

CIENCIA FORESTAL

en México

ISSN 0185-2418

REV. CIEN. FOR. EN MEX. VOL. 18 NÚM. 73 138 P. MÉXICO, D. F. ENE-JUN 1993.



DIVISIÓN FORESTAL
INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES FORESTALES Y AGROPECUARIAS

La Revista **Ciencia Forestal en México**, es el órgano divulgativo del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias, que tiene como finalidad difundir resultados parciales o finales de las investigaciones forestales realizadas por su personal científico, existiendo la posibilidad de presentar artículos de investigadores externos, nacionales o extranjeros.

COMITÉ EDITORIAL FORESTAL.

Presidente y Director de la Revista:	Ing. Carlos E. González Vicente.
Secretaria Técnica:	Sra. María de Jesús Barrios Núñez.
Vocales:	Ing. Gonzalo Novelo González. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias, SARH.
	Dr. Daniel Piñero Dalmau. Centro de Ecología, UNAM
	Ing. Victor E. Sosa Cedillo. Dirección General de Protección Forestal, SFFS, SARH.
	Dr. Alejandro Velázquez Martínez. Programa Forestal, Colegio de Postgraduados.
	Ing. Avelino B. Villa Salas. Academia Nacional de Ciencias Forestales, A.C.
Coordinador Editorial:	Ing. Avelino B. Villa Salas.
Editores:	Dr. José Daniel Garza y Rueda. Lic. Javier Sosa Cedillo.

El Comité Editorial Forestal del INIFAP, agradece la colaboración prestada para la preparación de este número de la **Revista Ciencia Forestal en México**, a las siguientes personas: Dr Rafael Moreno Sánchez y M C Cecilia Nieto de Pascual Pola.

Certificado de Licitud de Contenido Núm. 677

Certificado de Licitud de Título Núm. 1151

Número de la Serie Estándar Internacional (ISSN) : 0185-2418

CIENCIA FORESTAL

en México

VOL. 18

ENE-JUN 1993

NÚM. 73

CONTENIDO.

	Pag.
GERMINACIÓN DE SEMILLAS DE ESPECIES DE VEGETACIÓN PRIMARIA Y SECUNDARIA (ESTUDIOS COMPARATIVOS). Conrado Parraguirre Lezama, Javier Chavelas Polito y Francisco Camacho Morfin.	3
DETERMINACIÓN DE UN PLAN DE CORTAS ÓPTIMO PARA <i>Pinus hartwegii</i> Lindl., AL UTILIZAR PROGRAMACIÓN LINEAL. Diego D. Reygadas Prado y D. Pioquinto Rivero Baños.	21
POSIBLE ESPECIE NUEVA DE ROYA DE PINO EN LA SIERRA DEL AJUSCO, MÉXICO, D F. Rodolfo Salinas Quinard y Cecilia Nieto de Pascual Pola.	45
EFECTO DEL FUEGO SOBRE ALGUNOS MICROORGANISMOS EN UN SITIO DE PLANTACIÓN FORESTAL. Bartolo Rodríguez Santiago, Xavier García Cuevas y Álvaro Gutiérrez Baeza.	57
DETERMINACIÓN DE "TIPO DE SITIO" PARA EVALUAR RODALES INFECTADOS POR MUÉRDAGO ENANO (<i>Arceuthobium globosum</i> Hawksworth et Wiens). Ignacio Vázquez Collazo.	77
EL INSUMO-PRODUCTO EN LA PENÍNSULA DE YUCATÁN. Reynaldo Valenzuela Ruíz y Hugo Manzanilla Bolio.	105
CUERPO CONSULTIVO.	135

GERMINACIÓN DE SEMILLAS DE ESPECIES DE VEGETACIÓN PRIMARIA Y SECUNDARIA (ESTUDIOS COMPARATIVOS)*

Parraguirre Lezama Conrado **
Chavelas Polito Javier **
Camacho Morfin Francisco ***

RESUMEN.

Este trabajo se realizó en el vivero del Campo Experimental Forestal "San Felipe-Bacalar", en él se probaron cuatro tratamientos pregerminativos a las semillas de 31 especies forestales de la región de Bacalar, Quintana Roo, México.

Los tratamientos fueron: 1. Remojo en una solución Ringer con pancreatina, durante 24 horas. 2. Quema de material seco sobre las semillas. 3. Escarificación mecánica, cortando una fracción de la testa. 4. Testigo.

Las siembras fueron realizadas en vivero, efectuando conteos diarios para evaluar la germinación a través de varios índices que toman en cuenta la velocidad del proceso.

Los resultados muestran que la germinación debe evaluarse considerando índices que detecten la velocidad con que ocurre el proceso. Así se explica la aparición o ausencia de especies en comunidades secundarias con relación a diferentes procesos de alteración de la vegetación.

Se considera el sistema roza-tumba-quema, como uno de los elementos que contribuyen a la expansión de comunidades secundarias.

Palabras clave: Semillas forestales, germinación, bosques tropicales húmedos, Quintana Roo.

* Parte del trabajo de tesis del primer autor.

** Investigadores Titulares del Campo Experimental Forestal "San Felipe-Bacalar" Quintana Roo. CIR- Sureste. INIFAP-SARH.

*** Investigador Titular del CENID-COMEF. INIFAP-SARH.

ABSTRACT.

This research was located in the San Felipe-Bacalar Campo Experimental. It consists in four treatments on 31 forest seed species from Bacalar, Quintana Roo, Mexico region.

The first treatment was a 24 hours soaking in a Ringer solution with pancreatine. The second one was a burn of dry material over the seeds. The third one was a mechanical scarification, this consist in a cut on the seed tegument. The last one was the control.

The seeding was planted in a nursery, a daily records was taken to evaluated the germination rate.

The results show that the germination most evaluated by speed index, and also contribute to explain the secondary forest communities dynamics.

Key words: Forest seeds, germination, tropical rain forests, Quintana Roo.

INTRODUCCIÓN.

Las selvas de la región cálido húmeda de México, al igual que las de otros países, han disminuido paulatinamente debido a programas de colonización, que destruyen grandes superficies arboladas con la finalidad de realizar diversas actividades, entre las que destacan las agropecuarias.

En México la magnitud de los desmontes para el periodo comprendido entre 1976 y 1986, fue de 380 000 hectáreas al año¹.

En contraste con esta situación, los antiguos pobladores de las regiones tropicales, tenían un sistema agrícola que aún se sigue practicando y que se conoce como roza-tumba-quema; este sistema ha sido a través del tiempo un asunto ampliamente controvertido.

No obstante, se debe reconocer que era y quizás siga siendo, la práctica predominantemente aplicada en 30% de los suelos explotados del mundo; así como el medio de subsistencia de 250 millones de personas, según lo señaló en 1974 Hauck, *cit pos.*, Sánchez².

¹ Manzanilla, B. H. 1987. "Necesidades de información para el manejo adecuado de las tierras forestales tropicales en México". pp. 61-67.

² Sánchez, P. A. 1981. "Manejo del suelo en áreas de agricultura nómada". pp. 354-421.

Como consecuencia de éste y otros sistemas de producción agropecuaria y/o forestal, se generan grandes superficies con vegetación secundaria; por lo que resulta urgente conocer los procesos básicos de reproducción de las especies, para estar en posibilidades de proponer métodos de manejo de esas comunidades, que permitan la obtención de diversos productos y que además contribuyan a la rápida recuperación de las condiciones físico-químicas del suelo.

No debe olvidarse que las comunidades secundarias son generadas principalmente por un sistema agrícola fuertemente arraigado a las costumbres de los pobladores de los trópicos.

OBJETIVOS.

- Conocer y evaluar la germinación de semillas de algunas especies de vegetación secundaria, derivadas de las selvas de Quintana Roo.

- Evaluar el efecto de cuatro tratamientos sobre el porcentaje y velocidad de germinación de las semillas de las especies en estudio.

- Explicar el comportamiento de las especies, en relación a los procesos de recuperación de la vegetación en áreas perturbadas.

ANTECEDENTES.

Muchos autores han abordado desde diferentes puntos de vista los problemas de la reproducción de las especies tropicales.

La mayoría han reconocido la importancia de las semillas como un elemento básico para el desarrollo del fenómeno reproductivo, tal es el caso de Niembro³, Vázquez-Yánes⁴ y los coautores Gómez-Pompa, Vázquez-Yánes y Guevara⁵.

³Niembro, R. A. 1983. "Estructura y clasificación de semillas de especies forestales mexicanas". pp. 77-119.

⁴Vázquez-Yánes, C. 1976. "Estudio sobre la ecofisiología de la germinación en una zona cálido-húmeda de México". pp. 279-387.

⁵Gómez-Pompa, A. *et al.* 1972. "The tropical rain forest: A nonrenewable resource". pp. 762-765.

Otros como Pijil⁶, Vázquez-Yánes, *op. cit.*, Trejo⁷, y los coautores Spurr y Barnes⁸, han estudiado las formas de dispersión de las mismas.

