayores daños por lo tanto los efectos en el muérdago fueron menores al 1 %.

A excepción del Gramoxone, ninguno de los productos causó fitotoxicidad en los especímenes de pino que fungían como hospederos, a pesar de que al hacer la aplicación, el herbicida hizo contacto directo con ellos.

Después de obtenerse estos resultados, se siguieron haciendo visitas al área, con el fin de comprobar si el muérdago moría o se recuperaba de los daños sufridos; después de la temporada de lluvias de 1984, se empezaron a mostrar cambios en las plantas de muérdago, que afectaban grandemente lo que se había considerado como resultado de las aplicaciones del Gramoxone, por lo que se decidió volver a evaluar y a analizar los resultados para compararlos con los primeros.

En el cuadro 5, se muestran los resultados del análisis de varianza de los datos obtenidos en la segunda evaluación del experimento. Aquí también se obtuvieron diferencias altamente significativas entre tratamientos.

CUADRO 5

Análisis de varianza segunda evaluación.

F. V.	G. L.	S.C.	C.M.	F. CAL.	P. TAB.
TRATAMIENTO	4	84.2401	1.06	105.301 **	4.43
ERROR	20	3.9999	.19999		
TOTAL	24	88.2401			

** Altamente significativas

Para la separación de medias se utilizó también la prueba de Tukey, quedando agrupados los datos como se muestra en el cuadro 6.

En este caso la prueba de separación de medias dio como resultado 3 grupos, el primero donde se sitúan el Esterón y la Fitoamina los cuales no son significativamente diferentes entre sí, pero son significativamente ma-

yores a los otros tres tratamientos, el segundo, donde se agrupan el Gramoxone y el Karmex, que tampoco presentan diferencias significativas, pero son significativamente menores al tratamiento 1 y 2 y son significativamente mayores al testigo, esto sugiere que a 6 meses de aplicados los herbicidas se obtendrán resultados estadísticamente iguales en el control del hemiparásito.

CUADRO 6

Resultados de las comparaciones entre medias con un nivel de significancia del 1 %.

No.	TRATAMIENTOS	MEDIA	SIGNIFICANCIA
1	Esterón	4.8	a
2	Fitoamina	4.4	a
3	Gramoxone	1.8	b
4	Karmex	1.4	b
5			c

En esta evaluación los resultados que se obtuvieron fueron completamente diferentes, ya que los muérdagos que fueron tratados con Gramoxone y que aportaron los valores más altos en la primera evaluación, se recuperaron paulatinamente presentando flores, frutos y brotes nuevos con pleno vigor, algunas partes de los individuos que sufrieron la defoliación, murieron completamente, pero en general, sólo se logró retardar un poco su desarrollo (fig. 3).

Los que fueron tratados con Esterón, que en la primera evaluación no tuvieron diferencias significativas con el testigo, sufrieron los efectos del producto en forma retardada pero más efectiva, se encontró en este período de observaciones que todas las plantas tratadas habían pasado de tener un daño del 20 % al 100 %, los muérdagos se encontraron totalmente defoliados, no presentaban ni flor ni fruto, se tomaron algunas muestras y los tejidos estaban completamente muertos (fig. 3).

El muérdago tratado con Fitoamina, presentó una defoliación ligera, las hojas se encontraban marchitas, con existencia de brotes nuevos, pero

con malformaciones (fig. 3), el área foliar dañada superó el 80 % de la planta.

El Karmex fue el producto que en los dos casos obtuvo los valores más bajos en el control del muérdago, ya que sufrieron defoliación, pero se evidenciaba el desarrollo de hojas nuevas con vitalidad normal (fig. 3).

En los pinos se presentó una ligera fitotoxicidad con el Gramoxone pero finalmente se recuperaron completamente; los demás tratamientos no causaron ningún efecto visible.

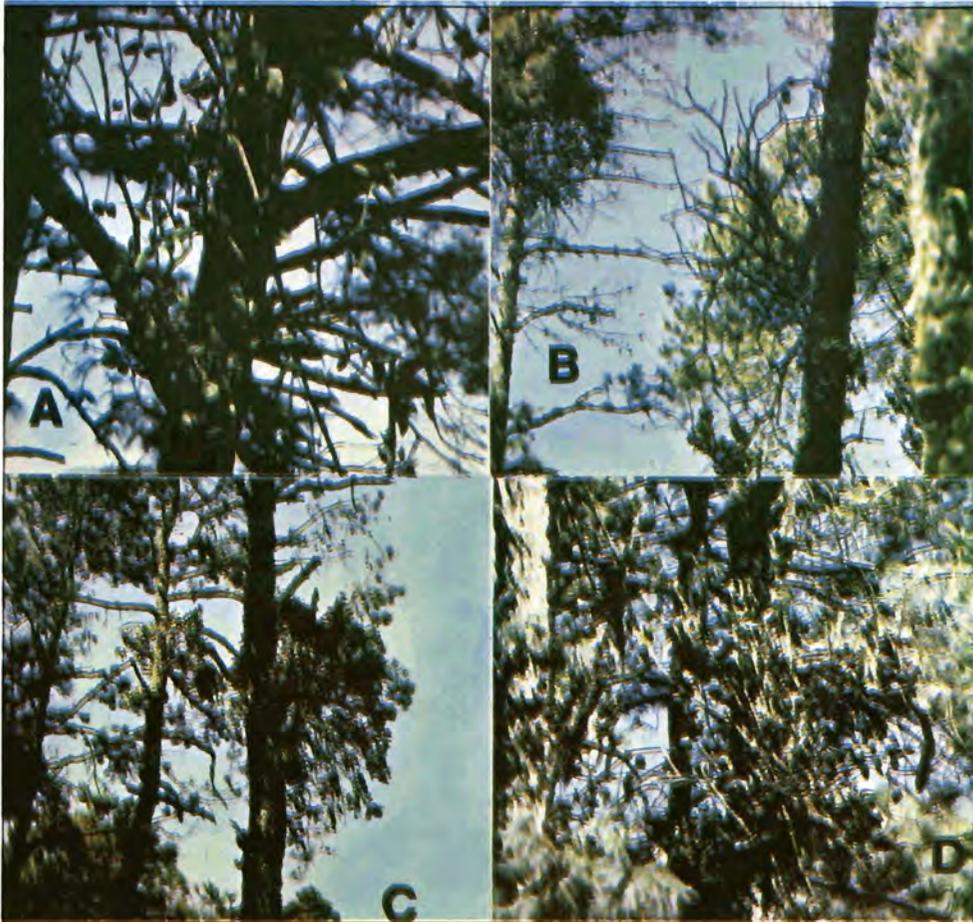


Fig. 3. Daño producido por los herbicidas en la segunda evaluación. a) Gramoxone, b) Esterón, c) Fitoamina, d) Karmex.

Colectas.

Respecto a los organismos detectados como parásitos y patógenos de dos especies de muérdagos verdaderos (*Psittacanthus calyculatus* y *P. americanus*) se formaron dos grupos: insectos y hongos.

Los insectos que se determinaron en los muérdagos verdaderos, pertenecen al orden Homóptera y son los siguientes géneros: *Saccharicoccus* sp., *Gascardia* sp., *Aonidomytilus* sp., *Coccus* sp. y *Macrosiphum* sp.; los cuatro primeros caen dentro de los insectos conocidos como escamas y el último a los denominados pulgones.

Este tipo de organismos se alimentan exclusivamente de la savia de las plantas y pueden parasitar hojas, ramas, flores y frutos, causando con frecuencia achaparramientos y cuando la infección es fuerte, ocasionan la muerte de las plantas; por otro lado, varios géneros de pulgones actúan como reactores de virus (Borrór and White, 1970).

De los 5 géneros de insectos identificados, sólo *Macrosiphum* sp. parece tener posibilidades de actuar como un efectivo agente de control biológico (Borrór and White, op. cit.; Metcalf y Flint, 1965 y Mathews, 1981).

Los hongos aislados e identificados parasitando a las dos especies de muérdagos verdaderos pertenecen a los géneros *Fumago*, *Alternaria* y *Ceratocystis*.

La fumagina o negrilla (*Fumago* sp.) es una enfermedad muy común en diversos cultivos tropicales y subtropicales; el desarrollo del hongo es favorecido por las secreciones de algunos homópteros, como pulgones y escamas. Raramente se comportan como parásitos de plantas, ya que crecen abundantemente sobre la superficie de las hojas (fig. 4), reduciendo su capacidad fotosintética y como resultado de ello, se observa un retardo en el crecimiento del fruto (Alexopoulos, 1966; García Alvarez, 1977).

Las especies del género *Alternaria* ocasionan tres tipos de daño a las plantas: manchas foliares, pudriciones secas y tizones (García Alvarez, op. cit.), en el caso del muérdago, los síntomas más generalizados son las manchas foliares, pero si el ataque se presenta cuando el tejido es joven, se pueden observar tizones en ramas. Las lesiones en la lámina foliar son concéntricas y de color pardo o negro, las manchas pueden crecer y coalescer para formar grandes zonas foliares muertas, llegando a semejar un tizón, quemadura o

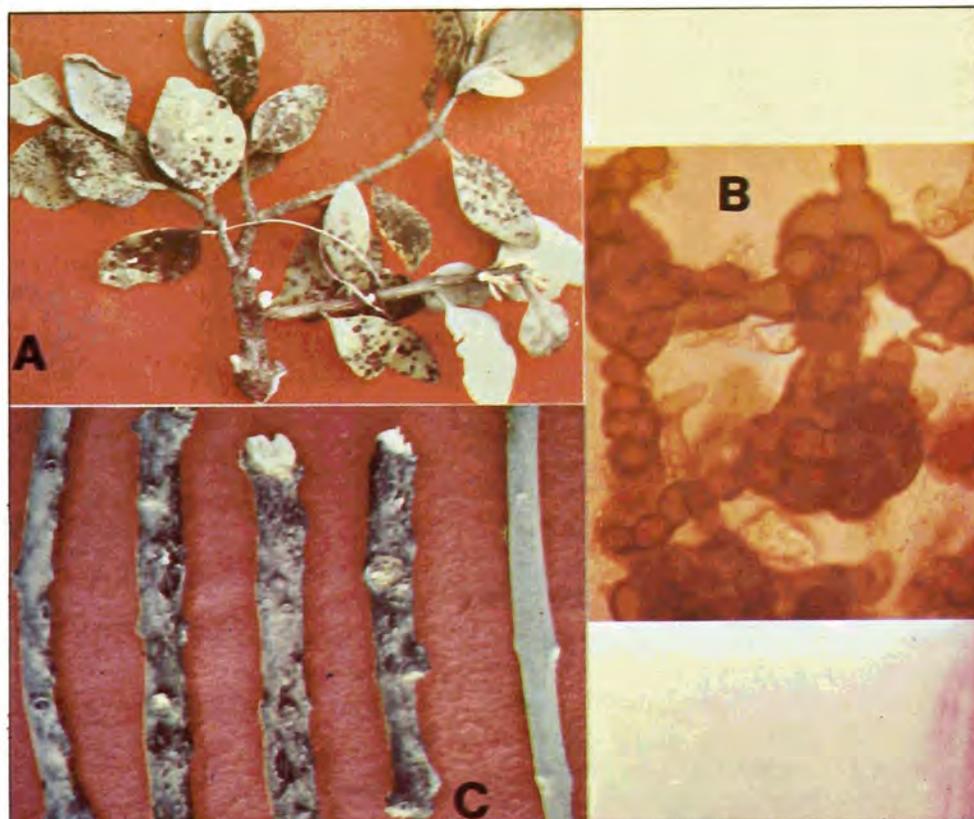


Fig. 4. a) Muérdago con fumagina, b) Conidios y micelio de fumago, c) Ramillas de muérdago con cáncer.

chamusco (García Alvarez, Ibid.), sin embargo este hongo en varias ocasiones llega a causar grandes daños en el hospedero.

La presencia de este patógeno es abundante durante la estación húmeda, y se pueden apreciar los síntomas foliares en el muérdago con mayor claridad; por otro lado, es en esta estación cuando se lleva a cabo la dispersión del hongo a través del viento.

El género *Ceratocystis* tiene más de ochenta especies conocidas y varias de ellas causan grandes daños a las plantas cultivadas y forestales (Alexopoulos, op. cit.; Webster, 1980).

Los síntomas que produce este patógeno en el muérdago se resumen en una obstrucción del sistema vascular, con el consecuente amarillamiento del follaje, en el tronco y ramas se presenta un rompimiento de la corteza (fig. 4) y se pueden localizar los ascocarpos en la superficie de las heridas viejas. Cuando el ataque es severo el muérdago puede morir, sin conocerse el lapso, ni la época en que se presenta el fenómeno.

De los tres hongos identificados, *Ceratocystis* sp. es el único que presenta buenas perspectivas como agente de control biológico, ya que muestra una alta virulencia hacia el muérdago durante todo el año; además es relativamente fácil reproducirlo bajo condiciones de laboratorio ya que crece rápidamente en medio de cultivo PDA a una temperatura entre 20 y 24°C (Romero, 1982).

DISCUSION

En los resultados obtenidos en la primera evaluación se observó que el Gramoxone fue el que obtuvo los promedios más altos, esto se debió a que este producto actúa rápidamente sobre los tejidos verdes y su transporte con la savia es muy deficiente, sólo existiendo en aquellas partes de la planta donde el movimiento de la savia es muy intenso; por otro lado aparte de la acción interna que desarrolla este herbicida, tiene una fuerte acción de contacto, por ello es que la marchitez en los muérdagos apareció con más prontitud que con los demás productos. Sólo con este producto se presentó fitotoxicidad en los pinos debido al gran espectro de acción que tiene, ya que no presenta ninguna selectividad (Rojas, *ibid.*, Klingman y Ashton, *Ibid.*).

Los dos productos derivados del 2, 4D tuvieron resultados distintos a los que obtuvieron Klingman y Ashton (*Ibid.*), con respecto a que en 4 semanas la acción máxima de estos herbicidas ya se ha presentado, en este caso un mes después de las aplicaciones, cuando se realizó la primera evaluación los efectos se hicieron visibles más pronto que con el Esterón, a pesar de que se reporta que la presentación éster es de acción más rápida que la amina.

El producto que obtuvo los promedios más bajos en la primera evaluación fue el Karmex, éste, como consecuencia de tener una gran capacidad de adsorberse a las materias orgánicas tiende a afectarse en su acción herbicida (Detroux y Gastinchar, *Ibid.*); el hecho de que este herbicida haya sido el menos eficaz, se debió también a que entre más cerosas sean las

hojas de la planta a que se aplique, la dificultad de que se realice la absorción es mayor y las hojas del hemiparásito tratado (*Psittacanthus* sp.) son sumamente cerosas (Rojas, *Ibid.*).

De los resultados mostrados en la segunda evaluación, se observaron varios cambios: los individuos tratados con Gramoxone se recuperaron casi en su totalidad, las características de este herbicida de contacto provocan que su acción como desecante sea rápida pero poco duradera. De acuerdo con Klingman y Ashton (*Ibid.*), los herbicidas de tipo bupiridilio tienen una acción rápida y eficaz, que el follaje al cual se aplican se marchita y reseca rápidamente, con frecuencia en pocas horas, pero que su acción sistémica es limitada, lo que provocó que al tratar las plantas de muérdago, éstas presentaron efectos visibles en forma inmediata, en las partes verdes (hojas y yemas), sin que se dañaran los tejidos internos de las plantas (Rojas, *Ibid.*), y al pasar los efectos de la defoliación, las plantas quedaron en posibilidad de emitir nuevas yemas foliares y florales.

Las plantas tratadas con Esterón fueron las más dañadas, aunque los efectos no se presentaron en forma inmediata, la persistencia del producto hizo que el efecto letal fuera muy fuerte; esto se debió principalmente a que las concentraciones de ésteres del 2, 4D son generalmente más tóxicas para las plantas que las concentraciones aminas, ya que su volatilidad y su baja polaridad ayudan a que sea absorbido por la planta, provocando que la concentración del producto sea más grande que en el caso de la fitoamina (Klingman y Ashton, *Ibid.*), es por esto que el efecto del herbicida fue mejor con el Esterón que con la fitoamina.

Los resultados que se obtuvieron en la segunda evaluación para el Karmex, comprobaron que este producto fue nulificado en su acción herbicida como consecuencia de la baja absorción y la facilidad de adsorción del compuesto (Detroux y Gostinchar, *Ibid.*).

CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos en este trabajo se concluye que:

- Es posible lograr un control químico de los muérdagos verdaderos (*Psittacanthus* spp.) en la Sierra Tarasca.
- Los productos empleados no son fitotóxicos para *Pinus leiophylla*.

- De los productos utilizados, el Esterón, es el que da mejores resultados para el control de los muérdagos verdaderos; le siguen en efectividad la Fitoamina, el Gramoxone y por último, el Karmex.
- La acción máxima de los herbicidas es visible después de 6 meses de aplicados.
- De los parásitos y patógenos identificados en los muérdagos verdaderos, se consideran como factibles de ser utilizados como control biológico a *Macrosiphum* sp. (pulgon) y *Ceratocystis* sp. (cáncer).

LITERATURA CITADA

- ALEXOPOULOS, C.J. 1966. Introducción a la micología. Ed. Universitaria de Buenos Aires, Argentina. 615 p.
- BARNETT, H. L. and B.B. HUNTER. 1972. Illustrated Genera of Imperfect Fungi. Burgeas Pu. Co. Minneapolis, Min. 241 p.
- BESSEY, E.A. 1950. Morphology and Taxonomy of Fungi. Hather Press New York 791 p.
- BORROR, D.J. and R.E. WHITE. 1970. A Field Guide to the Insects of North America and Mexico. Tloughton Mifflin Co. Boston. 404. p.
- DETROUX, L. y J. GOSTINCHAR. 1975. Los herbicidas y su empleo. Edición Revolucionaria. Instituto del Libro. La Habana, Cuba.
- DUANE, K.R. 1978. Dwarf Mistletoe Control on the Rogue River National Forest in Oregon. Symposium on Dwarf Mistletoe Control TSW-31.
- GARCIA, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. 2a. Ed. UNAM. México. 246 p.
- GARCIA, A. M. 1977. Patología Vegetal Práctica. Ed. Limusa México, 156 p.
- GIBSON, I.A.S. 1973. Informe sobre una visita a México. Ciencia Forestal. S F. INIF 3 (12): 40-53, México.