El sistema agrícola que se practica en los trópicos, conocido como roza-tumba-quema, ha sido estudiado por otros autores como Lundell en 1930 *cit pos.* Hernández X⁹, y Pérez Toro,^{10,11}

Todos ellos reconocen la importancia que tienen las partes vegetativas para la rápida recuperación de la vegetación.

La sucesión secundaria, ha sido abordada por varios autores como Sousa¹², Sarukhán¹³; los coautores Rico y Gómez-Pompa¹⁴ y Aweto^{15,16}.

Todos ellos indican que los propágulos de las plantas que se han adaptado a diversos elementos que causan las alteraciones de la vegetación, son los que aparecen poco después de la perturbación.

Las condiciones que requieren las semillas para germinar, se describen en varias obras publicadas por el servicio forestal del U S D A¹⁷, los coautores Hartman y Kester¹⁸ y los colaboradores Spurr y Barnes, *op. cit.*

La influencia que tienen diversos factores sobre la germinación, ha sido investigada por varios autores. Algunos han estudiado el efecto de la temperatura, tal es el caso de De la Garza y Ortega¹⁹, Vázquez-Yánes en 1976, *op. cit.*, y Vázquez-Yánes y Orozco-Segovia²⁰.

⁶ Pijil, L. Van Der. 1969. Principles of dispersal in higher plants.

⁷ Trejo, P. L. 1976. "Diseminación de semillas por aves en Los Tuxtlas, Veracruz". pp. 447-470.

⁸ Spurr, S. y Barnes, B. V. 1982. "Ecología forestal". pp. 49-77.

⁹ Hernández, X, E. 1962. "La agricultura". pp. 1-63.

¹⁰ Pérez-Toro, A. 1942. La milpa.

¹¹ Pérez-Toro, A. 1946. La agricultura milpera de los mayas de Yucatán.

¹² Sousa, S. M. 1964. "La vegetación secundaria en la zona de Tuxtepec, Oaxaca". pp. 90-105.

¹³ Sarukhán, K, J. 1964. "Estudio sucesional de una área talada en Tuxtepec, Oaxaca". pp. 107-172.

¹⁴ Rico, B. M. y Gómez-Pompa, A. 1976. "Estudio de las primeras etapas sucesionales de una selva alta perennifolia en Veracruz, México". pp. 112-202.

¹⁵ Aweto, A. O. 1981^a. "Secondary succession and soil fertility restoration in south-western Nigeria". Part I. pp. 601-607.

¹⁶ Aweto, A. O. 1981^b. "Secondary succession and soil fertility restoration in south-western Nigeria". Part III. pp. 957-963.

¹⁷ U S D A. Forest Service. 1974. Seeds of woody plants in the United States.

¹⁸ Hartman, H. T. y Kester, D. F. 1978. "Propagación de plantas. Principios y prácticas". pp. 141-223.

¹⁹ Garza, L. P. de la, y Ortega, C. 1981. "Efecto de la temperatura sobre la germinación de cinco especies tropicales". pp. 281-295.

²⁰ Vázquez-Yánes, C. and Orozco-Segovia, A. 1982. "Germination of the seeds of a tropical rain forest pioneer tree (*Heliocarpus donellsmithii*), ion response to diurnal fluctuation of temperature". pp. 295-298.

La incidencia de la intensidad y duración de la luz ha sido tema de otros trabajos de López-Quiles y Vázquez-Yánes²¹ y Vázquez-Yanes²².

Los mecanismos intrínsecos que impiden la germinación de semillas son conocidos como dormancia; una revisión de éstos, así como los tratamientos que pueden superarlos fue presentada por Camacho²³.

Muchos autores han experimentado con tratamientos para superar la dormancia, éstos incluyen:

- La escarificación mecánica^{24, 25}.
- Remojo en agua caliente²⁶.
- Estratificación^{27, 28}. (cfr. Revista Ciencia Forestal N° 7).
- El uso de ácido sulfúrico²⁹.

Diversas sustancias químicas como:

- | | |
|--|--------------------------|
| - Giberelinas ³⁰ | - Ácido cítrico, |
| - Tiourea, | - Peróxido de hidrógeno, |
| - Alcohol etílico, | - Xileno, |
| - Éter, | - Acetona |
| - Cloroformo ³¹ (USDA, <i>op. cit.</i>). | |

La evaluación de la germinación es otro tema que ha sido muy discutido, generalmente se reconoce que no basta conocer el porcentaje de germinación como único criterio, ya que éste por lo común no revela diferencias en cuanto a velocidad y calidad del proceso, como

²¹ López-Quiles, M. y Vázquez-Yánes, C. 1976. "Estudio sobre germinación de semillas en condiciones naturales controladas". pp. 250-262.

²² Vázquez-Yánes, C. 1977. "Germination of pioneer tree (*Trema guineensis* Ficahlo), from ecuatorial Africa". pp. 301-302.

²³ Camacho, M. F. 1987. Dormición de semillas; aspectos generales y tratamientos para eliminarla.

²⁴ Huges, C. E. and Styles, B. T. 1984. "Exploration and seed collection of multiple purpose dry zone trees in Central America". pp. 1-31.

²⁵ Maguire, J. D. 1980. "Seed dormancy and germination". pp. 41-67.

²⁶ Ramírez, O. G. y Camacho, M. F. 1987. "Tratamiento de semillas latentes de plantas de importancia económica". pp. 37-42.

²⁷ Benson, A. D. 1976. Estratificación of *Juniperus scopularum*.

²⁸ Villagómez, A. Y. y Carrera, G. S. 1979. "Efecto de la estratificación de semillas de tres especies del género *Pinus*". pp. 31-55.

²⁹ Everitt, J. H. 1983. "Seed germination characteristics of two woody legumes (*Retama* and *Twisted acacia*) from south Texas". pp. 411-414.

³⁰ Jones, R. L. y Stoddart, J. L. 1977. "Gilberellins and seed germination". pp. 77-109.

³¹ Ketring, D. L. 1977. "Ethylene and seed germination". pp. 155-178.

lo han reportado: Maguire³²; Naylor³³ y los coautores Morales y Camacho³⁴ (*cf.* Revista Ciencia Forestal en México N° 72).

MATERIALES Y MÉTODOS.

Localización.

El trabajo se desarrolló en el Campo Experimental Forestal (C E F), "San Felipe-Bacalar", el cual está ubicado al sureste de la Península de Yucatán, entre los 18° 46' y 18° 51' de latitud norte y los 88° 17' y 88° 32' de longitud oeste, en el estado de Quintana Roo.

El clima del lugar de acuerdo con la clasificación de Köppen modificada por García, es del tipo Aw1 (X'i), o sea cálido subhúmedo, con un régimen de lluvias de verano.

La temperatura y precipitación media anual son de 25.9 °C y 1 287 mm respectivamente³⁵ (*cf.* Revista Ciencia Forestal N° 3).

Obtención del material experimental.

Originalmente se propuso recolectar semillas del mayor número de especies, pero finalmente sólo se logró reunir semillas de 31 especies.

El criterio básico de selección de las especies fue su relativa abundancia en las comunidades vegetales del lugar.

El estudio se inició con la recolección de las semillas, las cuales fueron obtenidas de árboles en pie.

Los frutos recolectados se llevaron al vivero del C E F donde se beneficiaron, obteniendo así las semillas.

³² Maguire, J. D. 1962. "Speed of germination aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor". pp. 176-177.

³³ Naylor, R. E. L. 1981. "An evaluation og various germination indices for predicting differences in seed vigor in italian ryegrass". pp. 593-600.

³⁴ Morales, V. G. y Camacho, M, F. 1984. "Formato y recomendaciones para evaluar germinación". pp. 123-138.

³⁵ Chavelas, P, J. 1976. "El Campo Experimental Forestal San Felipe-Bacalar". pp. 65-74.

Tratamientos probados.

Los tratamientos que se aplicaron a las semillas poco antes de la siembra son:

1. Quema.

Consistió en colocar las semillas sobre la superficie del suelo, a continuación éstas se cubrieron con una capa de 5 cm de espesor, compuesta de hojas y residuos secos, a los cuales se les prendió fuego hasta que se consumió el material combustible.

2. Remojo en una solución de pancreatina.

Este tratamiento consistió en colocar las semillas en una solución Ringer, a la cual se le agregó pancreatina a razón de 4 gr/l de agua. El remojo se efectuó durante 24 horas, a una temperatura de 38-40 °C.

3. Escarificación.

Consistió en cortar una pequeña fracción de la testa de las semillas, en la parte opuesta al lugar del embrión.

4. Testigo.

En este caso las semillas se sembraron tal y como se obtuvieron después del beneficio.

Siembra.

La siembra de las semillas se llevó a cabo en vivero, a una profundidad variable de 1 cm a 3 cm, dependiendo de su tamaño.

Diseño experimental.

El diseño experimental utilizado fue completamente al azar para cada una de las especies.

Se emplearon como unidades experimentales, muestras de 50 semillas; la parcela experimental fue una línea que contenía las semillas.

Se colocaron cuatro repeticiones en cada caso.

Toma y análisis de la información.

Se realizaron conteos diarios a partir del inicio de la germinación. Se registró la emergencia de la plántula, considerando ésta como una semilla germinada.

Para realizar el análisis de los datos, se siguieron las recomendaciones hechas por Morales y Camacho, *op. cit.* (*cf.* Revista Ciencia Forestal en México N° 72).

Los índices obtenidos de acuerdo a esta metodología, constituyeron las variables que se tomaron en cuenta para realizar los análisis de varianza.

En los casos donde la prueba de F detectó diferencias significativas, se procedió a efectuar pruebas de Tukey, se utilizaron los niveles de 0.01 y 0.05 de confiabilidad.

En el caso de los datos expresados en porcentaje, se aplicó la transformación Arco Seno y para los datos de valor germinativo de Maguire se aplicó la transformación:

$$\sqrt{x + 1}$$

Debido a la gran cantidad de análisis que se efectuaron y a la dificultad que representaba explicarlos adecuadamente, se elaboraron cuadros de contingencia a los cuales se les aplicó la prueba de χ^2 siguiendo la metodología descrita por Siegel³⁶.

Estos cuadros tuvieron como finalidad analizar la relación que existe entre las diversas variables que se evaluaron en el trabajo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

De las 31 especies sembradas, sólo 26 presentaron germinación. Las semillas que no germinaron perdieron su viabilidad en el tiempo que se almacenaron, como lo demostró la prueba de viabilidad al tetrazolium.

Los datos obtenidos indican que el valor germinativo es el índice que mejor refleja las diferencias de germinación (*vid.* cuadro 1).

La de la χ^2 aplicada al cuadro de contingencia, que establece la relación entre el valor germinativo (VG) con el porcentaje de germinación (G %) y los días al 75% (D 75) de germinación (*vid., infra*, cuadro 2), resultó significativa, lo que indica que hay una gran influencia de D75 y G% sobre el valor germinativo.

³⁶ Siegel, S. 1972. "Estadística no paramétrica aplicada a las ciencias de la conducta" pp. 130-137.

Existen 15 casos que pueden considerarse como fuera de lo esperado, pero éstos se explican con base en los sentidos y magnitudes de las diferencias.

ESPECIES	TRATAMIENTOS			
	Remojo	Quema	Escarificación	Testigo
<i>Acacia angustissima</i>	0.30 ^b	0.10 ^b	39.73 ^a	0.15 ^b
<i>Acacia cornigera</i>	0.86 ^b	2.10 ^{ab}	4.79 ^a	4.50 ^a
<i>Alvaradoa amorphoides</i>	0.06 ^a	1.07 ^a	0.70 ^a	0.42 ^a
<i>Bourreria oxiphyllaria</i>	6.01 ^a	8.99 ^a	10.61 ^a	9.30 ^a
<i>Calliandra houstoniana</i>	6.70 ^b	0.51 ^c	20.49 ^a	5.99 ^b
<i>Ceiba aesculifolia</i>	5.10 ^a	6.85 ^a	3.48 ^a	6.34 ^a
<i>Cochlospermum vitifolium</i>	2.49 ^a	0.08 ^c	0.93 ^b	4.48 ^a
<i>Colubrina greggii</i>	0.72 ^b	0.53 ^b	2.76 ^a	0.56 ^b
<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	2.02 ^b	5.72 ^b	69.16 ^a	3.30 ^b
<i>Leucaena leucocephala</i>	1.76 ^b	0.20 ^b	27.12 ^a	0.14 ^b
<i>Pithecellobium albicans</i>	2.16 ^a	0.80 ^b	2.85 ^a	2.39 ^a
<i>Pithecellobium saman</i>	18.25 ^b	2.46 ^c	35.28 ^a	12.86 ^b
<i>Sabal japa</i>	2.44 ^a	0.82 ^c	1.46 ^b	1.66 ^{ab}
<i>Simarouba glauca</i>	8.02 ^c	0.23 ^d	15.30 ^b	20.53 ^a
<i>Thrinax radiata</i>	0.68 ^a	0.09 ^b	0.56 ^a	0.79 ^a
<i>Acacia pennatula</i>	0.04 ^{ba}	0.07 ^{ba}	22.29 ^a	0.97 ^b
<i>Bursera simaruba</i>	-	0.04 ^{***}	0.02 ^a	0.03 ^a
<i>Casia peralteana</i>	0.02 ^{ba}	0.02 ^{***}	1.36 ^a	0.14 ^{ba}
<i>Guazuma ulmifolia</i>	-	3.97 ^b	8.37 ^a	0.05 ^{ca}
<i>Lonchocarpus longistylus</i>	0.22 ^b	0.08 ^b	7.71 ^a	8.22 ^a
<i>Lonchocarpus rugosus</i>	0.43 ^a	0.09 ^{***}	1.29 ^a	0.21 ^a
<i>Mimosa bahamensis</i>	0.02 ^{ba}	0.05 ^{ba}	4.11 ^a	4.41 ^a
<i>Piscidia communis</i>	1.65 ^b	1.71 ^b	34.33 ^a	0.08 ^{ba}
<i>Pithecellobium leucospermum</i>	1.06 ^b	0.07 ^{**}	50.24 ^a	0.22 ^{ba}
<i>Sapindus saponaria</i>	0.64 ^a	0.09 ^b	0.08 ^{ab}	0.05 ^b
<i>Swartzia cubensis</i>	0.02 ^{**}	0.71 ^b	1.04 ^{ab}	1.76 ^a

La misma letra une valores estadísticamente iguales (P < 0.05)

* Promedio de tres repeticiones

** Promedio de dos repeticiones

*** Una repetición

Cuadro N° 1. Resumen de la variable valor germinativo (VG).

	Diferencias significativas en D75 y/o en G% con relación al testigo	Diferencias no significativas en las dos variables con relación al testigo
Diferencias significativas con relación al testigo	27	1
Diferencias no significativas con relación al testigo	14	26

Cuadro N° 2. Influencia de las variables, porcentaje de germinación (G%) y días al 75% de germinación (D75), sobre el valor germinativo (VG)

Con respecto a los diferentes índices que evalúan el tiempo de germinación, el cuadro 3 muestra que D75 presenta relación con la mayoría de las demás variables (D1, D50, D y DMGMD), por lo que ésta es una buena medida en relación a la velocidad de germinación.

Este índice se muestra en el cuadro 4; así como el porcentaje de germinación alcanzado en el cuadro 5, *vid., infra*.

Acerca del efecto de los tratamientos sobre la germinación, considerando el valor germinativo, tenemos que 15 especies respondieron a la escarificación, de las cuales 12 pertenecen a las leguminosas; seis especies germinaron mejor en el testigo, tres en la quema y 2 en el remojo.

La quema resultó en general negativa para la germinación, aunque *Alvaradoa amorphoides* y *Ceiba aesculifolia* fueron excepciones.

El remojo en pancreatina presentó los mismos efectos negativos, siendo muy claro en *Bursera simaruba* y *Guazuma ulmifolia*, que no germinaron y sólo en *Sapindus*

saponaria y *Sabal japa* hubo cierto efecto estimulante, aunque en *S. saponaria* se presentaron varias plantas albinas.

	D100	D75	DMGMD	D	D50
D1	1.28 ^{ns}	3.96*	0.78 ^{ns}	5.32*	15.67*
D50	0.13 ^{ns}	14.22**	1.05 ^{ns}	34.09**	
D	2.24 ^{ns}	28.05**	4.78*		
DMGMD	11.03**	5.69*			
D75	3.18 ^{ns}				

Valores tabulados de las tablas de χ^2

0.05 = 3.84

0.01 = 6.63

D1, D50, D75, D100 = Días a inicio, 50%, 75% y 100% de germinación

D = Días medios o promedios de días para germinar

DMGMD = Días a máxima germinación media diaria.

Cuadro N° 3. Relación de las variables que caracterizan la velocidad de germinación.

Las leguminosas responden en general a la escarificación, pero hubo tres excepciones *Lonchocarpus rugosus*, *Swartzia cubensis* y *Mimosa bahamensis*; esta respuesta se debe a la presencia de tegumentos duros e impermeables en las semillas de especies tanto de las leguminosas como de las familias *Sapotaceae*, *Sapindaceae* y *Rhamnaceae*.

Esta característica es una estrategia adaptativa de las semillas que las posibilita a germinar sólo cuando sus cubiertas han sido desgastadas por diversos agentes, entre los que destacan: la acción de los microorganismos del suelo, el intemperismo físico, la abrasión mecánica y el uso del fuego, este último es un elemento íntimamente ligado al sistema agrícola tradicional de los trópicos.

Las diferencias de germinación de las semillas de las especies estudiadas, nos dan base para predecir la aparición o ausencia de especies en lugares que hayan sido perturbados; se concluye que la mayoría de las plantas no se regenerarán por medio de semillas superficiales en los lugares donde se ha empleado el fuego.

Lo anterior es más evidente para aquellas semillas que no cuentan con cubiertas duras y resistentes, las cuales se regeneran por tocones en los sitios abandonados por la agricultura o por semillas que llegan dispersadas por el viento o las aves después de la quema.