- GUTHRIE, F. 1978. Ecological Bases for Silvicultural Prescriptions for Control of Dwarf Mistletoe in Lodgepole Pine. Symposium on Dwarf Mistletoe TSW-31.
- HAWKSWORTH, F.G. 1977. The 6 Class Dwarf Mistletoe Rating System. USDA. Forest Service. Agriculture Hand Book 386.
- HOWELL, J.O. and M. KOSZTARAB. 1972. Morphology and Systematics of Scale Insects. No. 3. Research Division Bulletin 70. Virginia Polytechnic Institute and State University. 248 p.
- KLINGMAN, G.C. y F. M. ASHTON. 1980. Estudio de las plantas nocivas. Principios y prácticas. Ed. Limusa. México. 449 p.
- KNUTSON, M.D. 1978. Chemical Control of Dwarf Mistletoe. Symposium on Dwarf Mistletoe TSW-31.
- LEWIS, F.R. 1978. Genetic Control of Dwarf Mistletoe. Oregon State University. Proceedings of Symposium en Dwarf Mistletoe. Berkeley, California.
- LIGHTLE, P.C. and WEISS, M.J. 1974. Forest Diseases Control in the United States. USDA. Forest Service G.T.F.- WO 19.
- MATHEWS, R.E.F. 1981. Plant Virology. Academic Press, Inc. New York. 897 p.
- METCALF, C.L. y W.P. FLINT. 1965. Insectos destructivos e insectos útiles, sus costumbres y su control. Co. Editorial Continental, S.A. México. 1208 p.
- MURARO, S.J. 1978. Prescribed fire - A tool for the control of dwarf mistletoe in lodgepole pine. Symposium on Dwarf. TSW-31.
- ROJAS, G.M. 1980. Manual teórico práctico de herbicidas y fitoreguladores. Ed. Limusa. México. 116 p.
- ROMERO, C.S. 1982. Notas del curso de hongos fitopatógenos. Colegio de Postgraduados. Chapingo. México.

- RZEDOWSKI, J. 1978. Vegetación de México. Ed. Limusa. México. 432 p.
- STANDLEY, P.C. 1920. Trees and shrubs of México. US National Museum. Vol. 23 Parts I-V, 1721 p.
- VAZQUEZ, C I. y PEREZ, C.R. 1982. Efecto del Parasitismo del Muérdago (*Psittacanthus schiedeanus* Cham & Schlecht Blume) en el desarrollo de tres especies del género *Pinus*. Ciencia Forestal 7 (40): 48-64.
- WALTERS, J.W. 1976. Aguide to Mistletoes of Arizona and New Mexico, USDA. Forest Service. Southwestern Region Albuquerque, New Mexico.
- WEBSTER, J. 1980. Introduction to Fungi. Second Edition Cambridge Univ. Press. 669 p.

ASPECTOS GENERALES SOBRE LA ECOLOGIA POBLACIONAL
DE LA LAGARTIJA *SCELOPORUS GRAMMICUS*
MICROLEPIDOTUS (LACERTILIA: IGUANIDAE), EN LA
VERTIENTE ORIENTAL DEL VOLCAN IZTACCIHUATL, PUEBLA

Julio Alberto LEMOS ESPINAL*
José de Jesús AMAYA ELIAS**

RESUMEN

Por medio del método de marcaje y recaptura propuesto por Fisher y Ford (1947), parámetros poblacionales tales como: tamaño poblacional, número de ganancias, número de pérdidas, tasa de sobrevivencia, tasa de incremento poblacional, tasa de natalidad, tasa de mortandad, tasa de incremento corporal y tabla de vida, fueron estimados para una población de *Sceloporus grammicus microlepidotus* localizada a 3 700 msnm, en un bosque de *Pinus hartwegii*. En este estudio se encontró que existe una relación muy directa entre las fluctuaciones de la población y los cambios de las condiciones ambientales; asimismo se logró establecer la existencia de una proporción constante de individuos que se pierden a diferentes edades.

INTRODUCCION

Entre los múltiples trabajos que sobre la ecología de vertebrados terrestres se han efectuado en nuestro país, predominan aquellos realizados con poblaciones de aves y mamíferos, prestando poca atención a grupos faunísticos tan importantes como los anfibios y reptiles, no obstante que estos animales por su abundancia, su escaso desplazamiento, su facilidad para manejarlos, etc., representan un magnífico sujeto de trabajo para estudiar aspectos

*Biól. Investigador, encargado de la Sección de Herpetofauna del Departamento de Fauna Silvestre, INIFAP. SARH.

**Pasante de Biólogo, prestador de Servicio Social en el Departamento de Fauna Silvestre, INIFAP. SARH.

ecológicos tanto en condiciones naturales como experimentales. Es por eso que el desconocimiento de los parámetros ecológicos básicos de las poblaciones de reptiles es realmente lamentable, sobre todo tomando en cuenta que México se encuentra entre los países del mundo que mayor riqueza en especies herpetológicas poseen.

Una de las causas que influyen de manera negativa en la realización de estudios más profundos para las poblaciones de reptiles, es fundamentalmente el desconocimiento de la importancia de estos organismos, pues generalmente son subestimados desde el punto de vista cinegético, culinario o comercial. Sin embargo, es sabido que ciertas especies de reptiles han sido utilizadas de diversas maneras por algunos grupos étnicos del país, como ocurre con las serpientes, que desde la época prehispánica no sólo se utilizan como alimento, sino que también han sido objeto de numerosos mitos y supersticiones; de la misma manera, las tortugas son animales muy estimados tanto por su carne como por su caparazón; asimismo, las iguanas son también muy apreciadas como alimento, sobre todo en la región del Istmo de Tehuantepec; además de los ejemplos anteriores, existen reptiles cuya piel tienen un alto valor comercial, tal es el caso de los cocodrilos, las tortugas, las serpientes y algunos lacertilios de gran talla. Por otro lado, el hecho de que ciertos reptiles resulten peligrosos por su agresividad, o por su capacidad de inocular veneno, ha dado lugar a una serie de prejuicios que afectan a la mayoría de ellos, ya que no sólo los hace poco atractivos en los aspectos antes mencionados, sino que también los hace víctimas de ataques que en muchos de los casos los ha llevado hasta la extinción en las zonas con gran densidad de asentamientos humanos. Por lo anterior, es necesario recalcar la importancia de estos animales, ya que en su calidad de consumidores primarios o secundarios, son piezas muy importantes en el mantenimiento del equilibrio ecológico, y el desplazamiento o desaparición de sus poblaciones, aparte de ser una pérdida muy lamentable, implica una serie de desajustes que van en perjuicio del ecosistema.

Dentro de la República Mexicana, uno de los grupos de vertebrados terrestres más importantes desde el punto de vista ecológico está representado por el género *Sceloporus* (denominado comúnmente como lagartijas), que posee una gran riqueza tanto en individuos como de especies, además de encontrarse distribuido en la totalidad del territorio nacional, desde el nivel del mar hasta altitudes muy considerables. Sus especies se encuentran bien adaptadas a todos los tipos de habitats terrestres, y debido al escaso desplazamiento de sus individuos, sus áreas de distribución están generalmente bien delimitadas. Un dato que nos da idea de la importancia que este género de lacertilios tiene

en nuestro país, es que existen cuando menos dos especies o subespecies endémicas en cada entidad de la República, y por eso la distribución de sus miembros ha servido como base para la definición de las diferentes provincias bióticas del país (Smith, 1940).

Entre las especies de Sceloporinos más estudiada se encuentra *Sceloporus grammicus*, la cual fue descrita como tal por Wiegmann (1828); más tarde Smith (1939), la eleva al rango del grupo de especie y establece que su distribución va desde el extremo sur de Texas, EUA, hasta el estado de Oaxaca, pasando por la región del altiplano mexicano. Posteriormente Smith y Laufe (1945), establecen que dicho grupo está compuesto por las especies *S. heterolepis* y *S. grammicus*, y esta última por las subespecies *S. g. grammicus*, *S. g. disparillis* y *S. g. microlepidotus*. Asimismo, para este grupo de especies se han realizado estudios para determinar las diferencias genotípicas que existen entre sus especies y subespecies (Hall y Selander, 1973; Sites, 1983). En 1981, Sites y Dixon, hacen la descripción de una nueva subespecie de este grupo: *S. g. tamaulipensis*, y luego Lara (1983) describe a dos nuevas especies: *S. anahuacus* y *S. palaciosi*, ambas fundamentadas en características externas como folidosis y coloración entre otras.

Por otro lado, existen trabajos que se abocan al estudio de *S. grammicus* con respecto a sus características reproductivas (Guillete y Casas, 1980; Guillete y Bearce, 1983; Ortega y Barbault, 1984), de variación morfológica (Sites, 1982) y estacional (Guillete y Casas, 1981).

Gracias a una gran plasticidad ecológica, sustentada en su abundancia, su amplia distribución y su adaptabilidad a múltiples condiciones ambientales, *S. g. microlepidotus* es de las lagartijas mejor conocidas tanto por los especialistas como por la gente común, ya que se trata de uno de los animales no domesticados que han logrado hacer de la coexistencia con el hombre todo un éxito, siendo común observarles en las cercanías de las viviendas de zonas rurales, y en los jardines y patios de grandes urbes como la ciudad de México. Asimismo, *S. g. microlepidotus*, es un habitante típico de los ecosistemas forestales de clima templado del centro de la República que puede llegar a encontrarse hasta altitudes francamente hostiles para organismos ectotérmicos, como serían aquellas localizadas en la parte oriental del Iztaccíhuatl, donde hemos llegado a observar poblaciones de esta subespecie a 4 400 msnm.

Para muchos investigadores extranjeros los lacertilios han sido objeto de numerosos estudios sobre aspectos de ecología poblacional, pudiéndose

citar principalmente los publicados por: Kennedy (1968), Jenssen (1970), Pianka (1970), Kay (1972), Pianka y Parker (1972), Tinkle y Ballinger (1972), Ballinger (1973, 1979), Henderson (1973), Jackson (1973), Parker (1973), Tinkle y Hadley (1973), Parker y Pianka (1975), Simon (1975), Vitt y Ohmart (1975), Derickson (1976), Rose (1976), Dunham (1978, 1982), Ferguson y Bohlen (1980), Stamps y Tanaka (1981), Vitt y Lacher (1981), Andrews (1982), Van Devender (1982), Wearman (1982) y Pounds y Jackson (1983); sin embargo, hasta la fecha no se conoce ningún trabajo de este tipo que haya sido realizado por especialistas mexicanos, y más aún, no existe ninguno que esté enfocado a analizar la ecología poblacional de una subespecie tan importante como lo es *S. g. microlepidotus*.

En el presente trabajo se analizan algunos de los principales parámetros ecológicos de una población de *S. g. microlepidotus* que habita en la vertiente oriental del volcán Iztaccíhuatl, zona que por su condición de campo experimental posee un bajo nivel de perturbación, y por sus características climatológicas y altitudinales, resulta por demás un sitio muy interesante para el estudio de este reptil.

METODOLOGIA

El estudio se realizó dentro del Campo Experimental Forestal "San Juan Tetla", municipio de Chiautzingo, Puebla, localizado en la vertiente oriental del volcán Iztaccíhuatl. Geográficamente se encuentra ubicado a 19° 10' de latitud norte y 98° 35' de longitud oeste. El clima es de tipo Cw (w) bgi, es decir templado subhúmedo, siendo la temperatura media anual de 8.4°C, y la precipitación media anual de 1 216 mm. Geológicamente el área presenta suelos arenosos, originados de rocas y cenizas volcánicas andesíticas (Hernández, 1976).

Específicamente la población de *S. g. microlepidotus* con la que se trabajó, se localiza en un lugar llamado "La Laguna", a 3 700 msnm, en el cual se encuentra una laguna de tipo estacional alimentada de lluvias y aguas de deshielo. El estrato arbóreo que ahí se encuentra está formado por masas puras de *Pinus harwegii* Lindl; y en el estrato arbustivo se encuentran *Festuca toluensis* H.B.K., *Stipaichu* (R. et P.) Kunth y *Lupinus elegans* L. (Boyas, 1978).

Por otro lado, la herpetofauna acompañante de esta población está formada por *Hyla plicata*, *Pseudoeurycea leprosa* y *Sceloporus aeneus bicanthalis* (Lemos y Amaya, 1985).

El área de estudio fue muestreada con una periodicidad mensual desde noviembre 1984 hasta octubre 1985, en cada muestreo se capturaron, marcaron y liberaron algunos individuos, tomándoles a cada uno de ellos datos morfométricos tales como longitud hocico-cloaca (LHC) y longitud total (LT). Después del primer muestreo se empezaron a recapturar organismos que volvían a ser medidos para establecer la tasa de incremento corporal que presenta la población, basándose en los criterios de Von Bertalanffy (1957). Asimismo se procedió a determinar el sexo de cada animal capturado, con la finalidad de conocer la proporción de sexos que guarda la población.

Los especímenes capturados fueron marcados por medio de ectomización de falanges, haciendo unas modificaciones a la clave propuesta por Medica *et al* (1971) (en Ferner, 1979). La ectomización consiste en el corte de algunos de los dedos de los animales capturados; cada dedo mutilado está representando un número determinado, y la combinación de varios dedos cortados nos da un número específico (fig. 1), de tal manera que con esta clave modificada, se pueden marcar hasta 9 999 individuos sin tener que cortar más de dos dedos de cada mano, y nunca dos dedos que estén juntos, ya que esto disminuiría su posibilidad de sobrevivir.

Las capturas se realizaron dividiendo el lugar en siete cuadrantes de aproximadamente 50 m² cada uno (fig. 2), de tal forma que los organismos capturados en un cuadrante específico eran puestos en libertad en el mismo lugar donde fueron capturados. Lo anterior debido a que *S. g. microlepidotus* presenta hábitos territoriales, por lo cual, la sobrevivencia de un organismo que es liberado en una zona en la que no fue capturado disminuiría, afectando directamente el desarrollo del método.

Durante cada muestreo se tomaron los datos de precipitación y temperatura que se presentaron en la zona durante el año de estudio, para realizar una comparación de las condiciones ambientales con los tamaños poblacionales obtenidos en cada muestreo.

Los datos obtenidos durante los 12 muestreos fueron procesados por el método de Fisher y Ford (1947), realizándose las estimaciones de éste, en base a varias ocasiones de marcaje y varias de recaptura. Dicho método actúa asumiendo que en la población existe una tasa de sobrevivencia (ϕ) cons-

VISTA DORSAL

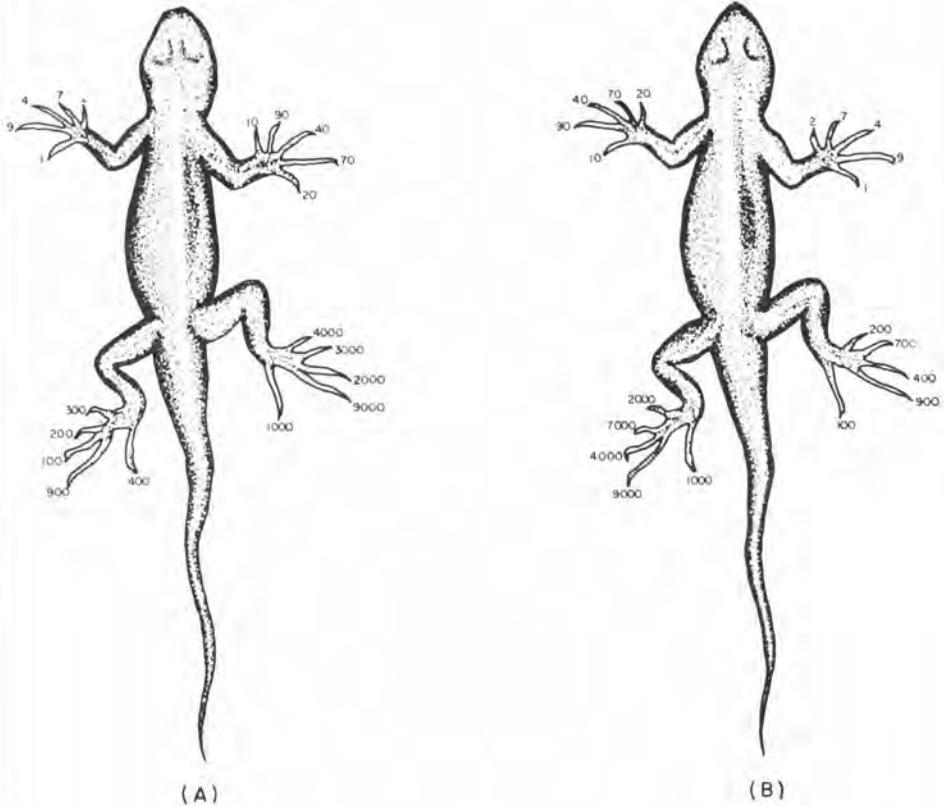
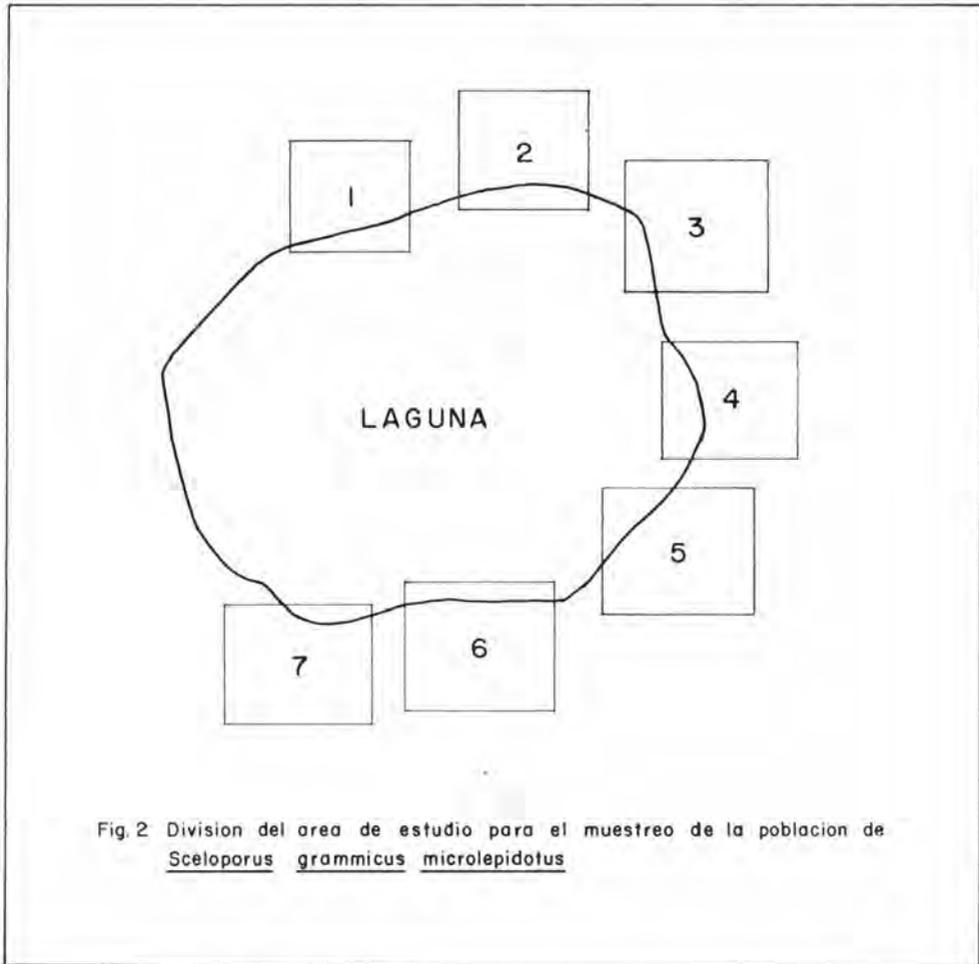