Ésto da elementos para proponer métodos de manejo de las comunidades secundarias.

ESPECIES	TRATAMIENTOS			
	Remojo	Quema	Escarificación	Testigo
<i>Acacia angustissima</i>	29 ^b	28 ^b	5 ^a	30 ^b
<i>Acacia cornigera</i>	26 ^b	26 ^b	12 ^a	25 ^b
<i>Alvaradoa amorphoides</i>	30 ^a	37 ^a	37 ^a	36 ^a
<i>Bourreria oxiphyllaria</i>	24 ^a	22 ^a	24 ^a	26 ^a
<i>Calliandra houstoniana</i>	18 ^{ab}	30 ^b	9 ^a	30 ^b
<i>Ceiba aesculifolia</i>	26 ^b	27 ^b	13 ^a	27 ^b
<i>Cochlospermum vitifolium</i>	21 ^a	23 ^a	25 ^a	24 ^a
<i>Colubrina greggii</i>	35 ^a	36 ^a	32 ^a	37 ^a
<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	29 ^b	21 ^b	8 ^a	33 ^b
<i>Leucaena leucocephala</i>	19 ^{ab}	26 ^b	11 ^a	27 ^b
<i>Pithecellobium albicans</i>	9 ^a	16 ^b	8 ^a	15 ^b
<i>Pithecellobium saman</i>	14 ^b	20 ^c	7 ^a	17 ^{bc}
<i>Sabal japa</i>	37 ^a	40 ^{ab}	41 ^{ab}	44 ^b
<i>Simarouba glauca</i>	27 ^a	30 ^a	27 ^a	28 ^a
<i>Thrinax radiata</i>	69 ^a	89 ^b	73 ^a	74 ^a
<i>Acacia pennatula</i>	28 ^b	25 ^{ba}	10 ^a	14 ^a
<i>Bursera simaruba</i>	--	--	--	--
<i>Casia peralteana</i>	--	--	19 ^a	21 ^b
<i>Guazuma ulmifolia</i>	--	13 ^a	26 ^b	28 ^b
<i>Lonchocarpus longistylus</i>	19 ^a	12 ^a	13 ^a	19 ^a
<i>Lonchocarpus rugosus</i>	38 ^a	44 ^{***}	36 ^a	35 ^a
<i>Mimosa bahamensis</i>	21 ^{**}	21 ^{ba}	7 ^a	15 ^{ab}
<i>Piscidia communis</i>	15 ^{ab}	17 ^b	8 ^a	17 ^{ba}
<i>Pithecellobium leucospermum</i>	28 ^b	36 ^{**}	4 ^a	38 ^b
<i>Sapindus saponaria</i>	48 ^{ab}	54 ^b	36 ^a	52 ^{ab}
<i>Swartzia cubensis</i>	50 ^{**}	41 ^a	47 ^a	42 ^a

La misma letra une valores estadísticamente iguales (P 0.05)

* Promedio de tres repeticiones

** Promedio de dos repeticiones

***Una repetición

Cuadro N° 4. Resumen de la variable días al 75% de germinación (D75).

ESPECIE	TRATAMIENTOS			
	Remojo	Quema	Escarificación	Testigo
<i>Acacia angustissima</i>	7 ^b	5 ^b	65 ^a	6 ^b
<i>Acacia cornigera</i>	12 ^c	28 ^b	30 ^{ab}	45 ^a
<i>Alvaradoa amorphoides</i>	5 ^b	21 ^a	23 ^a	13 ^{ab}
<i>Bourreria oxiphyllaria</i>	47 ^a	53 ^a	59 ^a	59 ^a
<i>Calliandra houstoniana</i>	36 ^{bc}	15 ^c	72 ^a	49 ^{ab}
<i>Ceiba aesculifolia</i>	41 ^a	54 ^a	27 ^b	51 ^a
<i>Cochlospermum vitifolium</i>	25 ^{ab}	6 ^c	16 ^{bc}	39 ^a
<i>Colubrina greggii</i>	26 ^b	21 ^b	55 ^a	21 ^b
<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	25 ^b	38 ^b	94 ^a	29 ^b
<i>Leucaena leucocephala</i>	18 ^b	10 ^{bc}	71 ^a	6 ^c
<i>Pithecellobium albicans</i>	26 ^b	12 ^c	38 ^a	40 ^a
<i>Pithecellobium saman</i>	65 ^a	27 ^b	61 ^a	60 ^{ab}
<i>Sabal japa</i>	71 ^a	48 ^b	63 ^a	67 ^a
<i>Simarouba glauca</i>	58 ^c	10 ^d	81 ^b	95 ^a
<i>Thrinax radiata</i>	58 ^a	25 ^b	52 ^a	65 ^a
<i>Acacia pennatula</i>	3 ^{c'}	5 ^{bc'}	27 ^a	15 ^b
<i>Bursera simaruba</i>	--	4 ^{**}	3 ^a	3 ^a
<i>Casia peralteana</i>	2 ^{ba}	2 ^{***}	14 ^a	5 ^b
<i>Guazuma ulmifolia</i>	--	30 ^b	51 ^a	4 ^c
<i>Lonchocarpus longistylus</i>	5 ^b	3 ^{ba}	40 ^a	48 ^a
<i>Lonchocarpus rugosus</i>	15 ^{ab}	8 ^{***}	25 ^a	9 ^b
<i>Mimosa bahamensis</i>	2 ^{**}	3 ^{ca}	22 ^b	33 ^a
<i>Piscidia communis</i>	18 ^b	21 ^b	76 ^a	5 ^{ca}
<i>Pithecellobium leucospermum</i>	16 ^b	4 ^{**}	53 ^a	8 ^b
<i>Sapindus saponaria</i>	23 ^a	9 ^b	5 ^{ba}	6 ^b
<i>Swartzia cubensis</i>	3 ^{**}	21 ^b	27 ^b	34 ^a

La misma letra une valores estadísticamente iguales (P 0.05)

* Promedio de tres repeticiones

** Promedio de dos repeticiones

***Una repetición.

Cuadro N° 5. Resumen de la variable porcentaje final de germinación o capacidad germinativa (G %).

CONCLUSIONES.

- De los índices tomados en cuenta para evaluar la germinación en este trabajo, el valor germinativo es una medida que, por considerar el porcentaje de germinación obtenido y la rapidez con que se alcanza éste, constituye un buen parámetro de evaluación, como lo demostraron los datos de los experimentos realizados.

- Las especies estudiadas responden principalmente a la escarificación, debido a la presencia de capas duras e impermeables en la testa de sus semillas, situación muy común en especies tropicales.

- La quema y el remojo en una solución de pancreatina, en general no promovieron la germinación, esto se puede deber a que en la naturaleza actúan en conjunto dos o más elementos, que pueden dar un mejor resultado que los factores individuales.

- Las especies que germinaron mejor en el testigo, son aquellas que no presentaron problemas de dormancia, lo que indica que germinan con rapidez, (tan pronto caen al suelo), no tienen cubiertas duras y su viabilidad es corta.

- Los resultados dan base para el manejo de las especies estudiadas, ya sea en forma individual o de conjunto.

- Cabe señalar que por el fuerte impacto que sufren las zonas tropicales, es urgente generar este tipo de información.

BIBLIOGRAFÍA.

Aweto, A. O. 1981^a. "Secondary succession and soil fertility restoration in south-western Nigeria". Part I. Succession. *Journal of Ecology*, N° 69. pp. 601-607.

Aweto, A. O. 1981^b. "Secondary succession and soil fertility restoration in south-western Nigeria". Part III. Soil and vegetation interrelationships. *Journal of Ecology*. N°69. pp. 957-963.

Benson, A. D. 1976. Estratificación of *Juniperus scopularum*. *Tree planters notes*. 27(2). 11 p.

- Camacho, M. F. 1987. Dormición de semillas; aspectos generales y tratamientos para eliminarla. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Chapingo. México. 168 p.
- Chavelas, P. J. 1976. "El Campo Experimental Forestal San Felipe-Bacalar". Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. México. Revista Ciencia Forestal Vol 1. Nº 3. pp. 65-74
- Garza, L. P. de la. y Ortega, C. 1981. "Efecto de la temperatura sobre la germinación de cinco especies tropicales". Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. México. Publicación Especial. Nº 35. Tomo I. pp. 281-295.
- Gómez-Pompa, A; Vázquez-Yánes, C. and Guevara, S. 1972. "The tropical rain forest: A nonrenewable resource". Science 177 (4051). pp. 762-765.
- Everitt, J. H. 1983. "Seed germination characteristics of two woody legumes (*Retama* and *Twisted acacia*) from south Texas". Journal of Range Management. 36 (4). pp. 411-414.
- Hartman, H. T. y Kester, D. F. 1978. "Propagación de plantas. Principios y prácticas". C E C S A. México. pp. 141-223.
- Hernández, X. E. 1962. "La agricultura". En: Los recursos naturales del sureste y su aprovechamiento. Reimpresión. Revista Chapingo. Segunda época. 2(6). pp. 1-63.
- Hughes, C. E. and Styles, B. T. 1984. "Exploration and seed collection of multiple purpose dry zone trees in Central America". The International Tree Crops Journal Nº 3. pp. 1-31.
- Jones, R. L. and Stoddart, J. L. 1977. "Gilberellins and seed germination". In: The physiology and biochemistry of seed dormancy and germination. Khan ed. Elsevier /North-Holland. Biomedical Press. pp. 77-109.
- Ketring, D. L. 1977. "Ethylene and seed germination". In: The physiology and biochemistry of seed dormancy and germination. Khan ed. Elsevier/North-Holland. Biomedical Press. pp. 155-178.
- López-Quiles, M. y Vázquez-Yánes, C. 1976. "Estudio sobre germinación de semillas en condiciones naturales controladas". En: . Investigaciones sobre la regeneración de selvas altas en Veracruz, México. Gómez - Pompa, y Vázquez - Yánes eds. C E C S A. México. pp. 250-262.