Figura 1 Modificación a la clave establecida por Médica, *et al* (1971) (citado en Ferné 1979)

(A) Clave original

(B) Clave modificada

La secuencia en el corte de los dedos da un número específico v.q. Para marcar al organismo número 134, se cortarían el número 100, 20, 10 y 4.



tante, a partir de la cual se obtienen los valores de los diferentes parámetros poblacionales a evaluar, mediante las siguientes ecuaciones:

$$\bar{N}_i = \frac{n_i + 1}{m_i + 1} \bar{M}_i$$

- Donde: \bar{N}_i = Tamaño poblacional al día i .
 n_i = Tamaño de la colecta al día i .
 \bar{M}_i = Número de marcas en la población al día i .
 m_i = Número de recapturas al día i .

Las ganancias:

$$B_i = \bar{N}_i + 1 - \phi \bar{N}_i$$

Y el cálculo de las pérdidas:

$$\bar{L}_i = (1 - \phi) \bar{N}_i$$

Ya habiendo calculado los parámetros anteriores se procedió a evaluar la tasa de incremento poblacional (r), la tasa de mortandad (d) y la tasa de natalidad (b), todas estas en base a los criterios de Caughley (1978). Debido a que el número de días transcurridos entre cada muestreo no era constante, las tasas anteriores fueron calculadas por día, para darle una mayor confiabilidad a los resultados obtenidos.

A partir de un análisis de regresión del log. de la frecuencia de individuos agrupados en cada intervalo de edad (de la colecta total realizada a lo largo de todo el estudio), se estimaron las frecuencias esperadas correspondientes, con las cuales se realizó la construcción de la tabla de vida (Caughley, op. cit.). Debido a que se trabajó con organismos a los que difícilmente se les puede determinar la edad, se tomó la talla (LHC) como un indicador de esta.

Para estructurar a la población se procedió a dividirla en tres categorías: crías (LHC = 20-29 mm), juveniles (LHC = 30-39 mm) y adultos (LHC = 40 mm en adelante), cuyas tallas fueron dadas arbitrariamente, debido a que en el estudio no se realizó un análisis reproductivo que indique cuando empieza el desarrollo gonadal y cuando la madurez sexual. Sin embargo, con la división anterior se pueden ver claramente las proporciones de los individuos que ubicados en una categoría pasan a otra, así como la proporción de pérdidas que ocurren de categoría a categoría.

RESULTADOS

En la figura 3, está representada la tabulación de los datos correspondientes a los individuos que fueron colectados, marcados y recapturados en cada uno de los muestreos, pudiéndose observar que el tamaño de la colecta varía dependiendo de las condiciones ambientales predominantes en los días en que se realizaron los muestreos; así por ejemplo, vemos que el mayor

número de individuos colectados se registró en julio, mes en que la temperatura y precipitación fueron muy favorables; en cambio, en septiembre se observa una marcada disminución en el tamaño de la colecta, ya que las condiciones ambientales que imperaban el día del muestreo eran demasiado adversas para la población en cuestión, pues en esa ocasión hizo su aparición la niebla que permaneció durante casi todo el día.

i	n_i	r_i	N	m_{ij}											
				D	E	F	M	A	M	J	J	A	S		
N	-	68	-												
D	70	68	27												
E	58	58	5	11											
F	19	19	1	3	1										
M	35	35	4	3	2	1									
A	24	24	1	1	4	0	0								
M	30	30	4	1	1	0	0	1							
J	83	81	3	3	3	0	4	2	3						
J	115	112	0	6	3	0	0	0	3	22					
A	27	27	1	0	0	1	0	1	2	2	4				
S	7	7	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1			
O	80	80	0	1	0	0	1	0	1	3	12	1	0		

Fig. 3 Tabulación de los datos obtenidos por marcaje y recaptura de acuerdo al método de Fisher y Ford (1947)

A partir de los datos anteriores, fue posible realizar la estimación de algunos parámetros poblacionales, los cuales quedan agrupados en el cuadro 1. De acuerdo a este cuadro, se puede ver que los tamaños poblacionales (\bar{N}_i) más altos ocurren en el periodo comprendido entre mayo y octubre. Asimismo, el mayor número de ganancias (\bar{B}_i) queda establecido en el mes de septiembre, lo cual se debe principalmente a los individuos que salen de sus refugios, haciéndose más evidentes; esta aseveración se basa en el hecho de que en el mes de septiembre el número de organismos juveniles colectados es muy bajo, no siendo así en los meses de junio y julio, cuando el número de crías colectadas fue el más alto, pudiéndose asegurar que las ganancias ocurridas durante estos dos últimos meses, se deben precisamente a los individuos jóvenes que se agregan a la población. En lo que se refiere a las pérdidas (\bar{L}_i), se observa que el mayor número de éstas ocurre justá-

MES	N_i	r_i	m	$\sum m_{ij} (i-j)$	$\emptyset \rightarrow TDS$	M_i	A_i	$A_i m_i$	\bar{N}_i	\bar{B}_i	\bar{L}_i
N	-	68	-	-	0.7 \rightarrow 371.097	-	-	-	-	135	-
D	70	68	27	27	0.75 \rightarrow 401.627	53.20	1	27	135	224	29
E	58	58	16	21	0.8 \rightarrow 434.611	94.82	1.438	23.022	329	141	72
F	19	19	5	10		119.57	1.892	9.464	399	43	87
M	35	35	10	30		108.42	2.633	26.333	355	123	77
A	24	24	6	21		112.21	2.990	17.943	401	99	87
M	30	30	7	34		106.57	3.463	24.245	413	149	90
J	83	81	18	73		106.85	3.702	66.650	472	118	103
J	115	112	34	88	Por interpolación	146.97	3.106	105.610	487	92	106
A	27	27	11	33	$\emptyset = .7824$	202.62	2.762	30.390	473	-11	103
S	7	7	3	14		179.65	3.438	10.314	359	310	78
O	80	80	19	72		146.04	4.309	81.870	591	-	129
				<u>72</u>				<u>81.870</u>			
				$t_{ds} = 423$				$TDS=422.8$			

$$423 \approx 422.8$$

$$t_{ds} = TDS$$

Cuadro 1. Obtención de los parámetros poblacionales de Sc. g. microlepidotus por el método de Fisher y Ford (1947)

mente cuando el tamaño poblacional es mayor y viceversa, lo cual resulta lógico, ya que mientras más son los individuos que componen una población, mayor es el número de los individuos susceptibles de perderse.

Por otro lado, al comparar en la figura 4 las fluctuaciones que sufren los valores de tamaño poblacional con respecto al cociente de precipitación sobre temperatura (P/T), se observa que existe una relación muy interesante, ya que se establece una correspondencia directa entre ellos; así por ejemplo, en los meses en que las condiciones ambientales son adversas, los tamaños poblacionales correspondientes toman sus valores más bajos, y mientras los valores de P/T ascienden, los de tamaño poblacional lo hacen de forma recíproca.

Con los datos de tamaño poblacional recabados anteriormente, se efectuó el cálculo de la tasa de incremento poblacional (r), cuyo valor diario fue de 0.0027; de igual manera, a partir del conocimiento de las recapturas obtenidas en cada muestreo, se calculó la tasa diaria de mortandad (d) encontrándose para ella un valor de 0.0020, y posteriormente con los valores de r y d , fue posible inferir la tasa diaria de natalidad (b), con un valor de 0.0047 (figs. 5 y 6).

Los valores mensuales para r , b y d , fueron 0.0837, 0.1457 y 0.0628 respectivamente.

En lo que respecta a la tabla de vida (cuadro 2), se puede observar que el índice de sobrevivencia a la edad x (l_x) y el índice de mortalidad a la edad x (d_x), disminuyen proporcionalmente en cada intervalo de edad, debido a que la frecuencia de los organismos sobrevivientes para cada uno de ellos (N_x), lo hace también en una forma proporcional. Lo anterior provoca que los valores de la probabilidad de morir entre dos edades sucesivas (q_x), y la probabilidad de sobrevivir entre dos edades sucesivas (ϕ), permanezcan casi constantes en cada intervalo de edad. Asimismo, el promedio de la probabilidad de sobrevivir entre dos edades sucesivas (L_x), el tiempo que queda por sobrevivir a los individuos en cada intervalo de edad (T_x), y la esperanza real de vida para cada individuo de edad x (e_x), disminuyen en una forma gradual.

En cuanto a la curva de supervivencia (fig. 7), se observa de igual manera que hay un porcentaje casi constante de individuos que mueren en la población en cada intervalo de edad, presentándose ligeramente una mayor proporción entre las clases 29.5 y 45.5.

MES	\bar{N}_i	P/T
DICIEMBRE	134.908	1
ENERO	329.113	1.842
FEBRERO	398.58	2.5
MARZO	354.829	1.084
ABRIL	400.756	3.111
MAYO	412.967	3.274
JUNIO	472.407	18.333
JULIO	487.124	16.585
AGOSTO	472.782	15.361
SEPTIEMBRE	359.316	22.568
OCTUBRE	591.465	4.824

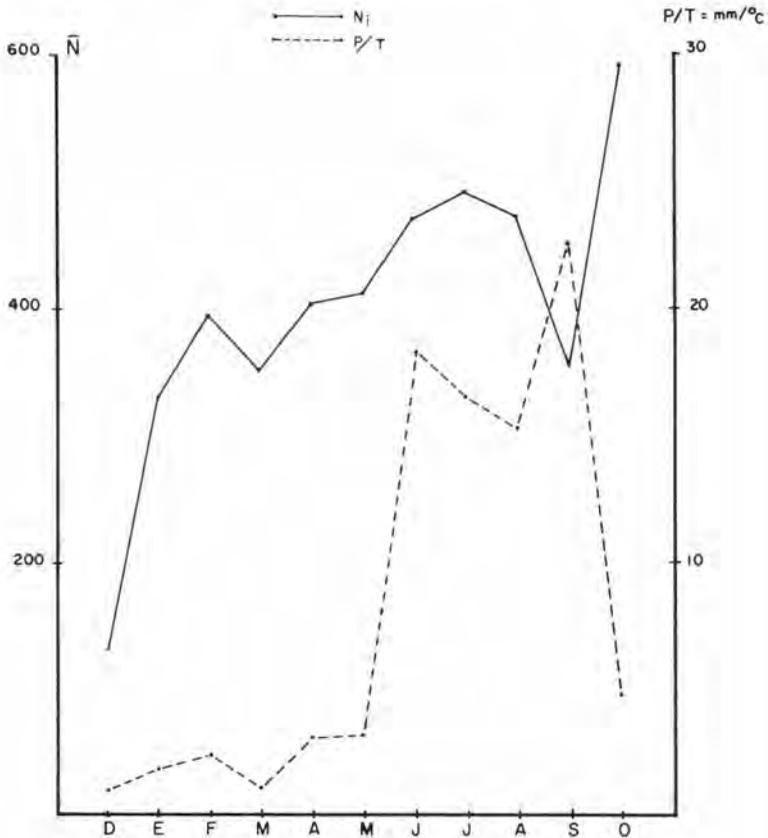
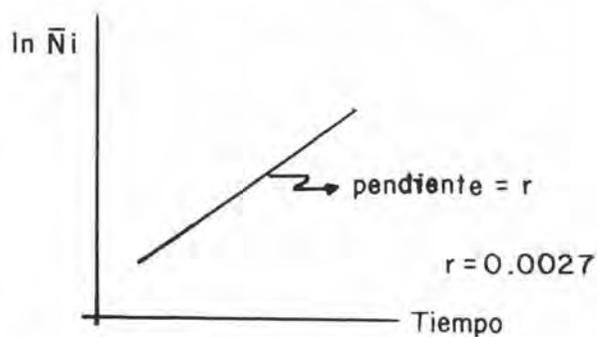


Fig. 4 Fluctuaciones del tamaño poblacional de *Sc. g. microlepidotus* con respecto al cociente de P/T de Diciembre de 1984 a Octubre de 1985.

DIAS	\bar{N}_i	$\ln \bar{N}_i$
0	—	—
20	135	4.9052
49	329	5.7960
89	399	5.9889
119	355	5.8721
147	401	5.9939
175	413	6.0234
210	472	6.1569
233	487	6.1882
266	473	6.1590
301	359	5.8835
320	591	6.3881



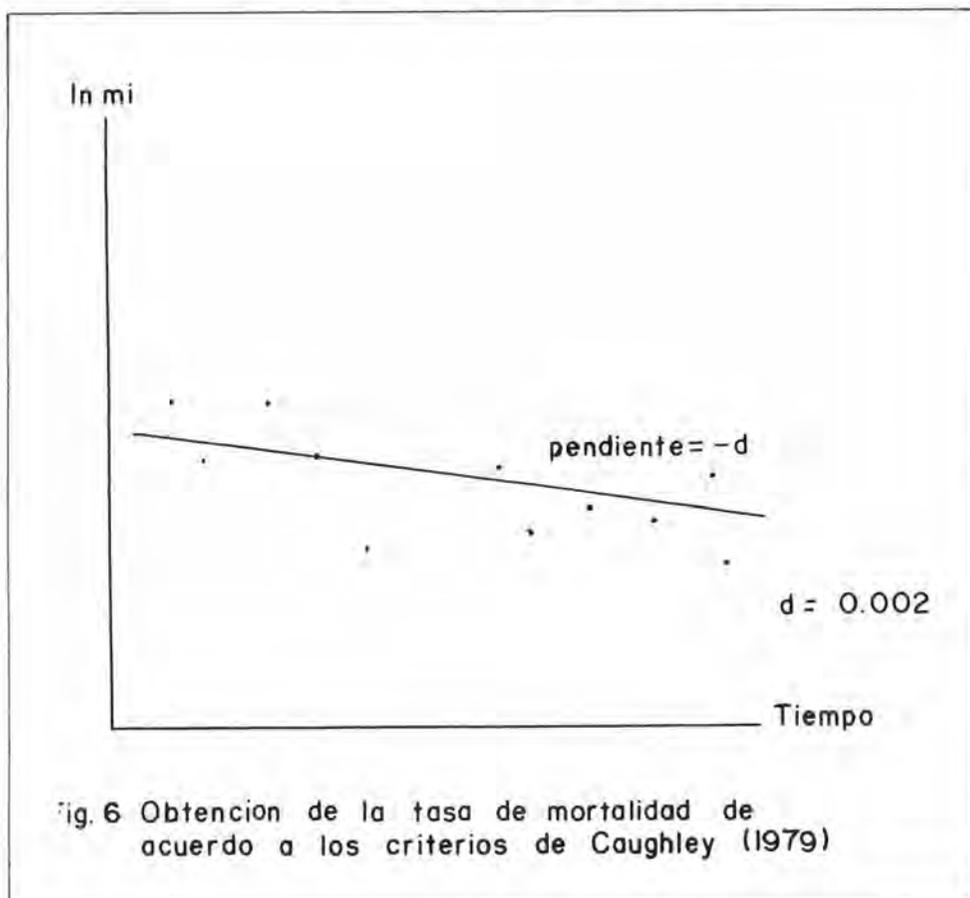
$$r = b - d$$

$$b = r + d, \text{ donde } d = 0.0020$$

$$b = 0.0027 + 0.0020 = 0.0047$$

	Diaria	Mensual
Tasa de incremento	$r = 0.0027$	0.0837
Tasa de natalidad	$b = 0.0047$	0.1457
Tasa de mortalidad	$d = 0.0020$	0.0628

Fig. 5. Estimación de la tasa de incremento y natalidad de acuerdo a los criterios de Caughley (1979).



En la figura 8 se muestra el cálculo de la tasa de incremento corporal de acuerdo a los criterios de Von Bertalanffy (1957), en ella se puede ver que este valor es mayor en los machos (30.66 mm por año) que en hembras (24.45 mm por año).

La figura 9 representa la estructuración de la población, dividida en tres grupos; observándose una relación muy lógica entre éstos, ya que a medida que transcurre el tiempo, el número de crías va disminuyendo, aumentando paulatinamente el de organismos juveniles, y éstos al disminuir, hacen que el número de adultos de la población se incrementé de forma recíproca.

Por último, de la colecta total obtenida en el presente trabajo se determinaron los siguientes porcentajes de sexos: 47% para machos y 53% para hembras, pudiéndose tomar ésta como una proporción 1 : 1.

x	\bar{N}_x	l_x	d_x	q_x	ϕ_x	L_x	T_x	e_x
20-23	102	1	0.167	0.167	0.833	0.917	4.417	4.417
24-27	85	0.833	0.137	0.164	0.836	0.765	3.500	4.202
28-31	71	0.696	0.118	0.170	0.830	0.637	2.735	3.930
32-35	59	0.578	0.098	0.170	0.830	0.529	2.098	3.630
36-39	49	0.480	0.078	0.163	0.837	0.441	1.569	3.267
40-43	41	0.402	0.069	0.172	0.828	0.368	1.128	2.806
44-47	34	0.333	0.058	0.174	0.826	0.304	0.760	2.282
48-51	28	0.275	0.050	0.182	0.818	0.250	0.456	1.658
52-55	23	0.225	0.039	0.173	0.827	0.206	0.206	1.156
56-59	19	0.186						

Cuadro 2. Tabla de vida de Sceloporus grammicus microlepidotus, de acuerdo a Caughley (1978)

DISCUSION

De los resultados obtenidos en el presente trabajo se pueden observar varios puntos interesantes, que serán analizados a continuación.

Los tamaños poblacionales obtenidos (\bar{N}_i) tienen un ligero desfazamiento con respecto a los valores del cociente P/T, esto es: cuando el valor de P/T es alto, el valor de \bar{N}_i correspondiente lo es también hasta el muestreo siguiente; esto se debe a que no es posible que se active la presencia de individuos de la población en el instante en que ocurren algunas condiciones favorables para el desarrollo de ésta, sino que al presentarse dichas condiciones, se activa primero la presencia del recurso alimento, que en este caso son principalmente los insectos, posteriormente, la abundancia de éstos provoca la aparición de los organismos que se alimentan de ellos, entre otros, la pobla-

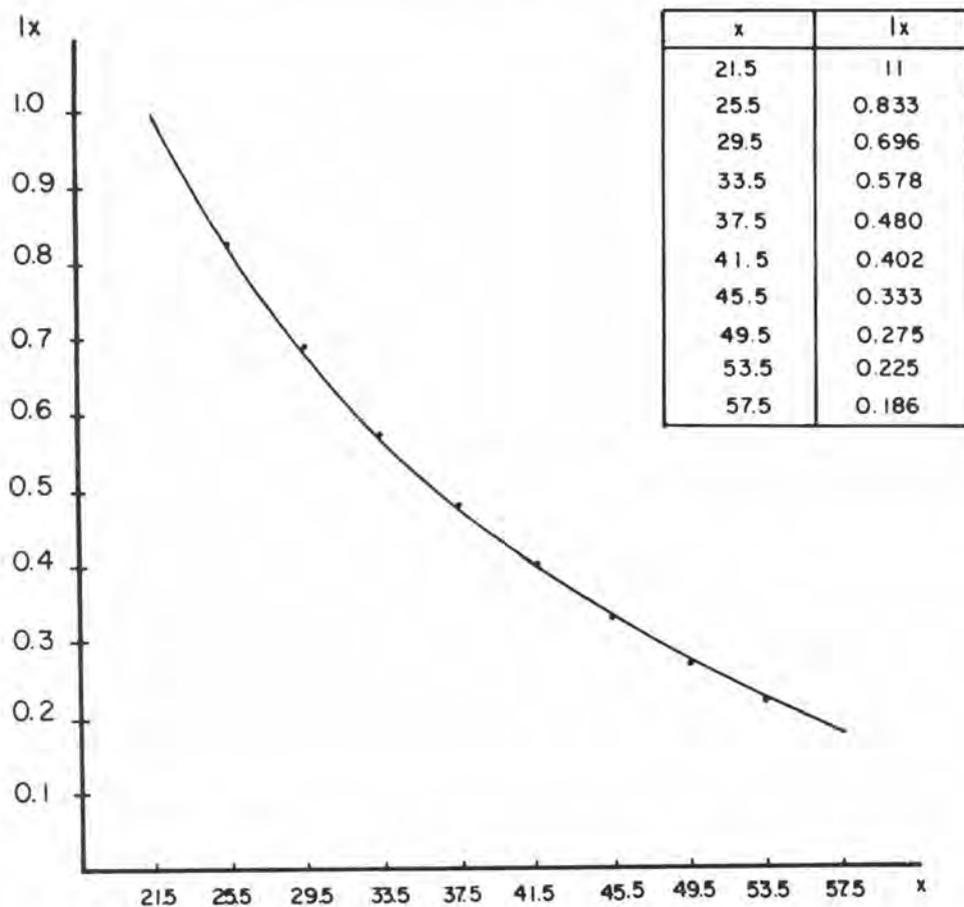


Fig. 7. Curva de Supervivencia de la población estudiada de Sceloporus grammicus microlepidotus.

ción que nos concierne, por lo cual esta misma relación se presenta en los valores calculados del número de ganancias (\bar{B}_i). En el caso del valor de \bar{B}_i correspondiente al mes de agosto (-11), de acuerdo con Begon (1979), carece de una interpretación biológica por lo cual debe ser tomado como cero. Por otro lado, los valores altos encontrados para la variable \bar{B}_i en los meses de junio y julio se deben principalmente a los organismos que están naciendo en esta época, y los valores altos encontrados durante otros meses corresponden

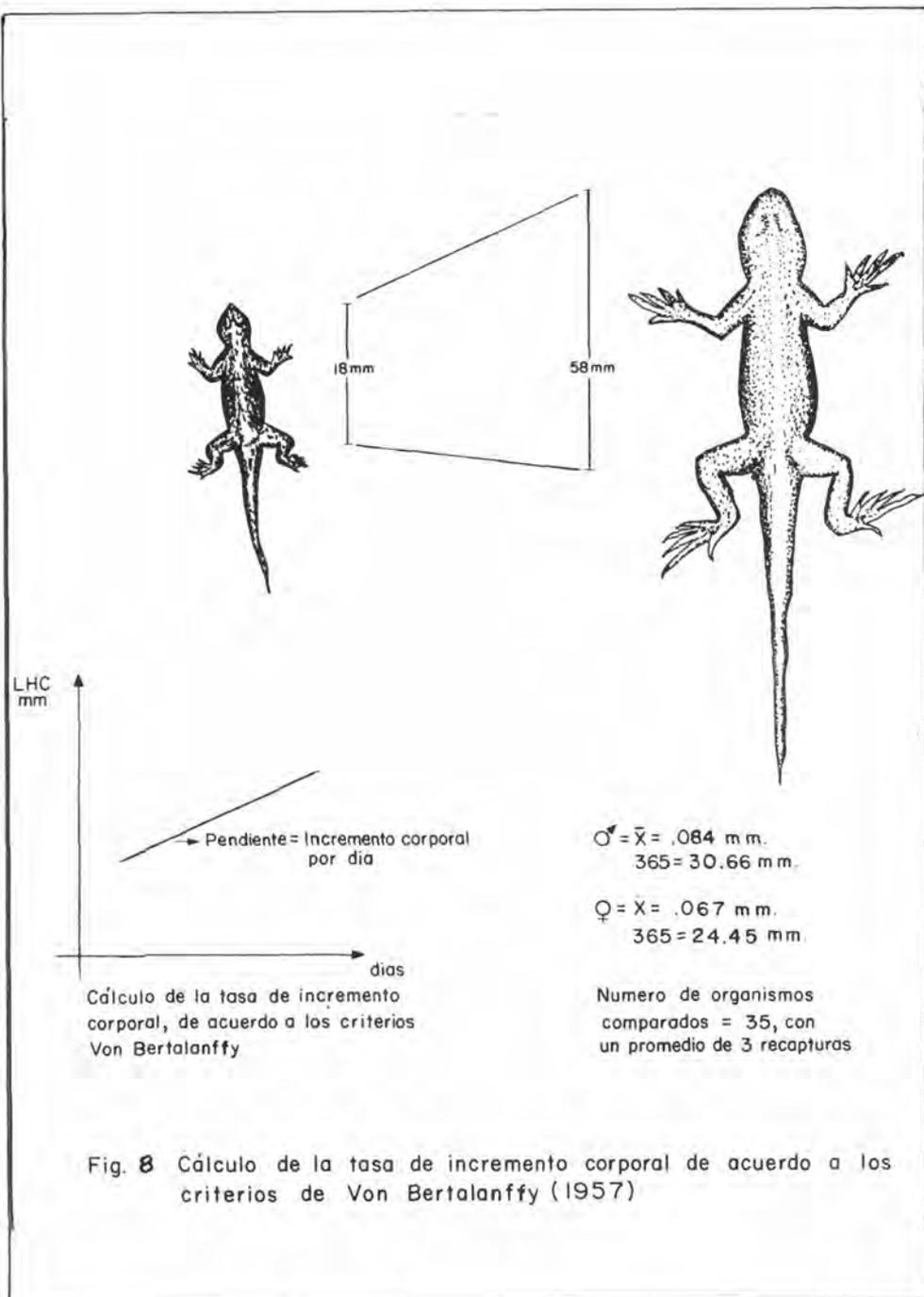


Fig. 8 Cálculo de la tasa de incremento corporal de acuerdo a los criterios de Von Bertalanffy (1957)

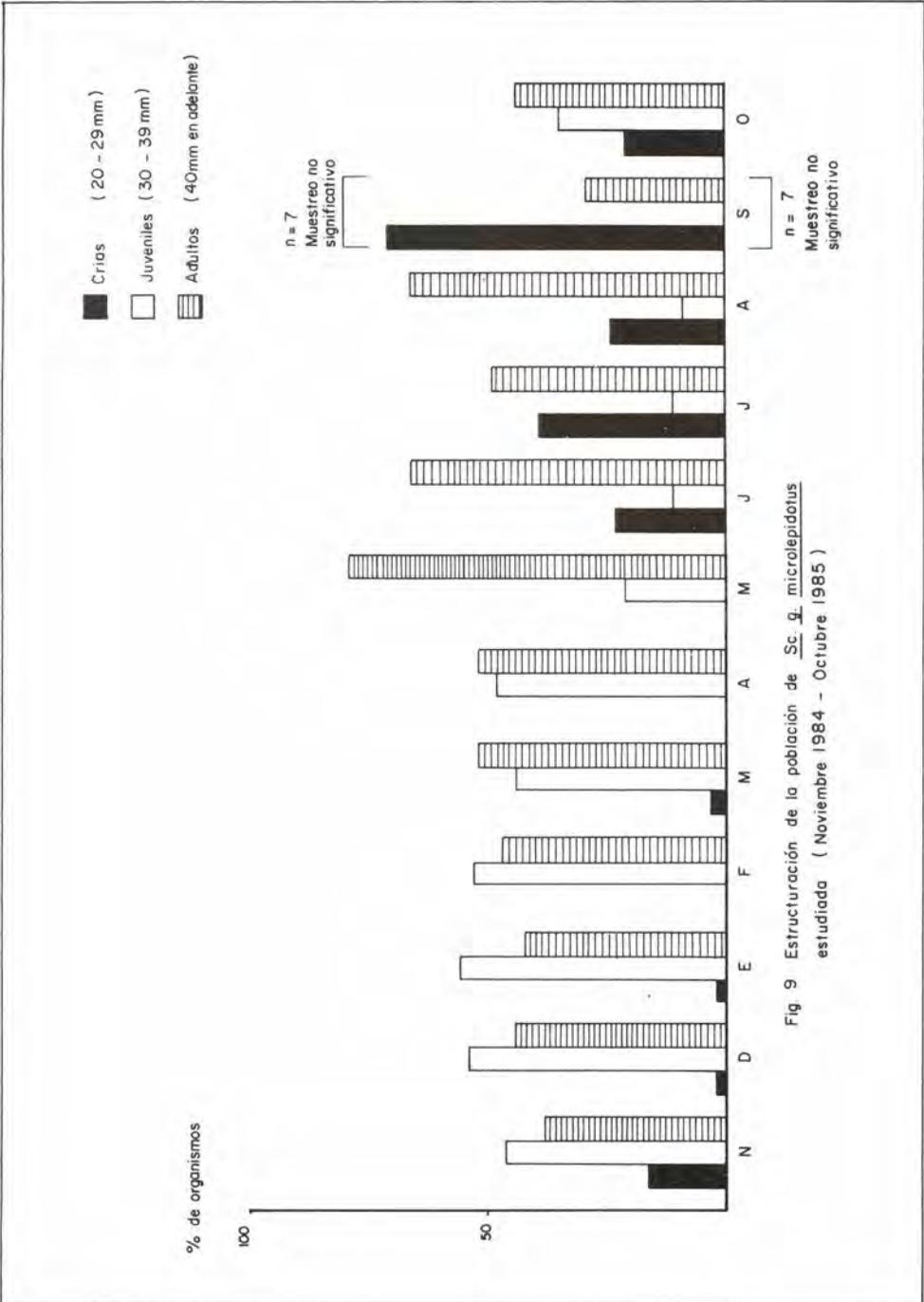


Fig 9 Estructuración de la población de *Sc. g. microlepidotus* estudiada (Noviembre 1984 - Octubre 1985)

en su mayoría a los individuos que salen de sus refugios haciéndose evidentes; la aseveración anterior, se hizo en base a que durante el muestreo se observó que la época en que aparecen las crías queda comprendida precisamente en los meses de junio y julio.

Con respecto a los valores del número de individuos que se pierden (\bar{L}_i), se puede ver que estos son altos cuando \bar{N}_i es alta también, probablemente esto se debe a que cuando es mayor el número de individuos que hay en la población, es más factible la pérdida de un mayor número de ellos y viceversa. Así el valor encontrado para octubre (129), se puede atribuir a que en este mes se presentó un descenso bastante brusco del cociente P/T en relación con el mes de septiembre, lo cual podría estar provocando que un gran número de organismos muera y/o se refugie, haciendo imposible su observación.

Los valores de las tasas de incremento poblacional (r), de mortandad (d) y de natalidad (b) nos indican que la población estudiada está en crecimiento, ya que se encontró una tasa de natalidad ($b = 0.1457$ por mes) mayor que la de mortandad ($d = 0.0628$ por mes), por lo tanto la tasa de incremento poblacional ($r = 0.0837$ por mes) adquiere un valor que nos demuestra lo dicho anteriormente. Muy probablemente esta característica se debe a que la población que nos ocupa ocurre en una zona a la que puede considerarse casi totalmente imperturbada, y en la cual además ha logrado adaptarse bastante bien; a esto podemos agregar el bajo número de competidores potenciales que posee, pues en el trabajo de Lemos y Amaya (1985) realizado en la zona de estudio, se determinó la presencia de sólo tres poblaciones herpetológicas más en el área de "La Laguna", dos de las cuales: *S. a. bicanthalis* e *H. plicata*, ofrecen cierta competencia por el recurso alimenticio, aunque la primera lo hace más eficientemente, ya que además de ser un organismo insectívoro de hábitos diurnos que coexiste con la población evaluada, es también una población que ocupa algunos de los microhabitats que utiliza *S. g. microlepidotus*.

En cuanto a la tasa de incremento corporal de la población, se observa que ésta es mayor para los machos (30.66 mm por año) que para las hembras (24.45 mm por año), y asimismo que la longitud máxima que alcanza un macho (58 mm LHC) es mayor a la alcanzada por las hembras (54 mm LHC). Resultados parecidos encontró Van Devender (1978) en una población de *Basiliscus basiliscus*, en la cual se presenta una conducta agresiva en los machos debido a sus hábitos territoriales; siendo así, el macho crece más rápido y es más grande tanto para poder defender su territorio, como para competir

por las hembras. Aunque el presente trabajo no incluye observaciones profundas sobre la conducta de estos animales, podemos inferir que debido a que *S.g. microlepidotus* es una subespecie de hábitos territoriales, posiblemente los resultados obtenidos se deban a un fenómeno análogo al descrito por Van Devender (op. cit.).

Por otro lado, es interesante el hecho de que al comparar los ejemplares colectados en nuestro muestreo con los de una población de la misma subespecie que se distribuye a 2 100 msnm, se hayan encontrado individuos más grandes en esta última (machos de LHC = 70 mm y hembras de LHC = 65 mm), lo cual quizá se deba a una estrategia de adaptación al clima, similar a la descrita por Pianka (1981) quien establece que los lacertilios de zonas templadas o frías suelen presentar un tamaño menor a aquellos que viven en climas más cálidos, ya que de esta manera la relación superficie-volumen es mayor, ayudándoles a ganar calor más rápidamente. Sin embargo esta estrategia tiene la desventaja de que los organismos de menor tamaño están sujetos también a una acelerada pérdida de calor; una forma de contrarrestar este inconveniente, se da entre los individuos de la población que nos ocupa, cuando las temperaturas imperantes son sumamente bajas, en ellos se observa la tendencia a refugiarse en grupos compactos de individuos cuyos cuerpos permanecen en estrecho contacto, disminuyendo así su metabolismo y la relación superficie-volumen, y en consecuencia, evitando la pérdida excesiva de calor. Aunado a esta conducta los individuos de esta población presentan tonalidades comparativamente más oscuras que las de otras poblaciones que habitan en altitudes menores, y con esto la absorción de calor aumenta notoriamente.

En lo que se refiere a la estructuración de la población, se observa que ésta sigue una secuencia muy obvia, ya que si tomamos en cuenta que el número de individuos que mueren en los diferentes grupos de edad es casi constante (supervivencia tipo II), entonces lógicamente a medida que los individuos considerados como crías van creciendo, la proporción de este grupo disminuye y aumenta la de juveniles, e igualmente, conforme los individuos juveniles van creciendo, el grupo a que pertenecen disminuye su proporción aumentando la del grupo correspondiente a los adultos.