- Maguire, J. D. 1962. "Speed of germination aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor". *Crop Science* N° 2. pp. 176.-177.
- Maguire, J. D. 1980. "Seed dormancy and germination". *Advances in research and technology of seeds*. N° 5. pp. 41-67.
- Manzanilla, B, H. 1987. "Necesidades de información para el manejo adecuado de las tierras forestales tropicales en México". *En: Evaluación de tierras y recursos para la planeación nacional en zonas tropicales*. Memoria de la Reunión Internacional y Grupo de Trabajo. Lund, Caballero-Deloya. y Villarreal-Cantón eds. Gen. Tech Report. Wo.39, U S D A. Forest Service. Washington, D C. pp. 61-67
- Morales, V, G. y Camacho, M, .F. 1984. "Formato y recomendaciones para evaluar germinación". *En: Memoria de la III Reunión Nacional sobre Plantaciones Forestales*. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. México. Publicación Especial. N° 48. pp 123-138.
- Naylos, R. E. L. 1981. "An evaluation of various germination indices for predicting differences in seed vigor in italian ryegrass". *Seed Sci. and Technol.* N° 9. pp. 593-600.
- Niembro, R. A. 1983. "Estructura y clasificación de semillas de especies forestales mexicanas". *En: Memoria de la Reunión sobre problemas en semillas forestales tropicales*. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias. México. Publicación Especial. N° 35. Tomo 2. pp. 77-119.
- Pérez-Toro, A. 1942. La Milpa. Publicación del gobierno de Yucatán. Mérida, Yucatán. México. 56 p.
- Pérez-Toro, A. 1946. La agricultura milpera de los mayas de Yucatán. *En: Enciclopedia Yucatanense*. Echanove ed. Editorial oficial del gobierno de Yucatán. México.
- Pijil, L. Van Der. 1969. Principles of dispersal in higher plants. Spring Verlag, Berlin. 161 p.
- Ramírez, O. G. y Camacho, M, F. 1987. "Tratamiento de semillas latentes de plantas de importancia económica". *Biología* 16 N° 1-4. pp. 37-42.
- Rico, B. M. y Gómez-Pompa, A. 1976. "Estudio de las primeras etapas sucesionales de una selva alta perennifolia en Veracruz, México". *En: Investigaciones sobre la regeneración de selvas altas en Veracruz, México*. Gómez-Pompa y Vázquez-Yánes eds. C E C S A. México. pp. 112-202.

- Sánchez, P. A. 1981. "Manejo del suelo en áreas de agricultura nómada". *En: Suelos del trópico, características y manejo*. Trad Edilberto Camacho. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. San José, Costa Rica. pp. 354-421.
- Sarukhán, K, J. 1964. "Estudio sucesional de una área talada en Tuxtepec, Oaxaca". *En: Contribuciones al estudio ecológico de las zonas cálido-húmedas de México*. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. México. Publicación Especial Nº 3 pp. 107-172.
- Siegel, S. 1972. "Estadística no paramétrica aplicada a las ciencias de la conducta". Trad Javier Aguilar Villalobos. Ed Trillas. México. pp. 130-137.
- Sousa, S. M. 1964. "La vegetación secundaria en la zona de Tuxtepec, Oaxaca". *En: Contribuciones al estudio ecológico de las zonas cálido-húmedas de México*. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. México. Publicación Especial Nº 3. pp. 90-105.
- Spurr, S. y Barnes, B. V. 1982. "Ecología forestal". Trad Carlos Luis Raigorodsky. AGT Editor S A. México. pp. 49-77.
- Trejo, P. L. 1976. "Diseminación de semillas por aves en Los Tuxtlas Veracruz". *En: Investigaciones sobre la regeneración de selvas altas en Veracruz, México*. Gómez-Pompa y Vázquez-Yánes eds. C E C S A. México. pp. 447-470.
- U S D A. Forest Service. 1974. Seeds of woody plantas in the United States. U S D A. Forest Service. Agric Handb. Nº 450. 883p.
- Vázquez-Yánes, C. 1976. "Estudio sobre la ecofisiología de la germinación en una zona cálido-húmeda de México". *En: Investigaciones sobre la regeneración de selvas altas en Veracruz, México*. Gómez-Pompa y Vázquez-Yánes eds. C E C S A. México. pp. 279-387.
- Vázquez-Yánes, C. 1977. "Germination of pioneer tree (*Trema guineensis* Fichahlo) from ecuatorial Africa". *Turrialba* 23 (3). pp. 301-302.
- Vázquez-Yánes, C. and Orozco-Segovia, A. 1982. "Germination of the seeds of a tropical rain forest pioneer tree (*Heliocarpus donnell-smithii*) ion response to diurnal fluctuation of temperatura". *Physiol Plant*. Nº 56. pp. 295-298.
- Villagómez, A. Y. y Carrera, G. S. 1979. "Efecto de la estratificación de semillas de tres especies del género *Pinus*". Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. *Revista Ciencia Forestal* Vol 4. Nº 7. pp. 31-55.

Dear Sir,

I am writing to you regarding the matter of the late Mr. John Doe, who passed away on the 15th day of the month of January, 1925.

The estate of the late Mr. Doe is being administered by me, the undersigned, as executor of his will.

I have the honor to acknowledge the receipt of your letter of the 10th day of the month of February, 1925, in relation to the above matter.

I am sorry to hear of the death of your father, and I hope that you will find some comfort in the knowledge that he has left behind him a large and well-earned estate.

I have the honor to enclose herewith a copy of the will of the late Mr. Doe, and a copy of the inventory of his estate.

I am sure that you will find the enclosed documents of interest, and I am sure that you will be satisfied with the results of the administration of the estate.

I am, Sir, very respectfully,
Yours truly,
John Doe

I am, Sir, very respectfully,
Yours truly,
John Doe

I am, Sir, very respectfully,
Yours truly,
John Doe

I am, Sir, very respectfully,
Yours truly,
John Doe

I am, Sir, very respectfully,
Yours truly,
John Doe

DETERMINACIÓN DE UN PLAN DE CORTAS ÓPTIMO PARA *Pinus hartwegii* Lindl., AL UTILIZAR PROGRAMACIÓN LINEAL*

Reygadas Prado Diego D. **
Rivero Baños D. Pioquinto***

RESUMEN.

En este trabajo se emplea el modelo de programación lineal como herramienta de planeación forestal en la determinación de un plan de cortas de madera, en el cual se consideran los métodos de tratamiento matarrasa y "árboles padre", puestos en marcha a través de setenta regímenes (alternativas) de manejo.

Se prevén los siguientes objetivos: 1. Maximización del rendimiento en volumen (m^3r). 2. Maximización de ganancias ($\$/m^3r$); ambos bajo los esquemas "Sin" y "Con" rendimiento sostenido, para el área comprendida por la Estación Experimental de Enseñanza e Investigación Forestal Zoquiapan, de la Universidad Autónoma de Chapingo.

Los resultados indican que para el caso del primer objetivo se deben poner en marcha los regímenes de manejo 60 y 63 bajo el esquema "Sin" rendimiento sostenido y los regímenes 43, 47, 48, 51, 52, 56, 59 y 63 para el esquema "Con" rendimiento. Se observa un rendimiento en volumen máximo de 3 733 811.214 metros cúbicos en rollo (m^3r) y 3 733 811.212 m^3r , en ambos casos.

Para el segundo objetivo, el esquema "Sin" rendimiento sostenido sugiere la aplicación de los regímenes de manejo 43 y 44, mientras que bajo el esquema "Con" rendimiento sostenido, la solución indica la aplicación de los regímenes de manejo 1, 2, 9, 15, 21, 26, 45, 46, 47, 48, 52, 59, 60, 63 y 64.

Se obtiene un beneficio (ganancia) máximo de \$2 981 925 723.00 y \$2 019 704 265.23 (viejos pesos), para el primer y segundo caso, respectivamente.

* Parte de la tesis del primer autor.

** Investigador Titular del CENID-COMEF. INIFAP-SARH.

*** M Sc. Profesor-Investigador de la División de Ciencias Forestales de la UACH.

Adicionalmente, se observa que el análisis de sensibilidad realizado no produce cambios en las variables de decisión asociadas a los objetivos.

Palabras clave: Silvicultura, plan de cortas, programación lineal, bosques de pino, *Pinus hartwegii*.

ABSTRACT.

In this work a linear programming model was used as a forest planning tool on the determination of a cut plan of wood, which considered methods of treatments of clear-cut and "parent trees", implemented through 70 regimes (alternatives), of management.

Taking into account the following objectives: 1. Increase of volumen yield (m^3r). 2. Increase of profits ($\$/m^3r$); both under the "without" and "with" sustained yield schemes, for the area of the Zoquiapan Estacion Experimental de Enseñanza e Investigacion Forestal.

The results showed that for the first objective, the 60 and 63 regimes of management must be implemented under the "without" sustained yield scheme, and regimes 43, 47, 48, 51, 52, 56, 59 and 63 under the "with" sustained yield scheme, having a yield in maximum volumen of 3 733 811.214 round cubic meters (m^3r) and 3 733 811.212 m^3r , respectively, in both cases.

On the other hand, for the second objective, the "without" sustained yield scheme suggested the application of the 43 and 44 regimes of management, and under the "with" sustained yield scheme, the solution indicate the application of 1, 2, 9, 15, 21, 26, 45, 46, 47, 48, 52, 59, 60, 63 and 64 regimes of management, having a maximun benefit (profit), of \$2 981 925 723.00 and \$2 019 704 265.23 (viejos pesos), for the first and second case, respectively.

Additionally, it was observed that the analysis of sensibility carried out, did not produce changes on the decision variables associated to the established objectives.

Key words: Silviculture, cutting plan, linear planning, pine forests, *Pinus hartwegii*.

INTRODUCCIÓN.

Se ha mencionado que los procedimientos tradicionales de regulación forestal se caracterizan por basarse en la consecución de un bosque meta (bosque normal), así como

en el mantenimiento de la estructura que se asume necesaria para los objetivos de manejo, sin dar flexibilidad al administrador para un manejo inteligente de las estructuras del recurso sujeto a aprovechamiento¹ ; ².

Sin embargo, las bases de estos métodos de regulación tradicionales, los criterios financieros, la utilización de las técnicas de investigación de operaciones y el empleo del cómputo electrónico, han formado las premisas sobre las cuales se han desarrollado nuevos métodos de regulación que permiten una amplia gama de alternativas de manejo forestal.

De entre las técnicas de investigación de operaciones, la programación lineal es una herramienta de gran utilidad en la planeación forestal, ya que permite el análisis de un gran número de alternativas en la realización de una actividad.

OBJETIVO.

Al considerar la importancia de los aspectos mencionados y al atender la necesidad cada vez más imperante, de la formulación de planes de manejo congruentes con nuestra realidad económica y social, en el presente trabajo se plantean como objetivos:

- Formular un modelo que permita la asignación de alternativa(s) óptima(s) para la regulación de masas coetáneas de *Pinus*, a través de la técnica de programación lineal.

- Aplicar el modelo generado para determinar un plan óptimo de cortas que permita maximizar el volumen (m³/ha) y ganancias (\$/ha) para la Estación Experimental Forestal Zoquiapan.

- Mostrar la eficacia del uso de la programación lineal como técnica alternativa en la formulación de planes de manejo, bajo consideraciones silvícolas y económicas.

ANTECEDENTES.

La programación lineal se ha utilizado ampliamente en el ámbito forestal en países con

¹ Clutter, J. L. *et al.* 1983. Timber management: a quantitative approach.

² Rivero, B, D. P. 1984. Modelo para la regulación de la corta en bosques coetáneos de clima templado-frío.

un desarrollo forestal avanzado, obteniéndose un aprovechamiento más eficiente de los recursos forestales.

Así, por ejemplo, en Estados Unidos se ha empleado tanto en actividades de recreación³, aprovechamientos maderables⁴, regulación forestal^{5,6}, como en la planeación⁷. A continuación se presentan algunas aportaciones recientes del uso del modelo de programación lineal en el área forestal.

Lyon y Sedjo⁸ aplicaron un modelo de control óptimo de maximización económica, utilizado para examinar a largo plazo la oferta potencial de madera.

Rivero, *op. cit.*, formula un ensayo sobre un modelo para la regulación de corta en bosques coetáneos, el cual pretende maximizar ganancias actualizadas y volumen, bajo un esquema de rendimiento sostenido, al tener como variable decisional la superficie de las unidades de corta en el área de estudio.

Moreno⁹ utilizó el modelo de programación lineal en la planeación de las labores de abastecimiento de la Unidad Industrial de Explotación Forestal (U I E F) Atenquique, Jalisco, consistente en la asignación óptima y maximización de rendimientos de los materiales y equipo, que se usaron en las labores de abastecimiento.

Wijngaard y Reinders¹⁰ desarrollaron un modelo para la planeación de redes óptimas de caminos forestales, que puede ser empleado en terrenos planos y accidentados.

Guzmán¹¹ realizó un estudio en Atenquique, Jalisco, basado en el modelo de transporte, con el cual se minimizan los costos de abastecimiento de materia prima en función de la disponibilidad de recursos (vehículos y posibilidades maderables), y la época de trabajo en el área.

García¹² empleó el modelo de programación lineal para minimizar costos de transporte

³ Navon, D. I. 1971. Timber R A M... a long-range planning method for comercial timber land under multiple-use management.

⁴ Loucks, D. P. 1964. "The development of an optimal program for sustained yield management". pp. 485-490.

⁵ Kidd, W. E. Jr. *et al.* 1966. "Forest regulation by linear programming: A case study". pp. 611-613.

⁶ Leak, W. B. and Filip, S. M. 1970. Cutting strategies and timber yields.

⁷ Barros, O. and Weintraub, A. 1981. "Planning in forest enterprises". pp. 150-163.

⁸ Lyon, K. and Sedjo, R. 1983. "An optimal control model to estimate the regional Long-Term supply of timber". pp. 798-812.

⁹ Moreno, S. R. 1984. Modelo de programación lineal para la planeación de labores de abastecimiento forestal.

¹⁰ Wijngaard, P. and Reinders, M. 1985. "Optimization of forest road network". pp. 175-179.

¹¹ Guzmán, Z. D. 1985. Aplicación de la programación lineal en la solución de un problema de transporte.

¹² García, A. D. 1987. Determinación de un sistema de transporte forestal en la región Costa Grande del estado de Guerrero.

de trocería, considerando tipo de vehículo, destino y procedencia de la madera, así como período de trabajo durante el año.

MATERIALES Y MÉTODOS.

Materiales.

En el presente trabajo se utilizaron como materiales:

- Las tablas de rendimiento de densidad variable para *Pinus hartwegii* Lindl, elaboradas por Torres¹³.
- Fotografías aéreas de la Estación Experimental Zoquiapan.
- Información de precios y costos de elaboración de madera.
- Índices del consumidor del Banco de México.

Métodos

Se empleó el modelo de programación lineal, concebido como una herramienta que permite la asignación de recursos escasos entre actividades competitivas, para tender a un óptimo.

Modelo que está dado por:

$$\begin{array}{l} \text{MAX} \\ \text{o } Z = C_1 X_1 + C_2 X_2 + C_3 X_3 + \dots + C_n X_n \quad (1) \\ \text{MIN} \end{array}$$

sujeto a :

$$a_{11} x_1 + a_{12} x_2 + a_{13} x_3 + \dots + a_{1n} x_n \leq b_1 \quad (2)$$

$$a_{21} x_1 + a_{22} x_2 + a_{23} x_3 + \dots + a_{2n} x_n \leq b_2$$

.

.

.

$$a_{m1} x_1 + a_{m2} x_2 + a_{m3} x_3 + \dots + a_{mn} x_n \leq b_m \quad (3)$$

¹³ Torres, R. J. M. 1984. Tablas de rendimiento de densidad variable para *Pinus hartwegii* Lindl., en la Estación Forestal Experimental Zoquiapan, estado de México.

En el cual la expresión (1) se conoce como función objetivo; (2), como las restricciones de funcionalidad del modelo; (3), como la restricción de no negatividad.

Para la aplicación del modelo previsto se consideraron los aspectos que se mencionan a continuación.

Beneficios y costos.

Los beneficios (precios), derivados de la corta, así como los costos implicados en ésta, necesarios ambos para la evaluación de las alternativas de manejo consideradas, fueron los prevalecientes en la zona donde se ubica el área de estudio.

Tasa de interés.

En los cálculos efectuados en este estudio se consideró una tasa "real" de interés -libre de inflación- del 3%, obtenida a través de la relación:

$$i = \frac{1+n}{1+f} - 1$$

donde:

i = tasa real de interés

n = tasa de interés nominal

f = tasa de inflación

Período de planeación.