De la proporción de sexos encontrada para estos organismos, se puede decir que en este aspecto la población en cuestión se comporta normalmente, ya que como lo reporta Caughley (op. cit.), la generalidad de los vertebrados presentan una proporción de 1 : 1.

De acuerdo con el tipo de estrategia ecológica, Pianka (1970a) postula que no existe ninguna población cuya estrategia sea netamente del tipo r o K , sino que cada una ocupa un punto intermedio entre esos dos extremos. La población evaluada tiende a la adopción de una estrategia de tipo r , ya que la mayoría de sus rasgos pertenecen a ésta. Así vemos que características tales como vivir en un clima variable, tener un tamaño poblacional variable, y pertenecer a una comunidad no saturada y con vacíos ecológicos que provocan que la competencia interespecífica sea laxa; hacen que la población se asemeje a otra cuya estrategia ecológica hipotéticamente es r , en cambio, una supervivencia de tipo II y una nula necesidad de recolonizar su territorio, la acercan a una estrategia K .

En el presente trabajo se han dado a conocer los avances obtenidos hasta el momento, de un estudio integral sobre la ecología poblacional de *S. g. microlepidotus* que se está llevando a cabo en la vertiente oriental del volcán Iztaccíhuatl, el cual además de los aspectos aquí contemplados, incluye un análisis de la reproducción, dieta y ámbito hogareño de estos organismos, que viene a completar el trabajo en el área específica de "La Laguna". Asimismo, de forma colateral se está realizando un trabajo similar con otra población de la misma subespecie localizada a 4 300 msnm, altitud por demás interesante ya que ahí las condiciones ambientales alcanzan niveles críticos, de manera que esto último además de mostrarnos la dinámica poblacional de las lagartijas de estas altitudes, permitirá hacer analogías con respecto a las localizadas en "La Laguna".

Cabe mencionar que el estudio profundo de ciertas poblaciones faunísticas es muy importante no sólo desde el punto de vista teórico, sino principalmente porque nos permite ver la importancia ecológica de esas poblaciones, además de permitirnos determinar sus niveles de abundancia y vislumbrar así sus alcances a largo plazo si las condiciones actuales prevalecen. Esto último nos permitirá emprender a tiempo las acciones de control adecuadas cuando una población dada amenaza con convertirse en una plaga; o bien, tomar las medidas necesarias para proteger a aquellas poblaciones que se encuentran en peligro de extinción. Por lo anterior, este tipo de estudios deberían de convertirse en una práctica común en nuestro país, sobre todo para aquellas poblaciones que están sujetas a las presiones de la cacería, la comercialización o el impacto ambiental.

LITERATURA CITADA

- BALLINGER, R.E. 1973. Comparative demography of two viviparous lizards (*Sceloporus jarrovi* and *Sceloporus poinsetti*). *Ecology* 54 (2): 269-283.
- . 1979. Intraspecific variation in demography and life history of the lizard *Sceloporus jarrovi*, along altitudinal gradient in southeastern Arizona. *Ecology* 60 (5): 901-909.
- BEGON, M. 1979. Investigating animal abundance. Edward Arnold, Great Britain.
- BOYAS, D.J. 1978. Contribución al conocimiento de la flora fanerógama del Campo Experimental Forestal "San Juan Tetla", Pue. México. Tesis Profesional. Escuela de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma del Estado de Morelos, p. 300.
- CAUGHLEY, G. 1978. Analysis of vertebrate populations. John Wiley and Sons, USA.
- DERICKSON, W.K. 1976. Ecological and physiological aspects of reproductive strategies on two lizards. *Ecology* 57: 445-458.
- DUNHAM, A.E. 1978. Food availability as approximate factor in influencing individual growth rates in the iguanid lizard *Sceloporus merriami*. *Ecology* 59: 770-778.
- . 1982. Demographic and life history variation among populations of the iguanid lizard *Urosaurus ornatus*; implications for the study of life history phenomena in lizards. *Herpetol* 38 (1): 208-221.
- FERGUSON, G.V. and BOHLEN, C. 1978. Demographic analysis: A tool for the study of natural selection of behavioral traits. In: N. Greenberg and P. McLean Editors. Maryland, pp. 227-244.
- FERNER, J.W. 1979. A review of marking techniques for amphibians and reptiles. Society for the study of amphibians and reptiles. USA.
- FISHER, R.A. and FORD, E.B. 1947. The spread of a gene in natural conditions in a colony of moth *Panaxis dominula* L. *Heredity* 1. pp. 143-174.

- GUILLETE, L.J. and BEARCE, D.A. 1983. The reproductive and fat body cycles of the lizard *Sceloporus grammicus disparilis*. Trans. Kansas Acad. Sci. (in press).
- and CASAS, G. 1980. Fall reproductive activity in the high altitude mexican lizard, *Sceloporus grammicus microlepidotus*. Journal of Reptology 14 (2): 134-147.
- , 1981. Seasonal variation in fat body weight of the mexican high elevation lizard, *Sceloporus grammicus microlepidotus*. Journal of Herpetology 15 (3): 366-371.
- HALL, P.W. and SELANDER, R.K. 1973. Hybridation of karyotypically differentiated population in the *Sceloporus grammicus* complex (Iguanidae). Evolution 27: 226-242.
- HENDERSON, R. W. 1973. Ethoecological observations of *Ctenosaura similis* (Sauria: Iguanidae) in Brithis Honduras. Journal of Herpetology 7 (1): 27-33.
- HERNANDEZ, S.R. 1976. Campo Experimental Forestal "San Juan Tetla", Puebla. Ciencia Forestal 3. México.
- JACKSON, C.N. 1973. Notes on the population biology of *Anolis tropidonotus* in an Honduras highland pine forest. Journal of Herpetology 7 (3): 308-309.
- JENSSEN, T. A. 1970. The ethoecology of *Anolis nebulosus* (Sauria: Iguanidae). Journal of Herpetology 4: 1-38.
- KAY, F.R. 1972. Activity patterns of *Callisaurus draconoides* at Saratoga springs, Death Valley, California. Herpetologica 28 (1): 65-69.
- KENNEDY, J.P. 1968. Observations on the ecology and behavior of *Cnemidophorus guttatus* and *Cnemidophorus deppei* (Sauria: Teiidae) in southern Veracruz. Journal of Herpetology 2: 87-95.
- LARA, G.L. 1983. Two new species of lizard genus *Sceloporus* (Reptilia: Sauria: Iguanidae) from the Ajusco and Ocuilan Sierra, Mexico. Bull. Mar. Herpet. Sci. 19(1): 1-14.

- LEMONS, E.J. y AMAYA, E.J. 1985. Observaciones Generales sobre la Comunidad de Anfibios y Reptiles de la Vertiente Oriental del Volcán Iztaccíhuatl. *Ciencia Forestal* 57, México.
- ORTEGA, A. and BARBAULT, R. 1984. Reproductive cycles in the mezquite lizard *Sceloporus grammicus*. *Journal of Herpetology* 18 (2): 168-175.
- PARKER, W.S. 1973. Natural history notes on the iguanid lizard *Urosaurus ornatus*. *Journal of herpetology* 7: 21-216.
- and PIANKA, E.R. 1975. Comparative ecology of populations of the lizard *Uta stansburiana*. *Copeia*. 615-632.
- PIANKA, E.R. 1970. Comparative autoecology of the lizard *Cnemidophorus tigris* in different parts of its geographic range. *Ecology* 51: 703-720.
- . 1970a. On r and K selection. *American Naturalists*. 104: 592-597.
- . 1981. *Ecología Evolutiva*. Edit. Omega. Barcelona.
- and Parker, W.S. 1972. Ecology of the iguanid lizard *Callisaurus draconoides*. *Copeia*. pp. 494-508.
- POUNDS, J.A. and JACKSON, J.F. 1983. Utilization of perch sites by sex and size classes of *Sceloporus u. undulatus*. *Journal of Herpetology* 17 (3): 287-289.
- ROSE, B.R. 1976. Habitat and prey selection of *Sceloporus occidentalis* and *Sceloporus graciosus*. *Ecology* 57: 531-541.
- SIMON, C. 1975. The influence of food abundance on territory size in the iguanid lizard *Sceloporus jarrovi*. *Ecology* 56: 993-998.
- SITES, J.W. 1982. Morphological variation within and among three chromosome races of *Sceloporus grammicus* (Sauria: Iguanidae) in the north central part of its range. *Copeia*. pp. 920-941.

-
- and DIXON, J.R. 1981. A new subspecies of the iguanid lizard *Sceloporus grammicus*, from north the eastern Mexico, with coment on it evolutionary implications and the status of *Sceloporus grammicus disparillis*. Journal of Herpetology 15(1): 56-69.
- and GREENBAUM, I.F. 1983. Cromosome evolution in the iguanidae lizard *Sceloporus grammicus*. Evolution 37 (1): 54-65.
- SMITH, H.M. 1939. The Mexican and Central American lizard the genus *Sceloporus*; Field. Mus. Nat. Hist. Zoo. Ser. 26.
- 1940. Las provincias bióticas de México, según la distribución geográfica de las lagartijas del género *Sceloporus*. Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas II (1): 103-110.
- and LAUFE, L.E. 1945. Mexican amphibian and reptiles in the Texas cooperative wildlife collections. Trans. Kansas Acad. Sci. 48: 325-354.
- TINKLE, D.W. and BALLINGER, R.E. 1972. *Sceloporus undulatus*: a study of the intraespecific comparative demography of a lizard. Ecology 53 (4): 570-584.
- and HADLEY, N.F. 1973. Reproductive effort and winter activity in the viviparous montane lizard *Sceloporus jarrovi*. Copeia. pp. 272-277.
- VAN DEVENDER, R.W. 1978. Growth ecology of a tropical lizard, *Basiliscus*. Ecology 59(5): 1031-1038.
- 1982. Comparative demography of the lizard *Basiliscus basiliscus*. Herpetologica 38(1): 189-208.
- VITT, L.J. and OHMART, R.D. 1975. Ecology, reproduction and reproductive effort of the iguanid lizard *Urosaurus graciosus* on the lower Colorado River. Herpetologica 31: 56-65.
- VON BERTALANFFY, L. 1957. Quantitative laws in metabolism and growth. Quarterly Review of Biology 32: 217-231.
- WERMAN, S.D. 1982. Notes on the ecology of the chukwalla *Sauromalus obesus* near Baker, California. Journal of Herpetology 16 (4): 417-418.

OBSERVACIONES SOBRE LA COTORRA SERRANA
(*Rynchopsitta pachyrhyncha*) EN LA MESETA TARASCA,
MICHOCAN

* Miguel A. SALAS PAEZ

**Constantino ORDUÑA TREJO



*Biól. Investigador de la Sección de Fauna Silvestre del Centro de Investigaciones Forestales de Occidente (CIFO), INIFAP. SARH.

**Biól. Responsable de la Sección de Fauna Silvestre del Centro de Investigaciones Forestales de Occidente (CIFO), INIFAP. SARH.

RESUMEN

Rynchopsitta pachyrhyncha Swainson ave considerada rara y/o en peligro de extinción, ha sido reportada en Michoacán solamente por tres autores: Blake y Hanson en 1942, y Burt en 1961.

Esta especie se detectó al realizar un estudio sobre aves y mamíferos en la Meseta Tarasca, Michoacán, encontrándose además que se alimenta de las semillas de *Pinus leiophylla*, *P. lawsonii*, *P. pseudostrobus* y *Quercus crassipes*.

INTRODUCCION

Rynchopsitta pachyrhyncha Swainson es una de las aves que habitan solamente en México (Blake, 1972; Peterson y Chalif, 1973). Aparece en el Red Data Book desde 1967, como lo mencionan Schnell *et al* (1974). Esta especie en cautiverio es rara y es objeto de una mínima persecución por parte del hombre; pero las prácticas forestales sin una medida adecuada para preservar los ecosistemas, han impactado más a esta población. Según Blake (*op. cit.*), su distribución abarca los estados de Chihuahua, Durango, Sonora, Jalisco y Michoacán y son especialmente característicos de los bosques de pino (fig. 1).



Fig. 1. Cerro Basilio, bosque de pino-encino.

Es conocida en Cherán, La Mojonera, Quinceo y Arantepacua con el nombre de "chachalaca" pero en los demás pueblos la conocen mejor con su nombre tarasco kakátz. Pablo Velázquez (1978) en su diccionario de la lengua Phorhepecha, consigna la palabra kakátz petú como "variedad de guacamaya". Esto viene a comprobar que la cotorra no es un visitante casual de la zona.

El estudio actual resultó de una serie de observaciones en la Meseta Tarasca, que se encuentra ubicada en la parte centronoroeste del estado de Michoacán y está comprendida entre los 19°10' y 20°00' de latitud norte y los 101°30' de longitud oeste.

ANTECEDENTES

Los primeros autores en comunicar la existencia de *R. pachyrhyncha*, en Michoacán, fueron Bertgold (1906), Blake y Hanson (1942), los cuales dieron a conocer los hábitos de esta especie así como también su distribución, lo que dio auge para que se extendiera el conocimiento de la misma. Burt (1961) la observó en 1945 y 1947, cerca de la zona donde la encontraron Blake y Hanson, además de que en otra ocasión la registró en la zona del volcán Parícutín. Estos son al parecer los únicos reportes existentes para el estado de Michoacán sobre la especie. Las comunicaciones científicas más recientes sobre este particular son las siguientes: Schnell *et al* (1974) en Jalisco, y Plimpton (1977) en Chihuahua.

METODOLOGIA

Se realizaron transectos una vez que se detectó a los grupos por el ruido que hacían al alimentarse y al recogerse los conos consumidos para su posterior identificación. Además se realizaron encuestas con los lugareños en las localidades donde se observó, enfatizando los siguientes puntos: alimento, ruta, frecuencia de aparición, tiempo de estancia en la zona, hábitos, comercialización, principalmente.

RESULTADOS

La primera vez que se observó a la "cotorra serrana" fue el 14 de febrero en el cerro Basilio, 2 km al suroeste de Cherán, detectándose por el ruido que hacían al alimentarse en una masa de *Pinus leiophylla*, a unos 300 m del lugar donde nos encontrábamos.

Al revisar la zona ya no se encontraban las aves y sólo se colectaron los conos de los que se habían alimentado. Estos estaban en la fase fenológica Fr₂, que es el pleno desarrollo de fructificación; en este periodo el cono presenta estructuras poco leñosas y un alto contenido de humedad (Bello, 1983). Además, es en esta fase cuando las ardillas consumen la semilla de los pinos, pero su manera de extraerla es diferente con respecto al de la cotorra ya que ésta lo hace desgarrando las escamas y sacando la semilla mientras que las ardillas roen toda la escama y sólo dejan el axis del cono; ambas empiezan su acción de la parte basal hacia la apical (fig. 2).



Fig. 2. Conos aprovechados por la cotorra (izquierda) y por ardilla (derecha).

El 15 de febrero se observó en el mismo lugar una parvada de alrededor de 60 individuos, que se desplazaban en un semicírculo de aproximadamente 1 km y se detenían siempre en las masas de *P. leiophylla*; a este grupo se le pudo estudiar muy de cerca comprobándose lo que dice Bertgold (*op. cit.*) en el sentido de que no son aves que se espanten fácilmente.

Por otra parte, se analizaron dos ejemplares en cautiverio procedentes de diferentes localidades; encontramos algunas diferencias significativas: el color de un ejemplar era más vivo tanto en el cuerpo como en la mancha roja de la

frente que además es un poco más extensa, lo mismo que la mancha amarilla debajo de las alas (figs. 3 y 4). Estas características tal vez estén en relación con lo mencionado por Hardy y Dickerman (1955), en el sentido de que *R. terrisi* es una raza de *R. pachyrhyncha*.



Fig. 3. Ejemplar capturado en cerro Viejo.



Fig. 4. Ejemplar en cautiverio.

El 27 de febrero, entre el cerro Jabalí y el cerro Pitorreal, a 1.5 km al noroeste de la Mojonera, se encontró un grupo de entre 250 y 300 cotorras que comían semillas de *P. leiophylla*, pero también lo hacían del fruto de *Quercus crassipes* aunque en menor grado. Estas no permitían acercarse mucho, como lo hacían las del cerro Basilio. Al volar no lo hacían en parejas como indica Bertgold (*op. cit.*) sino más bien lo hacían por grupos, formando uno solo al estar ya todas en el aire (figs. 5 y 6). A esta parvada se le localizó por el ruido que hacía, el cual se escuchaba desde unos 600 m de distancia; Peterson y Chalif (*op. cit.*) dicen que su voz es audible a más de una milla (1.6094 km).

Del 12 al 16 de marzo se advirtieron estas aves todos los días, entre las 10 y las 11 AM, en la zona denominada Zirimícuaro, que se encuentra a 13 km al este de Uruapan; aparecían por encima del cerro Colorado que tiene una altitud de 2 100 msnm, cruzando del norte hacia el oeste; solamente el día 15 se observó una parvada pasar en la tarde en la misma dirección. No se tuvo forma de corroborar si era la misma.

La última ocasión en que se observaron fue el 28 de marzo, a unos 2 km antes de Zacán. Empezaron a ascender de pronto, aprovechando una corriente de aire, a la manera como lo hacen las aves de presa, desapareciendo rápidamente mediante un vuelo vigoroso rumbo al volcán Parícutín.

En algunos transectos que se realizaron en busca de la cotorra, se encontraron solamente rastros. En el cerro San Marcos, llegando por Arantepecua, se colectaron conos de *P. pseudostrobus* semicomidos, en la forma característica como lo hace ésta; a 2.5 km al suroeste de Angahuan, en un lugar del que no se verificó su nombre, se colectó una gran cantidad de conos de *P. lawsonii* que evidentemente fueron depredados por la cotorra, los cuales aún conservaban un poco de humedad; se supone que no hacían más de tres días de la estancia de las aves en la citada localidad.