Para la determinación de la longitud del período de planeación, el cual representa el tiempo a lo largo del cual se prevén y planean los regímenes de manejo, fue necesario calcular el turno, empleando para esto último los volúmenes correspondientes a la calidad de sitio III, de las tablas de rendimiento aludidas, así como costos, precios y tasa de interés señalados.

El turno se obtuvo al utilizar el criterio valor esperado del suelo (V E S) determinándose un turno de 70 años.

Se definió así un período de planeación de dos veces la longitud del turno, *i e.* 140 años.

Que, de acuerdo con Clutter y coautores *op. cit.*, se recomienda emplear en la evaluación de prácticas de manejo silvícolas.

Unidades de corta.

Las unidades de corta están representadas por áreas geográficas identificables y excluyentes con respecto a otras y que permiten la ejecución de los regímenes de manejo, Rivero *op. cit.*

Se delimitaron al tomar como referencia cada una de las tres calidades de estación para las cuales están elaboradas las tablas de rendimiento mencionadas.

Regímenes de manejo, métodos de tratamiento y cortas intermedias.

Los regímenes de manejo, entendidos como una serie de estrategias posibles de ejecutar, que involucran actividades de cosecha y prácticas silvícolas (cortas intermedias), a efectuarse a lo largo del período de planeación, según lo señalan Clutter y colaboradores *op. cit.*

Que fueron establecidas al tener como base los métodos de tratamiento matarrasa y “árboles padre”, así como varias cortas intermedias de aclareo.

RÉGIMEN DE MANEJO	PERÍODO DE PLANEACIÓN (Décadas)													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	CF			P	A1	A2	A3	CF			P	A1	A2	A3
2	CF			P	A1	A2		CF			P	A1	A2	
3	CF			P	A1			CF			P	A1		
4	CF				A1	A2	A3	CF				A1	A2	A3
5	CF				A1	A2		CF				A1	A2	
6	CF	CF			A1			CF				A1		
7		CF			P	A1	A2	A3	CF			P	A1	A2
8		CF			P	A1	A2		CF			P	A1	A2
9		CF			P	A1			CF			P	A1	
10		CF				A1	A2	A3	CF				A1	A2
11		CF				A1	A2		CF				A1	A2
12		CF				A1			CF				A1	
13			CF			P	A1	A2	A3	CF			P	A1
14			CF			P	A1	A2		CF			P	A1
15			CF			P	A1			CF			P	A1
16			CF				A1	A2	A3	CF				A1
17			CF				A1	A2		CF				A1
18			CF				A1			CF				A1
19				CF			P	A1	A2	A3	CF			P
20				CF			P	A1	A2		CF			P
21				CF			P	A1			CF			P
22				CF				A1	A2	A3	CF			
23				CF				A1	A2		CF			
24				CF				A1			CF			

C F = corta final C S = corta de semillación P = preaclareos A J = aclareo j = 1°, 2°, 3°

Los regimenes de manejo 1 - 42 corresponden al método de regeneración de matarrasa y los regimenes 43-70 corresponden al método de regeneración de "árboles padre".

Cuadro N° 1. Identificación de los regimenes de manejo.

Continuación del cuadro N° 1...

RÉGIMEN DE MANEJO	PERÍODO DE PLANEACIÓN (Décadas)													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
25					CF			P	A1	A2	A3	CF		
26					CF			P	A1	A2		CF		
27					CF			P	A1			CF		
28					CF				A1	A2	A3	CF		
29					CF				A1	A2		CF		
30					CF				A1			CF		
31						CF			P	A1	A2	A3	CF	
32						CF			P	A1	A2		CF	
33						CF			P	A1			CF	
34						CF				A1	A2	A3	CF	
35						CF				A1	A2		CF	
36						CF				A1			CF	
37							CF			P	A1	A2	A3	CF
38							CF			P	A1	A2		CF
39							CF			P	A1			CF
40							CF				A1	A2	A3	CF
41							CF				A1	A2		CF
42							CF				A1			CF
43	CS	CF		P	A1	A2	CS	CF		P	A1	A2	CS	CF
44	CS	CF		P	A1		CS	CF		P	A1		CS	CF
45	CS	CF			A1	A2	CS	CF			A1	A2	CS	CF
46	CS	CF			A1		CS	CF			A1		CS	CF
47		CS	CF		P	A1	A2	CS	CF		P	A1	A2	CS
48		CS	CF		P	A1		CS	CF		P	A1		CS

CF = corta final CS = corta de semillación P = preclareos AJ = aclareo j = 1°, 2°, 3°

Los regímenes de manejo 1 - 42 corresponden al método de regeneración de matarrasa y los regímenes 43-70 corresponden al método de regeneración de "árboles padre".

Cuadro N° 1. Identificación de los regímenes de manejo.

Continuación del cuadro N° 1...

RÉGIMEN DE MANEJO	PERÍODO DE PLANEACIÓN (Décadas)													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
49		CS	CF			A1	A2	CS	CF			A1	A2	CS
50		CS	CF			A1		CS	CF			A1		CS
51			CS	CF		P	A1	A2	CS	CF		P	A1	A2
52			CS	CF		P	A1		CS	CF		P	A1	
53			CS	CF			A1	A2	CS	CF			A1	A2
54			CS	CF			A1		CS	CF			A1	
55				CS	CF		P	A1	A2	CS	CF		P	A1
56				CS	CF		P	A1		CS	CF		P	A1
57				CS	CF			A1	A2	CS	CF			A1
58				CS	CF			A1		CS	CF			A1
59					CS	CF		P	A1	A2	CS	CF		P
60					CS	CF		P	A1		CS	CF		P
61					CS	CF			A1	A2	CS	CF		
62					CS	CF			A1		CS	CF		
63						CS	CF		P	A1	A2	CS	CF	
64						CS	CF		P	A1		CS	CF	
65						CS	CF			A1	A2	CS	CF	
66						CS	CF			A1		CS	CF	
67							CS	CF		P	A1	A2	CS	CF
68							CS	CF		P	A1		CS	CF
69							CS	CF			A1	A2	CS	CF
70							CS	CF			A1		CS	CF

CF = corta final CS = corta de semillación P = preaclareos AJ = aclareo j = 1°, 2°, 3°

Los regímenes de manejo 1 - 42 corresponden al método de regeneración de matarrasa y los regímenes 43-70 corresponden al método de regeneración de "árboles padre".

Cuadro N° 1. Identificación de los regímenes de manejo.

Distribución de productos.

Se consideraron dos tipos de productos:

- Madera para aserrío
- Madera para material celulósico.

Debido a que éstas son las principales materias primas que utiliza la industria forestal en la región.

Con este tipo de productos se manejaron dos distribuciones de productos:

- 60-30
- 70-20.

Expresados porcentualmente y en las cuales los valores más elevados, en ambos casos, se refieren a la madera para aserrío, y los valores menores a madera para material celulósico.

Al atender a los objetivos planeados, maximización de rendimientos volumétricos y maximización de ganancias y de acuerdo a la forma del modelo utilizado, se obtuvieron las siguientes formulaciones.

1. Maximización del rendimiento en volumen

$$\text{MAX. } M = \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^{70} V_{ij} X_{ij}$$

sujeto a las restricciones de:

a) Superficie

$$\sum_{i=1}^{70} X_{ij} \leq A_i$$

en donde:

$$i = 1, 2, 3.$$

b) Rendimiento sostenido

$$\sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^{70} \sum_{l=1}^{13} V_{ijl} X_{ijl} (1-0.10) \leq \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^{70} \sum_{l=1}^{13} V_{ijl} (1+1) X_{ijl}$$

Límite inferior

$$\sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^{70} \sum_{l=1}^{13} V_{ijl} X_{ijl} (1+0.10) \geq \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^{70} \sum_{l=1}^{13} V_{ijl} (1+1) X_{ijl}$$

Límite superior

en donde:

- i = 1, 2, 3. unidades de corta
- j = 1, 2, . . . , 70 regímenes de manejo
- l = 1, 2, . . . , 13 períodos de corta.

2. Maximización de ganancias

$$\text{Max. G.} = \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^{70} \sum_{k=1}^2 G_{ijk} X_{ijk}$$

sujeto a:

$$\sum_{j=1}^{70} \sum_{k=1}^2 X_{ijk} \leq A_i$$

en la cual:

- i = 1, 2, 3 unidades de corta
- j = 1, 2, . . . , 70 regímenes de manejo
- k = 1, 2. distribución de productos.

Análisis de sensibilidad.

El análisis de sensibilidad se realizó al cambiar los valores de los beneficios (\$/ha) y la tasa de interés establecidas con anterioridad, empleando las combinaciones que se muestran a continuación.

Beneficio*		Tasa de interés
\$2 150.00**	\$ 875.00***	2%
\$ "	"	3%
\$ "	"	4%
\$4 300.00**	\$1 750.00***	2%
\$ "	"	3%
\$ "	"	4%
\$9 675.00**	\$3 940.00***	2%
\$ "	"	3%
\$ "	"	4%

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

Se presentan los resultados de las dos formulaciones definidas:

1. **Maximización del rendimiento en volumen**
2. **Maximización de ganancias.**

Que bajo la consideración (restricción), de manejo "Sin" y "Con" rendimiento sostenido así como con la tasa de interés de 3% y los precios de \$4 300.00* para madera aserrada y \$1 250.00* para material celulósico, y la distribución de productos de 60% y 32% para aserrio y material celulósico, respectivamente, integran los escenarios centrales del modelo planteado.