Cabe mencionar que todas las observaciones se realizaron a más de 2 000 msnm, tanto las veces en que fueron vistas como cuando se encontraron sólo rastros. Las altitudes a las que fue observada la "cotorra serrana" se mencionan a continuación: en el cerro Basilio se captaron a 2 500 m; el 27 de febrero se detectaron a 2 650 m. El cerro Colorado, como ya se mencionó, tiene una altura de 2 100 m y la zona de Zacán, donde se vieron por última vez, está a 2 200 m. Con respecto a los lugares donde sólo se colectaron conos comidos por la cotorra, se encontró que en el cerro San Marcos la altitud era de 3 000 m y la zona cercana a Angahuan de 2 300 m.



Fig. 5. Grupo de cotorras comiendo en un pino, poco antes de emprender el vuelo.



Fig. 6. Parvada en vuelo cerca de la Mojonera, Mich.

CONCLUSIONES

Con respecto a la alimentación de estas aves, se pudo concluir que lo que consumen en mayor cantidad son las semillas de *P. leiophylla* y *P. lawsonii*, en este orden; aunque también se alimentan de *P. pseudostrobus* y *Quercus crassipes*, pero en menor escala. Algunos campesinos de Cherán dicen que consumen también el "cerezo" (*Prunus capuli*); esto mismo indican Blake y Hanson (*op. cit.*).

El hecho de que no vuelan en parejas y de que no permanecen mucho tiempo en el mismo sitio, nos hace pensar que no anidan en la zona y que sólo la utilizan como lugar de invernación, como lo suponen Schnell *et al* (*op. cit.*).

Con base en los registros antes citados y los testimonios de los campesinos de la zona se elaboró un mapa con posibles rutas de sus movimientos en la Meseta Tarasca (fig. 7).

Existe comercialización de esta ave. El precio al que la venden oscila entre 300 y 8 000 pesos, pero existen ejemplares a los cuales enseñan a hablar que pueden alcanzar un valor de hasta 80 000 pesos.

Se recomienda la realización de una investigación más profunda, que incluya todos los aspectos de su distribución, con la finalidad de caracterizar su habitat y obtener mayor información sobre sus hábitos, lugar de anidamiento y migraciones para poder establecer zonas de reserva tendientes a salvaguardar y conservar esta ave.

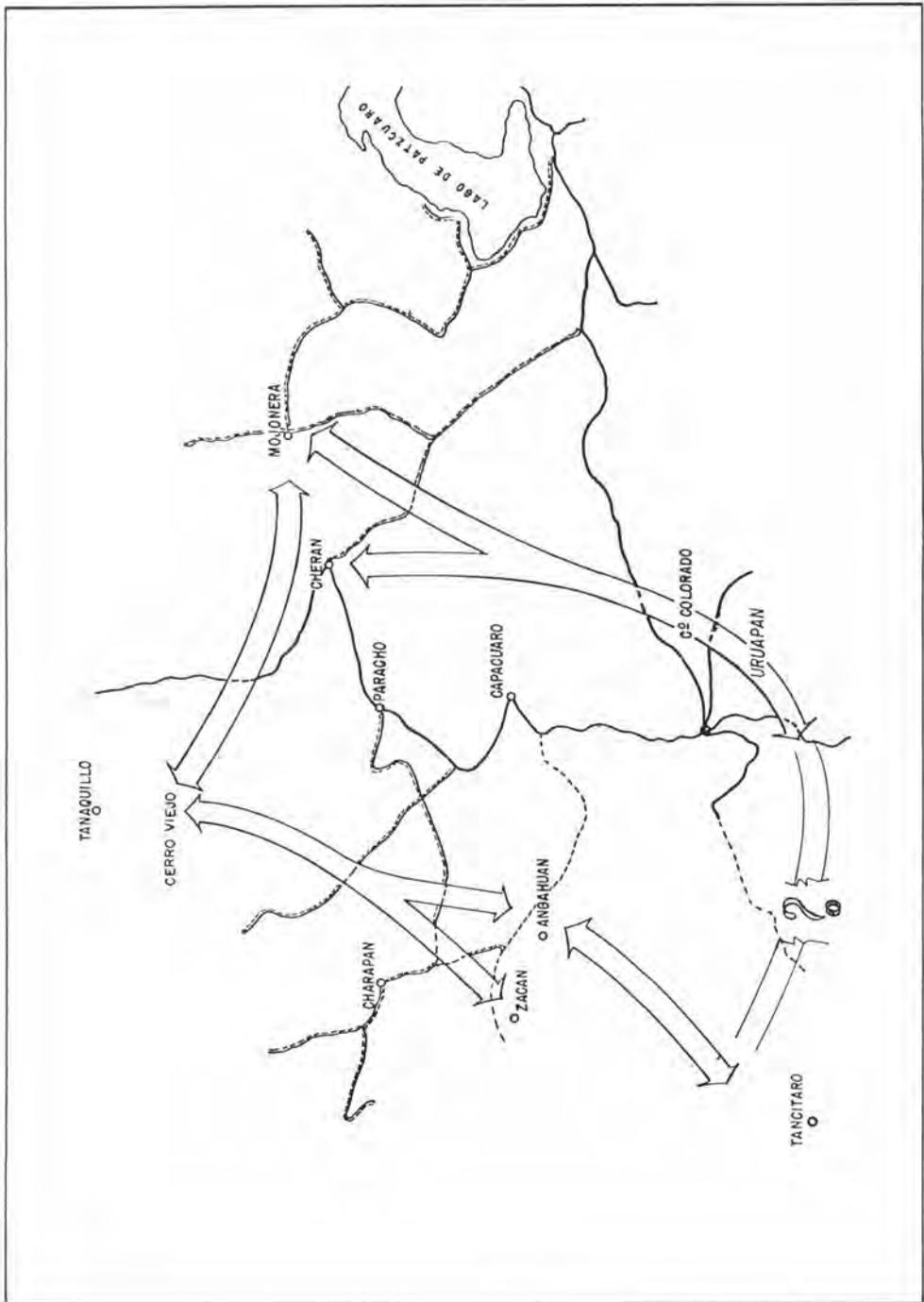


Fig. 7. Rutas de la cotorra serrana en la Meseta Tarasca.

BIBLIOGRAFIA

- BELLO, G.M.A. 1983. Estudio fenológico de cinco especies de *Pinus* en la región de Uruapan, Mich. Bol. Téc. INIF. No. 96. México.
- BERTGOLD, W.H. 1906. Concerning the thick-billed parrot. *Auk* 23: 425-428.
- BLAKE, E.M. 1972. *Birds of Mexico: A Guide for Field Identification*. University of Chicago Press.
- BLAKE, E.R. & HANSON, H.C. 1942. Notes on a collection of birds from Michoacan, Mexico. *Field Mus. Nat. Hist. Zool.* 27(9); 513-551.
- BURT, W.H. 1961. Some effects of volcan Paricutin on vertebrates. *Occas. Pa. Mus. Zool. Univ. Mich.* No. 620. 24 p.
- HARDY, J.W. & DICKERMAN, R.W. 1955. The taxonomic status of the maroon-fronted parrot. *Condor* 57: 305-306.
- PETERSON, R.T. & CHALIF, E.L. 1973. *A Field Guide to Mexican Birds*. Houghton Mifflin Company, Boston.
- PLIMPTON, G. 1977. Un gran pedazo de carne. *Audubon* 79(6): 10-25.
- SCHNNELL, G.D. *et al.* 1974. Recent observations of thick-billed parrots in Jalisco. *Wilson Bulletin* 86(4): 464-465.
- VELAZQUEZ, G.P. 1978. *Diccionario de la Lengua Phorhepecha*. F.C.E. México.

EL ESTUDIO DEL TRABAJO Y SU APLICACION EN LAS OPERACIONES DE ABASTECIMIENTO FORESTAL

Mario Alberto VILLAGOMEZ LOZA*
Daniel GARCIA ALVAREZ**

INTRODUCCION

Durante muchos años, se ha conocido al estudio del trabajo con el nombre de "estudio de tiempos y movimientos" pero actualmente, con el desarrollo de la técnica y sus aplicaciones a una muy amplia gama de actividades, se estima que tal denominación es demasiado restrictiva (Organización Internacional del Trabajo, 1981), de tal manera que en la actualidad, varios autores coinciden en adjudicarle a los estudios del trabajo una serie de objetivos y aplicaciones con un enfoque más amplio; uno de estos autores es Frauenholz (1982), quien señala que el propósito de dichos estudios es incrementar la productividad de una empresa considerando la capacidad y necesidades de los trabajos para un desarrollo dinámico del trabajo (i.e.: mayor rendimiento con menor esfuerzo físico en un periodo de tiempo corto) y/o de la mecanización (i.e.: con el uso de la maquinaria adecuada en el momento y lugar adecuados); el tiempo juega un papel preponderante en la organización analítica del trabajo donde todas las operaciones se pueden analizar, describir y optimizar, los datos que se obtienen son la base para la toma de decisiones en los aspectos relacionados con la planeación y organización del trabajo, la elección de los métodos, el establecimiento de salarios y la supervisión.

Los países europeos han impulsado considerablemente el desarrollo de estos estudios y los resultados obtenidos durante los primeros diez años han sido favorables, destacándose entre éstos el reemplazamiento de los métodos tradicionales de corte usando hacha y serrón por el empleo de motosierras, haciendo especial énfasis en motosierras de bajo peso. El arrime de trocería con caballos se ha mejorado, sin embargo, éste tiende a ser sustituido por el uso de tractores forestales; los avances reportados con el diseño de malacates

*M.C. Investigador del Centro de Investigaciones Forestales de Occidente (CIFO), INIFAP. SARH.

**Ing. Agrónomo Especialista en Bosques. Jefe del Departamento de Abastecimiento de Productos Forestales, INIFAP. SARH.

de doble tambor han hecho más económico el arrime de trocería en terrenos montañosos, donde previamente se trabaja con caballos a un alto costo. En vista del desarrollo logrado con éstos se espera que su aplicación a los sistemas de extracción con cable aéreo también resulte favorable.

En relación a los beneficios que se derivan de los estudios de trabajo, éstos son de dos clases: directos e indirectos. Los primeros pueden evaluarse en términos económicos comparando los ahorros logrados por los resultados del estudio, contra el costo de los mismos. Los indirectos no son fáciles de medir ya que se refieren a los esfuerzos dirigidos a conservar la salud de los trabajadores (Rowan, 1967).

En México son escasos los estudios formales realizados sobre la materia, de ahí la preocupación de difundir por este medio la importancia que tienen, así como de concentrar en la mayor medida posible la información más relevante sobre el particular que constituye el objetivo central de la presente aportación.

RECOLECCION DE DATOS EN UN ESTUDIO DE TRABAJO

Es indudable la importancia que representa durante un estudio de trabajo la recolección de datos de campo, ya que es aquí donde se ponen en práctica aspectos tan importantes como la elección del método de cronometraje por aplicar y determinación del tamaño de muestra a evaluar, entre otros; los aspectos más relevantes sobre el particular son discutidos por Frauenholz (*op. cit.*), mismos que se exhiben a continuación.

TIPO DE DATOS

Los datos a recabar son los siguientes:

Tiempo. El requerido para cada secuencia de trabajo, expresado en 1/100 de minuto o de hora, unidad de producción y ciclo o proceso.

Referencia de cantidad. Es el resultado del trabajo desarrollado en cada ciclo. Un ciclo puede ser derribar un árbol, un viaje de madera que se arrima o cierta área. La referencia de cantidad puede ser expresada en metros cúbicos, pieza, distancias o superficies del terreno.

Factores determinantes. Son aquellos elementos que influyen en el tiempo requerido para producir determinado número de unidades, demostrando las

condiciones bajo las cuales se logra cierto rendimiento; éstos pueden ser: maquinaria y equipo, características del lugar de trabajo, tiempo meteorológico, la secuencia y método del trabajo, el objeto de trabajo y la capacidad de los trabajadores.

MÉTODOS DE CRONOMETRAJE

Métodos de lectura continua.

Los tiempos elementales se registran en secuencia mientras está funcionando el reloj. Después, cada lectura debe restarse de la lectura anterior para indicar el tiempo que transcurrió para cada elemento de trabajo.

Ventajas: Puede reconstruirse la secuencia del trabajo; pueden identificarse después los errores de lectura o registro; sólo se necesita un cronómetro sencillo.

Inconvenientes: Deben calcularse los elementos individuales de tiempo; sólo se puede observar, a la vez, un operario de una máquina; las secuencias cortas se registran con cierta dificultad.

Método de vuelta a cero.

La manecilla se encuentra en cero cuando inicia el elemento y gira mientras éste se está ejecutando y cuando termina se lee el tiempo de duración y la manecilla se regresa al cero, lista para principiar la lectura del siguiente elemento.

Ventajas. Determina en forma directa el tiempo para cada elemento.

Inconvenientes. Los errores de lectura y registro son difíciles de identificar, se necesita un cronómetro especial o bien dos convencionales; sólo se pueden observar a la vez un operario o una máquina.

Método de multimomento.

No se observan los tiempos invertidos en la ejecución de cada elemento, sino la frecuencia con la que ocurre cada uno dentro de la secuencia de trabajo; cada 50/100 de minuto o cada minuto se registra el elemento que en ese preciso instante se está ejecutando de manera que al término del estudio se conoce el número de veces que se repite cada elemento durante la jornada de trabajo.

Ventajas. Un experto en estudios de trabajo puede observar simultáneamente varios operarios y/o máquinas; las secuencias de trabajo de corta duración se registra en forma representativa con la condición de que los estudios se realicen durante un periodo suficientemente prolongado; no se requiere de una observación precisa para cada lectura. Es suficiente un reloj sencillo o un cronómetro.

Inconveniente. No se puede reconstruir la secuencia de trabajo.

ESTRUCTURA DE TIEMPOS

Es adecuado presentar la estructura de tiempos que se sugiere observar durante el estudio del trabajo (fig. 1).



Fig. 1. Estructura de tiempos.

TOMA DE DATOS

Planificación.

- (I) Definir el proceso de trabajo (tipo de intervención silvícola).
- (II) Describir el procedimiento de trabajo, la secuencia y los métodos de trabajo (tipo de aprovechamiento y descripción global).
- (III) Describir la tarea a realizar (tipo de operación, descripción específica).
- (IV) Definir el tipo mínimo de calidad de trabajo.
- (V) Definir la duración del estudio de tiempos.
- (VI) Elegir el método de cronometraje.
- (VII) Elegir los datos relativos a la cantidad de referencia.
- (VIII) Decidir si los factores determinantes se van a cuantificar o a describir en lo referente a su calidad.
- (IX) Considerar el ritmo natural de rendimiento.

Preparación.

- (I) Elegir los trabajadores, los lugares de trabajo y la maquinaria y equipos a observar.
- (II) Delimitar distancias, realizar estudios preliminares sobre cantidades de referencia y factores determinantes.
- (III) Instruir e informar a los operarios sobre el trabajo y la remuneración.
- (IV) Hacer un recorrido preliminar, observar la secuencia de trabajo y definir el inicio y terminación de cada uno de los elementos.
- (V) Preparar las formas de registro de datos y conseguir los instrumentos y equipo necesarios.

- (VI) Instruir a los responsables del estudio, así como a los ayudantes.
- (VII) Realizar estudios de comprobación.

Realización de estudios de tiempos.

- (I) Llevar a cabo estudios por jornadas completas, observar los tiempos invertidos en cada secuencia, registrar las cantidades de referencia y los factores determinantes de cada ciclo.
- (II) Si es necesario, hacer clasificaciones de eficiencia.

TAMAÑO DE MUESTRA

A continuación se exponen tres metodologías para determinar la duración que deben tener los estudios de trabajo.

Método 1. De acuerdo con Scott (1973). Los pasos que deben seguirse para la aplicación de su metodología propuesta, son los siguientes:

- (I) Hacer la determinación de tiempos por medio del método de cronometraje de multimomento, eligiendo para ello el intervalo de tiempo aplicado para cada lectura. El rango de lectura para el método enunciado puede variar de 0.5 min a 2.0 min.
- (II) Hacer un estudio preliminar para la operación en cuestión, con el objeto de observar la distribución del tiempo en cada una de las actividades que corresponden al tiempo productivo (tiempo en minutos por cada actividad productiva).
- (III) Obtener el tiempo promedio (\bar{X}) empleado para cada actividad (sumatoria del tiempo en minutos de cada actividad productiva entre número de ciclos).
- (IV) Calcular el porcentaje de ocurrencia de cada actividad productiva respecto al tiempo productivo total.
- (V) Relacionar los datos de la actividad cuyo valor del tiempo promedio por árbol (\bar{X}), correspondió al inmediato inferior del intervalo del tiempo aplicado (0.5 min) y así establecer "P".

(VI) Aplicar la siguiente fórmula:

Para un 95% de confiabilidad,

$$N = \frac{4 P (100 - P)}{L^2}$$

Donde:

N = Número de observaciones (ciclos).

P = Porcentaje de ocurrencia.

L = Error de muestreo = ± 5

Para efecto de aclarar la aplicación del método, consideramos los datos de campo obtenidos en un estudio preliminar para la determinación del número de ciclos requeridos en el corte con motosierra McCulloch modelo 850 (Villagómez Loza, 1983), mismos que se enlistan en el cuadro 1.

CUADRO 1

Datos del estudio preliminar para la motosierra McCulloch 850.

ACTIVIDADES DEL TIEMPO PRODUCTIVO (1)	TIEMPO (min) (2)	TIEMPO/No. CICLOS (X) (3)	OCURRENCIA (%) (4)
1. Caminar hacia el árbol	10.50	0.47	5.57
2. Limpiar la maleza	1.00	0.04	0.53
3. Elegir la dirección de caída	5.00	0.22	2.65
4. Corte de tabacote	11.50	0.52	6.10
5. Corte de derribo	15.50	0.70	8.22
6. Desrame	16.00	0.72	8.43
7. Troceo	38.00	1.72	20.15
8. Pica	91.00	4.13	48.27
T O T A L	188.50	8.52	99.97

No. de ciclos = 22 árboles derribados en una jornada de trabajo.

Intervalo de tiempo elegido para cada lectura = 0.50 min.

En la columna número 3 del cuadro 1, se aprecia que las actividades que más se acercan al valor del intervalo de lectura (0.50 min) son las número 1 y 4, siendo notorio que la número 1 representa el valor inmediato inferior al del intervalo.

En consecuencia el porcentaje de ocurrencia (P) se lee en la columna número 4, estando así en condiciones de poder aplicar la fórmula enunciada.

Datos:

$$P = 5.57$$

$$L = \pm 5$$

Sustituyendo los datos en la fórmula dan como resultado:

$$N = 84.15 \text{ ciclos}$$

Donde N = 84 árboles por evaluar que pueden observarse en cuatro días aproximadamente.

Método 2. Rivera Ramos (1981) concluye que los valores de tiempo en los que se puede confiar para cada elemento de un ciclo de trabajo de una operación determinada, pueden ser obtenidos cuando el elemento de que se trate representa aproximadamente el 5% del tiempo total sobre el cual se hizo el muestreo. El siguiente cuadro ilustra la explicación de este método señalando la cantidad de horas de trabajo durante el año, en la época de secas, así como el porcentaje que representan las horas muestra del estudio con respecto a las horas totales de la época de secas.

CUADRO 2

Porcentaje del tamaño de la muestra.

OPERACION	HORAS DE TRABAJO		HORAS MUESTRA	
	EN EL AÑO	EN EPOCA DE SECAS	EN EPOCA DE SECAS	PORCIENTO DE LA MUESTRA
Corte	1 680	1 070	68	6.35
Arrime	1 680	1 070	78	6.82
Cargue	1 680	1 070	51	4.79

Cabe observar que el 5% del número de horas de trabajo en la época de

secas (1 070 hr) equivale a 53.5 hr, el cual se aproxima al número de horas muestra tomadas en el estudio de referencia (columnas 4 y 5) y que representan estos valores (5^o%, 53.5 hr) 6.68 días de toma de datos de cada operación por jornada de trabajo de ocho horas de duración.

Método 3. Villagómez Loza propone aplicar en términos generales, un criterio similar al método anterior con la variante principal de que los valores de tiempos para una operación estudiada, son confiables cuando representen el 5^o% del volumen por aprovechar por época del año, a través de la aplicación de la siguiente fórmula:

$$T = \frac{V \times P}{R \times O}$$

Donde:

T = Tamaño de muestra en días hábiles.

V = Volumen aprovechable por época en metros cúbicos.

P = Porcentaje respecto al volumen por época (V), equivalente al 5^o%.

R = Rendimiento obtenido en el estudio preliminar en metros cúbicos por día.

O = Número total de operadores que laboran en la operación en estudio.

Para el uso de la fórmula anterior es necesario hacer las siguientes observaciones:

- (I) El responsable del estudio debe tener acceso a la información del Departamento de Manejo de Bosques para conocer el volumen por aprovechar por época del año, del área por estudiar, o bien, de no ser esto posible, tener acceso a los archivos del mismo departamento para estimar un dato representativo promedio ejercido en años anteriores (datos regionales).
- (II) Obviamente, el porcentaje señalado como 5^o% deberá interpretarse para su uso en la fórmula como 0.05.
- (III) Se sugiere elaborar un estudio preliminar, básicamente para determi-

nar el rendimiento por día de la operación por estudiar y en forma complementaria aprovecharlo como estudio de prueba para posteriormente hacer los ajustes pertinentes.

- (IV) Como alternativa al punto anterior, pueden revisarse los informes de producción en los archivos respectivos y estimar el rendimiento promedio por jornada de trabajo.
- (V) Es importante recalcar que se deben de incluir el total de operadores que laboran en el organismo donde se desarrolla el estudio.

Para presentar el comportamiento del método propuesto, se cita el siguiente ejemplo:

Empresa: Servicios y Extracción Forestal, S. de R.L.

Predio: Comunidad de San Juan Nuevo.

Lugar: San Juan Nuevo Parangaricutiro, Michoacán.

V = Volumen aprovechable en la segunda época de secas: 19 200 m³ (estimado).

P = 0.05.

R = 30 m³/día.

O = 8 cortadores.

Sustituyendo los datos en la fórmula propuesta dan como resultado:

T = 4 días.

NOTA: La fuente de donde proviene esta información es la misma que se empleó al ensayar el primer método que se expone; cabe observar que los valores en días, coinciden.

A fin de comprobar el método propuesto, se ensayó éste, haciendo uso de información proveniente de los archivos del Departamento de Producción de la Unión Forestal de Jalisco y Colima, S.A. La información que se presenta se puede resumir como sigue:

	1a. época de secas: 158 000 m ³
Volúmenes aprovechados	época de lluvias: 93:000 m ³
	2a. época de secas: 103 000 m ³

Para la operación de corte, se reporta un rendimiento promedio de 36 m³ / día durante la época de lluvias y un total de 32 operadores; el rendimiento que se anota es el producto de promediar los rendimientos de 32 cortadores trabajando durante 20 días hábiles (cuatro semanas), y repartidos en dos secciones de ordenación distintas.

Para la operación de arrime, se reporta el rendimiento promedio de 42m³ / día durante la época de lluvias y un total de 19 operadores de motogrúa (i.e.: cantidad de máquinas dedicadas a la extracción); el rendimiento estimado también proviene de promediar los rendimientos de 19 motogrúas laborando 20 días hábiles, en 2 secciones de ordenación diferentes.

Los cálculos efectuados empleando esta información, se resumen en el cuadro 3.

CUADRO 3

Ensayo del método del tamaño de muestra (T) por volúmenes.

OPERACION	EPOCA	V (m ³)	P (5 ^o /o)	R (m ³ /día)	O	T (días)
Corte	1o. secas	158 000	0.05	36	32	7
	Lluvias	93 000	0.05	36	32	4
	2a. secas	103 000	0.05	36	32	4
	Media					5
Arrime	1a. secas	158 000	0.05	42	19	10
	Lluvias	93 000	0.05	42	19	6
	2a. secas	103 000	0.05	42	19	6
	Media					7

Interpretación de los resultados.

Una vez obtenidos los datos de campo, es necesario someterlos a un análisis

sis estadístico, éste consiste en el cálculo de la media, la desviación típica y el coeficiente de variación (Frauenholz, *op. cit.*).

Como norma, se calcula la media para el tiempo productivo; en las operaciones de arrastre de madera, sólo para una cierta distancia; en el apeo de madera, sólo para árboles del mismo diámetro.

No hay normas generales sobre el máximo permisible de la desviación típica o coeficiente de variación para estos estudios.

Aplicación de los resultados.

Los datos que se obtienen en el campo, luego del análisis estadístico, tienen su aplicación en los aspectos que a continuación se enuncian (Frauenholz, *op. cit.*), los cuales, para efecto de ejemplificarla, se acompañan con información derivada de un estudio de trabajo realizado en bosques de coníferas en el estado de Michoacán (Villagómez Loza, *op. cit.*).

LA PLANIFICACION Y ORGANIZACION DEL TRABAJO

Al referirse a este aspecto, Egger (1982), menciona que el objetivo de la planificación del trabajo es evaluar los elementos individuales de un sistema de trabajo y determinar consecuentemente las condiciones en que debe realizarse el mismo; deben estudiarse aquí cuidadosamente el hombre, la maquinaria y los equipos que utiliza a fin de poder elegir el sistema óptimo de aprovechamiento y de menor costo. El estudio que se cita a modo de ejemplo (Villagómez Loza, *op. cit.*), se realizó con objeto de medir el rendimiento, el costo y el esfuerzo del trabajador al efectuar la operación de derribo en bosques de coníferas empleando para ello dos modelos de motosierra de diferente peso; la Homelite modelo 1050 de 9.6 kg de peso seco (peso sin incluir la barra, la cadena y el combustible), de uso muy común en la región estudiada, y la McCulloch modelo 850 de 7.3 kg de peso seco. Para ambas, se observó que el 28% y el 10% del tiempo total respectivamente, se debió a demoras imputables a la organización de la empresa lo cual nos refleja la necesidad de revisar los aspectos de planeación, así como el funcionamiento de la propia organización.

LA ELECCION DE LOS METODOS DE TRABAJO

- (I) Comparación de métodos, determinantes de la eficacia de los métodos de trabajo, maquinaria y equipos.

- (II) Estudios sobre esfuerzos por parte de los trabajadores.
- (III) Cálculo de costos.

En alusión al ejemplo mencionado en el punto anterior, se obtuvo que al evaluar el rendimiento en derribo bajo un mismo método de trabajo y con dos máquinas diferentes, fue el mismo para ambos modelos. En cuanto al esfuerzo, éste fue mayor al operar con la motosierra Homelite 1050, afectando la distribución del rendimiento durante la jornada de trabajo. El costo también fue mayor al trabajar con la motosierra Homelite 1050, resultando \$ 57.00/día más caro en relación al otro modelo. (Base: enero de 1983).

PAGO DE JORNALES Y SALARIOS

- (I) Determinación del tiempo estándar, primas, niveles de jornales, etc.

La determinación de los tiempos estándar y el establecimiento de los pagos por destajo para el ejemplo en cuestión, se mencionan a continuación:

Determinación de los tiempos estándar.

De acuerdo con Riggs (1977), el tiempo estándar es el tiempo que requiere normalmente una operación cuando se hacen concesiones por las interrupciones, se calcula por la fórmula:

Tiempo estándar = tiempo normal x factor de concesión.

Donde:

Tiempo normal = tiempo seleccionado x factor de calificación,

$$\text{Factor de concesión} = 1 + \frac{\% \text{ concesión total}}{100}$$

y a su vez:

El tiempo seleccionado: se refiere a la duración promedio de las actividades del tiempo productivo.

Factor de calificación: compara el ritmo de la ejecución de un operador con la concepción del operador de un ritmo "normal".

% de concesión total: se determina sumando los porcentajes individuales de concesión aplicables a un determinado trabajo.

Ejemplo: cálculo del tiempo normal para la operación de derribo con motosierra McCulloch 850.

ELEMENTO O ACTIVIDAD (A)	TIEMPO SELECCIONADO (min) (B)	FACTOR DE CALIFICACION (C)	ELEMENTO TEMPORAL NORMAL (min) (BXC)
1. Caminar al árbol	0.63	1.00	0.63
2. Limpiar maleza	0.06	1.00	0.06
3. Elegir caída	0.15	0.90	0.14
4. Corte tabacote	0.55	0.90	0.50
5. Corte derribo	0.91	0.90	0.82
6. Desrame	1.54	0.75	1.16
7. Troceo	1.79	0.80	1.43
8. Pica	6.30	0.80	5.04
			9.78 min
Tiempo normal = 9.78 min.			

El porcentaje de concesión total consta de las siguientes concesiones individuales:

Las concesiones personales que se otorgan para las necesidades físicas de los trabajadores, generalmente son del 5%.

Las concesiones por fatiga se establecen para compensar el rendimiento abajo de lo normal que resulta de los efectos de la fatiga; esta concesión equivale al tiempo de descanso que aparece en la figura 2 (20% aproximadamente).

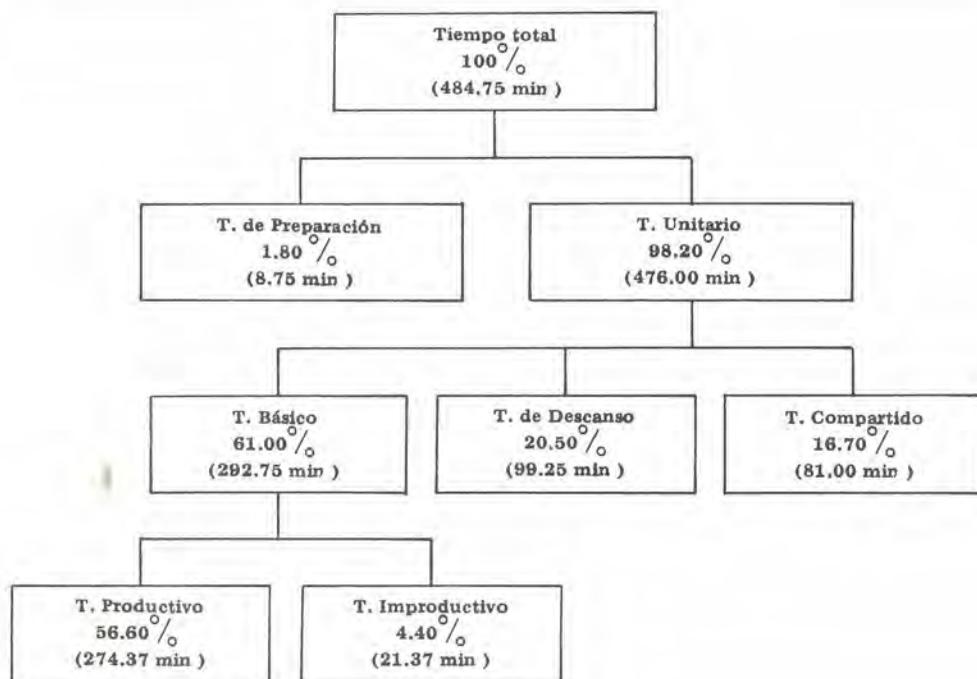


Fig. 2. Distribución de tiempos (T) para la motosierra McCulloch 850.

Las concesiones por retraso compensan los retrasos inevitables del trabajo. Se otorga 10% para derribo con serrón y 15% para motosierra (Rowan, *op. cit.*).

Las concesiones especiales se agregan algunas veces para solución de condiciones transitorias poco comunes que disminuyen la producción del trabajador por una falla no imputable a él. Se conceden del 2.5% al 30.0% dependiendo de la incidencia de los factores del terreno (pendiente, presencia de obstáculos, etc.), del clima y del arbolado (árboles muy grandes) en general (Rowan, *op. cit.*).

Cálculo de la concesión total y del factor de concesión.

Concesión personal	5°/o
Concesión por fatiga*	20°/o
Concesión por retraso	15°/o
Concesión especial	25°/o
Concesión total	<u>65°/o</u>

Factor de concesión = 1.65

Por lo tanto el tiempo estándar es = 16 min.

Establecimiento de pagos por destajo.

En la práctica se acostumbra que el cortador ponga la motosierra y se haga responsable del combustible y aceite, así como de las reparaciones y mantenimiento; de tal manera que cuando recibe su salario, éste se compone de una cuota por concepto de mano de obra y la otra por concepto de la "renta" de motosierra, guardando ambos conceptos entre sí de 1:2 respectivamente. Esto se puede ejemplificar económicamente de la siguiente manera:

Datos (forma empírica);

Salario mínimo regional = \$ 1 000.00 día (estimado)

Rendimiento diario = 30 m³/día (obtenido en el estudio)

Cuota de mano de obra/m³ = \$ 33.33/m³(I)

Cuota por "renta" de motosierra = \$ 66.66/m³ (II)

Pago por destajo = (I) + (II) = \$ 100.00/m³

Datos: (justificación económica)

*Las concesiones por fatiga pueden agruparse en una sola, fluctuando su valor de 18-25°/o (Rowan, *op. cit.*).

Costo de adquisición (c.a.) de la motosierra = \$ 140 000.00 (estimado)

Vida útil (v.u.) = 1 200 horas (Fuente: Cubbage, 1982)

Valor de rescate (v.r.) = 0 (Fuente: Cubbage *op. cit.*)

Horas netas de trabajo/día = 4.57 (tiempo productivo en horas). (Fig. 1).

Días hábiles/año = 130 (sólo época de secas)

Consumo de combustible/día = 8 litros

Consumo de aceite/día = 2 litros

Cuota de mano de obra = \$ 33.33/m³

Lo que se pretende justificar es la relación aproximada de 1:2 entre la cuota de mano de obra y la renta de motosierra.

La "renta" de motosierra incluye los siguientes conceptos:

- a) Depreciación
- b) Combustibles y lubricantes
- c) Reparaciones y mantenimiento

a) Depreciación (D)

$$D = \frac{\text{c.a.} - \text{vr}}{\text{v.u.}} = \$ 116.66/\text{hr}$$

La depreciación por día = \$ 553.13/día

La depreciación por m³ (D) = \$ 17.77/m³

b) Combustibles y lubricantes (CL)

Combustible = \$ 440.00/día

Lubricantes = \$ 660.00/día

Total = \$ 1,040.00/día

Combustibles y lubricantes/m³ (CL) = \$ 34.66/m³

c) Reparaciones y mantenimiento (RM)

$$RM = \frac{c.a. \times 0.75}{v.u.} = 87.50/hr$$

(RM)/día = \$ 399.87/día

(RM)/m³ = RM = \$13.32/m³

Sumando a), b) y c): \$ 17.77/m³ + \$ 34.66/m³ + \$ 13.32, tenemos \$ 65.75/m³ lo cual se aproxima a \$ 66.66/m³ por una diferencia de \$0.91/m³ *.

SUPERVISION

(I) Comprobación de rendimientos, ajustes de los cálculos obtenidos.

(II) Comprobación de los resultados de las operaciones de la empresa.

Este aspecto se refiere concretamente al uso y relación de la información del estudio con los resultados que se obtengan durante el funcionamiento de la empresa para un cierto periodo, con el objeto de retroalimentar estas experiencias y elaborar en consecuencia los ajustes requeridos por los objetivos de la organización.

*Los costos que se manejan en este artículo tienen como base enero de 1983.

BIBLIOGRAFIA

- CUBBAGE, F. 1982. Economics of forest tract size in southern pine harvesting. Pap. 50-184. EUA. p. 27.
- DIRECCION GENERAL PARA EL DESARROLLO FORESTAL. 1976. Notas sobre el Curso de Abastecimiento de Trocería y Leñas. SFF/SAG.
- EGGER, W. 1982. Planning of work systems for wood harvesting in mountainous regions. Logging of mountain forest. FAO. Roma. p. 285.
- FRAUENHOLZ, O. 1982. Work studies in forestry. Logging of mountain forests. FAO. Roma. p. 285.
- ORGANIZACION INTERNACIONAL DEL TRABAJO. 1981. Introducción al estudio del trabajo. 3a. Ed. Impression Couleurs Weber. Suiza. p. 442.
- RIVERA, R.J.F. 1981. Estudio de tiempos y rendimientos en las operaciones de extracción en Proformex. SFF. México. p. 181.
- RIGGS, J.L. 1977. Sistemas de producción: planeación, análisis y control. 1a. Reimpresión. Ed. Limusa. México. p. 683.
- ROWAN, A.A. 1967. Work study in the improvement of timber harvesting efficiency. Forestry Comission Research and Development Paper No. 59 England. p. 23.
- SCOTT, A.H. 1973. Work meadurement: Observed time to standard time. Work study in forestry. Commission Bulletin No. 47. England. p. 100.
- VILLAGOMEZ, L. M.A. 1983. Estudio de trabajo: Elección de la maquinaria para la operación de derribo en bosques de coníferas. Inédito. México. p. 77.

CARACTERISTICAS DEL CARBON VEGETAL EN ALGUNAS ESPECIES MADERERAS DEL NORESTE DE MEXICO

Franz WOLF*
Enrique VOGEL**

RESUMEN

Se produjo carbón vegetal en ensayos de laboratorio a partir de 12 especies madereras provenientes del noreste de México y se determinaron las siguientes propiedades: densidad de la madera y del carbón, rendimiento, carbón fijo, materia volátil, cenizas, poder calorífico y área específica. En la mayoría de las propiedades hubo poca diferencia entre las especies. Excepciones fueron el contenido de cenizas y el área específica, donde algunas especies mostraron valores elevados.

INTRODUCCION

El carbón vegetal es un producto con una amplia variedad de aplicaciones que van desde su utilización como fuente de energía hasta el uso en industrias químicas para diversos fines (Santana y Assunção, 1971). Su obtención se puede lograr de una manera sencilla, aprovechando como materia prima clases y calidades de madera que normalmente no tienen mercado.

La presente investigación se realizó teniendo en mente la gran cantidad de especies madereras del noreste de México que por sus características específicas carecen de importancia para la explotación comercial. El objetivo principal del estudio fue la obtención de conocimientos sobre las propiedades del carbón proveniente de algunas especies seleccionadas con respecto a un posible aprovechamiento de las mismas.

*Asesor en Tecnología y Utilización de Productos Forestales.

**Investigador en Tecnología Química de la Madera. Facultad de Silvicultura y Manejo de Recursos Renovables, UANL.

MATERIALES Y METODOS

Las especies investigadas se aprecian en el cuadro 1. Se estudio la madera y el carbón obtenido de nueve especies de matorral, una de la región citrícola y cinco de la Sierra Madre Oriental. Las primeras fueron escogidas por su alta densidad, la segunda por su amplia disponibilidad después de las heladas de 1983, y las últimas por ser representativas de las especies de encino, poco aprovechadas de la sierra. Se investigó madera de albura proveniente de la parte inferior del fuste de tres árboles por especie. En el número de repeticiones y las diferencias permitidas entre ellas se siguieron las especificaciones de la ASTM D 1762-64.

CUADRO 1

Especies investigadas.

Lugar de crecimiento	Nombre científico	Nombre común
Planicie costera	<i>Acacia farnesiana</i>	Huizache
	<i>Acacia wrightii</i>	Uña de gato
Matorral	<i>Bumelia celastrina</i>	Coma
	<i>Celtis laevigata</i>	Palo blanco
	<i>Condalia hookeri</i>	Brasil
	<i>Diospyros texana</i>	Chapote prieto
	<i>Pithecellobium ebano</i> *	Ebano
	<i>Prosopis glandulosa</i>	Mezquite colorado
	<i>Prosopis laevigata</i>	Mezquite rocío
Región citrícola	<i>Citrus sinensis</i>	Naranja
Sierra Madre Oriental	<i>Quercus affinis</i>	Encino blanco
	<i>Quercus microlepis</i>	Encino blanco
	<i>Quercus polymorpha</i>	Encino roble (blanco)
	<i>Quercus prinopsis</i>	Encino corazón negro (blanco)
	<i>Quercus rysophylla</i>	Encino de asta (rojo)

*Synonimo: *P. flexicaule*.

El procedimiento de los trabajos fue en el siguiente orden:

- Peso específico de la madera. Se determinó en cubos de 2x2x2 cm en estado anhidro por el método de inmersión en agua (Kollmann, 1952; ASTM D 143-52).
- Aclimatación. Se aclimatizaron los cubos de madera en un desecador sobre una solución saturada del NaCl hasta alcanzar peso constante. La humedad de equilibrio de madera resultante fue de aproximadamente 15%.
- Carbonización. Se carbonizaron los cubos en un pequeño reactor, dentro de una mufla (fig. 1). Las condiciones de carbonización fueron 30 minutos a 400°C.

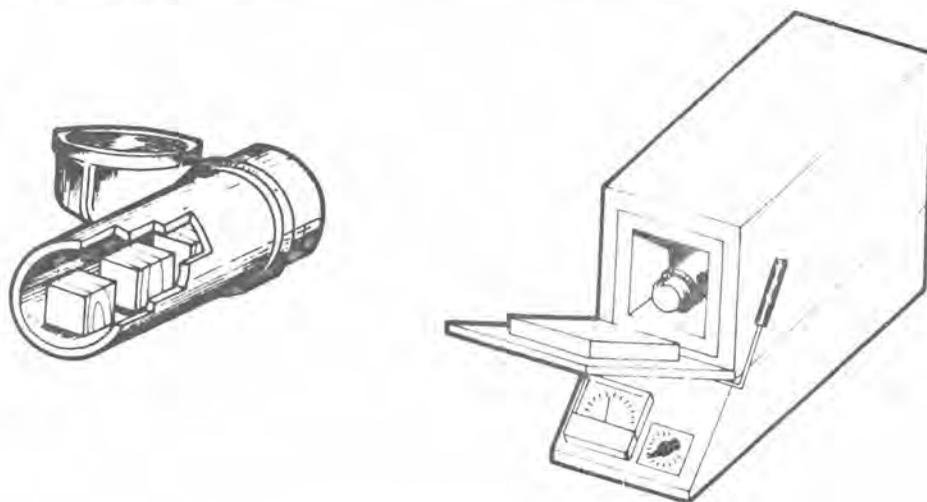


Fig. 1. Esquema de la carbonización de los cubos de madera.

- Rendimiento. Se determinó el rendimiento con el siguiente cálculo: peso de carbón/peso de madera seca x 100.
- Peso específico del carbón. Se determinó en los cubos carbonizados por el método de inmersión en agua (Kollmann, 1952; ASTM D 143-52).
- Molido y cribado. Se molió el carbón en un mortero y se utilizó la fracción que quedó entre las mallas No. 20 (850 micras) y 100 (150 micras).

- Humedad, materia volátil, cenizas y carbón fijo. Se determinaron según especificaciones de ASTM D 1762-64.
- Área específica. Se determinó (Dunizc, 1961), midiendo la adsorción de ácido acético, de concentración conocida, por una determinada cantidad de carbón.
- Poder calorífico. Se determinó con un calorímetro bomba de oxígeno, en el cual se quema la sustancia de oxígeno puro bajo una presión de 20 atm, calculando el calor de combustión mediante el aumento de temperatura de una determinada cantidad de agua.

RESULTADOS Y DISCUSION

Densidad.

La densidad (peso específico anhidro) de la mayoría de las especies investigadas es relativamente alta, como se puede apreciar en el cuadro 2. Dos especies (*Condalia hookeri* y *Diospyros texana*) tienen los pesos específicos más altos con índices superiores a uno. Si se compara la densidad del carbón con la de la madera se nota en casi todas las especies una diferencia aproximada de un 50%. La densidad del carbón muestra una buena correlación con la de la madera ($r=0.92$). Esto corrobora los resultados que Doat y Petroff (1975) obtuvieron con una serie de maderas tropicales.

Rendimiento, carbón fijo, materia volátil.

Los más altos rendimientos de carbón, con aproximadamente 40% o más se encontraron en las especies del matorral (cuadro 3). Los más bajos (20-30%) corresponden a las especies de *Quercus* y *Citrus*.

El promedio de carbón fijo se encuentra en la mayoría de los casos entre un 60 y 70%. El de materia volátil se ubica más frecuentemente en aproximadamente 30%.

Los valores de las tres propiedades antes mencionadas pueden ser considerados como resultado de las condiciones de carbonización empleadas (30 min, 400°C). Según estudios (Humphreys e Ironside, 1974), con un aumento en la temperatura de carbonización de 200 a 1 000 C se incrementa la canti-

CUADRO 2

Peso específico de la madera y el carbón de las especies investigadas.

Especie	Peso específico madera g/cm ³	Anhidro carbón g/cm ³	Diferencia °/°
<i>Acacia farnesiana</i>	0.99	0.49	51
<i>Acacia wrightii</i>	0.89	0.40	55
<i>Bumelia celastrina</i>	0.72	0.32	56
<i>Celtis laevigata</i>	0.53	0.27	49
<i>Citrus sinensis</i>	0.75	0.46	39
<i>Condalia hookeri</i>	1.29	0.68	47
<i>Diospyros texana</i>	0.81	0.45	44
<i>Pithecellobium ebano</i>	1.17	0.65	44
<i>Prosopis glandulosa</i>	0.88	0.41	53
<i>Prosopis laevigata</i>	0.83	0.40	52
<i>Quercus affinis</i>	0.69	0.30	57
<i>Quercus microlepis</i>	0.90	0.38	58
<i>Quercus polymorpha</i>	0.89	0.38	57
<i>Quercus prinopsis</i>	0.66	0.31	53
<i>Quercus rysophylla</i>	0.84	0.37	56

dad de carbón fijo de 52 a 97°/° y se disminuye el rendimiento de 92 a 27°/°. Con 400°C se obtuvo un rendimiento de 41 y 78°/° de carbón fijo. Esto demuestra que con respecto al rendimiento, los valores de la presente investigación son congruentes y en el caso del carbón fijo un poco inferior. Hay que anotar que los rendimientos obtenidos en la práctica se encuentran generalmente abajo de los valores de laboratorio. Así, se alcanzan con hornos de tierra rendimientos entre 10 y 20°/°, con hornos de mampostería aproximadamente 25°/° y con retortas un promedio de 30°/° (Fruehwald *et al*, 1981).

Cenizas.

El contenido de cenizas de los carbones investigados se puede apreciar en el cuadro 3. Algunas especies muestran valores relativamente altos; como por

CUADRO 3

Rendimiento, carbón fijo, materia volátil y contenido de cenizas del carbón de las especies investigadas.

Especie	Rendimiento %	Carbón fijo %	Materia volátil %	Cenizas %
<i>Acacia farnesiana</i>	39	66.0	29.5	2.6
<i>Acacia wrightii</i>	36	64.3	32.5	1.1
<i>Bumella celastrina</i>	30	67.8	28.8	1.7
<i>Celtis laevigata</i>	29	76.3	20.8	1.7
<i>Citrus sinensis</i>	29	64.4	29.6	5.6
<i>Condalia hookeri</i>	42	64.2	27.4	8.0
<i>Diospyros texana</i>	36	62.1	26.8	6.5
<i>Pithecellobium ebanum</i>	44	68.6	26.1	3.4
<i>Prosopis glandulosa</i>	46	66.2	28.7	3.1
<i>Prosopis laevigata</i>	43	58.7	37.1	1.7
<i>Quercus affinis</i>	23	67.7	23.0	1.1
<i>Quercus microlepis</i>	26	55.2	37.4	4.6
<i>Quercus polymorpha</i>	23	62.5	32.1	4.3
<i>Quercus prinopsis</i>	27	61.4	33.3	3.0
<i>Quercus rysophylla</i>	24	73.1	23.9	1.3

ejemplo *Condalia hookeri* (8%), *Diospyros texana* (6.5%) o *Citrus sinensis* (5.6%). Lo anterior puede limitar la utilización de estos carbones en ciertas áreas de aplicación industrial. Sin embargo, existen contradicciones con respecto a limitaciones máximas permisibles. Como referencia, Humphreys e Ironside (1974) citan valores máximos de cenizas para la producción de carbón activado de 2%, para ferro-silicio 2%, para fierro 0.5% y para sulfuro de carbono 3%. Por otro lado, consultando las especificaciones de productores de carbón activado se anota que el contenido de cenizas llega en algunos casos hasta un 12%. Para fines siderúrgicos (Lex, 1952; citado en Santana y Assumpcao, 1971), da 7% como valor máximo aceptable. Según las amplias experiencias brasileñas en la producción de fierro con carbón vegetal el contenido de cenizas normalmente no se menciona como factor limitante. Para la producción de cemento se tolera hasta un 4% (Doat y Petroff, 1975). Lo anterior significa que para el mismo fin de aplicación puede existir distintas especificaciones.

Poder calorífico.

Los resultados del poder calorífico están resumidos en el cuadro 4. Las diferencias entre las especies son mínimas. La mayoría de los valores están con aproximadamente 30 kJ/g, coincidiendo así con los datos de Kollmann (1951) menciona para latifoliadas. Una excepción la representa *Condalia hookeri* con un índice más bajo. La explicación de esto se encuentra probablemente en el alto contenido de cenizas de esta especie. En comparación con el poder calorífico de la madera que está entre 18 y 19 kJ/g el del carbón es aproximadamente el doble.

Area específica.

El área específica representa un indicador general para el poder de adsorción de un carbón. Para el activado se dan valores de 300 a 1 800 m²/g.

CUADRO 4

Poder calorífico y área específica del carbón de las especies investigadas.

Especie	Poder calorífico kJ/g	Area específica m ² /g
<i>Acacia farnesiana</i>	28.8	13.8
<i>Acacia wrightii</i>	—	23.7
<i>Bumelia celastrina</i>	—	42.2
<i>Celtis laevigata</i>	—	12.8
<i>Citrus sinensis</i>	—	35.9
<i>Condalia hookeri</i>	26.1	51.5
<i>Diospyros texana</i>	28.7	55.2
<i>Pithecellobium ebano</i>	30.1	31.6
<i>Prosopis glandulosa</i>	29.7	22.4
<i>Prosopis laevigata</i>	30.2	14.9
<i>Quercus affinis</i>	—	26.4
<i>Quercus microlepis</i>	29.9	32.8
<i>Quercus polymorpha</i>	—	20.7
<i>Quercus prinopsis</i>	—	26.1
<i>Quercus rysophylla</i>	—	28.1

Los resultados de los carbones aquí investigados se encuentran en el cuadro 4. Hay diferencias acentuadas entre las especies con valores de 14 hasta 55 m²/g. El área específica relativamente alta de *Diospyros texana* y *Condalia hookeri* indican que se pueden utilizar estos carbones para fines de purificación sin previa activación. Sin embargo, antes de una aplicación práctica se debe probar la adsorción específica con diversas sustancias para determinar el grado de adsorción de cada una.

CONCLUSIONES

De la presente investigación resultan las siguientes conclusiones:

- El carbón vegetal de todas las especies probadas es, con sus características, adecuado para fines generales como cocinar, calentar, etc.; las especies más densas como *Condalia hookeri*, *Pithecellobium ebano* y *Acacia farnesiana* brindan una brasa de larga duración. Aquellas con un alto contenido de sustancias volátiles como *Quercus microlepis* o *Prosopis laevigata* son fácilmente encendibles.
- El alto contenido de cenizas de algunas especies como *Condalia hookeri* o *Diospyros texana* pueden excluir estos carbones de ciertos campos de aplicación. Sin embargo, se debe probar esto en cada caso porque las exigencias de cada empresa son diferentes.
- El área específica relativamente grande de algunas especies, como por ejemplo *Diospyros texana* y *Condalia hookeri*, indica que tal vez sea posible emplear estos carbones para fines de purificación sin activación. Adicionalmente, se puede lograr un aumento del área específica mediante una optimización de las condiciones de carbonización.
- Exigencias especiales, como el alto contenido de carbón fijo, se pueden satisfacer empleando condiciones de carbonización con temperaturas más altas que las aplicadas en esta investigación.

BIBLIOGRAFIA

- ASTM D 143-52. 1972. Standard Methods of Testing Small Clear Specimens of Timber. American Society for Testing and Materials. Philadelphia, Pa. 19103. pp. 34-94.
- . 1762-64. 1968. Standard Method for Chemical Analysis of Wood Charcoal. American Society for Testing and Materials. Philadelphia, Pa. 19103. pp. 538-539.
- DOAT, J. and PETROFF, F. 1975. La carbonisation des bois tropicaux. *Revue Bois et Forets des Tropiques*. 159. pp. 55-72.
- DUNIZC, B.L. 1961. Surface Area of Activated Charcoal by Langumir Adsorption Isotherm. *J. of Chem. Education* 38. pp. 357-358.
- FRUEHWALD, A.; WELLING, J.; VON WENDORFF, G.B. and HUY, V.R. 1982. Holzkohle als Energietraeger in Entwicklungslaendern, Studie in Auftrag der Deutschen Gesellschaft fuer Technische Zusammenarbeit (GTZ), Eschborn. p. 196.
- HUMPHREYS, F.R. and IRONSIDE, G.E. 1974. Charcoal from N.S.W. Species of Timber. *Techn. pa. 23, Sec. Ed. For. Com. of N.S.W.*
- KOLLMAN, F. 1951. *Technologie des Holzes und der Holzwerkstoffe*. Erster Band. Springer Verlag: Goettingen, Heidelberg. pp. 271-288.
- PARAMESWARAN, N. y STAMM, A. 1983. Strukturelle und chemophysikalische Veraenderungen bei Verkohlung von vier tropischen Leubhoelzern. *Holzforschung* 37. pp. 309-320.
- SANTANA, M.C. y ASSUMCAO, R.M.V. 1971. Pirolise de madeiras, materias primas, productos aplicacoes. Instituto de Pesquisas Tecnologicas. Sao Paulo, Brasil. No. 940. p. 55.