1. Maximización del rendimiento en volumen.

a) Sin la restricción de rendimiento sostenido.

Para esta formulación y bajo este esquema, la solución factible óptima indica que el total

- * Viejos pesos.
- * Aserrio.
- ** Material celulósico.

de la superficie de la unidad de corta 1, debe asignarse al régimen de manejo N° 60. Para las unidades de corta 2 y 3, se debe asignar toda la superficie disponible de éstas al régimen de manejo N° 63. Estas asignaciones permiten obtener un rendimiento en volumen máximo de 3 733 811.214 m³r.

Se observa que en esta solución, los regímenes de manejo asignados, corresponden al método de tratamiento de "árboles padre" indicado en el cuadro 1 *vid., supra*.

Se apunta también que por cada unidad, sea positiva o negativa, que se destine a la superficie de las unidades de corta 1, 2 y 3, el rendimiento en volumen total se incrementa o decrementa en 2 546.674 m³r, 1 773.877 m³r y 1 662.864 m³r, respectivamente, *i.e.* los precios sombra a las superficies asignadas en la solución óptima.

b) Con la restricción de rendimiento sostenido.

Cuando se decide seguir la política de manejo de tener rendimiento sostenido, la asignación de regímenes de manejo y sus correspondientes superficies, es la que se indica en el cuadro 2.

UNIDAD DE CORTA	SUPERFICIE ASIGNADA (ha)	RÉGIMEN DE MANEJO
1	110 736 91	48
	114 900 14	52
	236 362 95	56
2	259 496 14	43
	92 010 45	47
	160 537 63	51
	1 399 62	56
	98 556 15	63
3	219 727 61	47
	345 407 01	59
	319 865 38	63

Cuadro N° 2. Asignación de superficie entre regímenes de manejo, por unidad de corta, al maximizar rendimiento en volumen, con la restricción de rendimiento sostenido.

Las asignaciones anteriores implican obtener un rendimiento en volumen (m^3r) máximo, durante el período de planeación de 3 733 811.212 $m^3 r$.

Los precios sombra asociados a las superficies de corta en esta solución, se comportan de igual manera que en el esquema anterior, es decir, los mismos valores para cada unidad de corta.

2. Maximización de ganancias.

a) Sin la restricción de rendimiento sostenido.

Para este caso, la solución óptima señala que el total de la superficie correspondiente a la unidad de corta 1, debe asignarse al régimen de manejo N° 48, en tanto que el total de la superficie perteneciente a las unidades de corta 2 y 3, sea asignada al régimen de manejo N° 44.

Con esta asignación se obtiene una ganancia máxima (en valor neto actual), a lo largo del período de planeación de \$2 981 925 723.00*.

La solución indica, además, que por cada unidad que se asigne (positiva o negativa), a la superficie considerada en las unidades de corta 1, 2 y 3, el valor de la función objetivo se incrementa o decrecienta en los valores de \$2 597 409.00*, \$971 075.00* y \$1 341 949.00*, respectivamente, para cada unidad de corta.

b) Con la restricción de rendimiento sostenido.

Si la política de manejo se orienta hacia un rendimiento sostenido cuando se tiene como objetivo la maximización de ganancias, la solución óptima indica que la asignación debe ser la presentada en el cuadro 3.

Con esta solución se tiene entonces una ganancia máxima de \$2 019 704 265.23*.

Los precios sombra asociados a cada una de las unidades de corta son \$1 730 212.00* para la unidad de corta 1, \$795 536.00* para la unidad de corta 2 y \$828 788.00* para la unidad de corta 3.

Esta solución sugiere la aplicación del método de tratamiento de matarrasa cuando se asignan los regímenes de manejo 1, 2, 9, 15, 25 y 26, así como el método de "árboles padre" al asignar los regímenes 45, 46, 47, 48, 52, 59, 60, 63 y 64.

* Viejos pesos.

UNIDAD DE CORTA	SUPERFICIE ASIGNADA (ha)	RÉGIMEN DE MANEJO
1	19 086 26	1
	73 207 35	2
	19 561 48	21
	260 403 11	45
	89 741 80	47
2	72 044 30	26
	89 623 06	45
	162 722 46	46
	253 752 29	59
	33 857 89	63
3	122 860 54	9
	263 240 01	15
	122 669 29	48
	264 826 77	52
	71 724 06	60
	39 679 34	64

Cuadro N° 3. Asignación óptima de superficie entre regímenes de manejo, por unidad de corta, cuando se maximizan ganancias con la restricción de rendimiento sostenido.

En la presente formulación (maximización de ganancias), la previsión de los esquemas "Sin" y "Con" rendimiento sostenido, implica cambios considerables en la asignación de los regímenes de manejo y beneficios derivados de tales asignaciones.

Se tiene que, en relación a los beneficios "Con" rendimiento sostenido, implica tener un nivel de beneficio (ganancias), de \$962 221 457.77* por abajo de los beneficios obtenidos con el esquema "Sin" rendimiento sostenido.

Análisis de sensibilidad.

El análisis de sensibilidad efectuado no produjo cambios en la asignación de superficies y regímenes de manejo, dados en la solución óptima para el escenario central aludido.

* Viejos pesos.

En adición al análisis de sensibilidad mencionado, se efectuó a través del paquete de cómputo empleado, un análisis de sensibilidad en torno a los escenarios centrales discutidos con anterioridad, y se observó de manera sobresaliente lo siguiente:

Rango de factibilidad.

Nivel en que se puede "mover" el coeficiente del lado derecho de las restricciones sin tener que cambiar de base.

En el presente estudio se refiere a los límites en que se puede "mover" o variar la cantidad de tierra de cada unidad de corta, sin que la variable elegida deje de formar parte activa en la solución óptima.

Rango de optimización.

Nivel en que se puede "mover" el costo o beneficio sin que la variable(s) asignada(s) en la solución óptima se sustituya(n) por otra.

En este caso, se refiere a los rangos de producción y ganancias de las formulaciones consideradas.

Los cuadros 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 y 11 muestran los rangos de factibilidad y de optimización asociados a los esquemas planteados en las formulaciones previstas.

1. Maximización del rendimiento en volumen.

a) Sin la restricción de rendimiento sostenido.

UNIDAD DE CORTA	SUPERFICIE ASIGNADA (ha)		
	Solución óptima	Límite inferior	Límite superior
1	462	no existe	infinito
2	612	no existe	infinito
3	88 ⁵	no existe	infinito

Cuadro N° 4. Rangos de factibilidad asociados a la superficie por unidad de corta, cuando se maximiza el rendimiento en volumen sin rendimiento sostenido.

VARIABLE ASIGNADA	BENEFICIO ACTUAL	RANGO	VARIABLE QUE INGRESA A LA BASE
X_{160}	2 546.673 83	2 546.673 83 2 546.673 83	X_{144}
X_{263}	1 773.876 95	1 773.876 95 1 773.876 95	X_{243}
X_{363}	1 662.863 89	1 662.863 89 1 662.863 89	X_{343}

Cuadro N° 5. Rango de optimización de las variables asignadas en la solución óptima al maximizar rendimiento en volumen sin rendimiento sostenido.

b) Con la restricción de rendimiento sostenido.

UNIDAD DE CORTA	SUPERFICIE ASIGNADA (ha)		
	Solución óptima	Límite inferior	Límite superior
1	462	231.973 69	469.623 58
2	612	603.068 59	643.057 66
3	885	868.693 49	1 012.876 01

Cuadro N° 6. Rangos de factibilidad asociados a la superficie por unidad de corta, cuando se maximiza el rendimiento en volumen con rendimiento sostenido.

VARIABLE ASIGNADA	BENEFICIO ACTUAL	RANGO	VARIABLE QUE INGRESA A LA BASE
X ₁₄₈	2 546.67383	2 546.67335 2 546.67404	X ₁₆₀ X ₃₅₁
X ₁₅₂	2 546.67383	2 546.67356 2 546.67509	X ₃₅₁ X ₃₄₃
X ₁₅₆	2 546.67383	2 546.67288 2 546.67658	X ₃₅₁ REMA 22
X ₂₄₃	1 773.87695	1 773.87667 1 773.87795	X ₃₄₃ X ₃₅₁
X ₂₄₇	1 773.87695	1 773.87672 1 773.87722	REMA 22 X ₃₄₃
X ₂₅₁	1 773.87695	1 773.87679 1 773.87739	X ₃₅₁ REMA 22
X ₂₅₆	1 773.87695	1 773.87471 1 773.87700	X ₂₅₅ REMA 6
X ₂₆₃	1 773.87695	1 773.87684 1 773.87756	X ₂₅₉ REMA 22
X ₃₄₇	1 662.86389	1 662.86381 1 662.86407	X ₃₅₁ X ₁₆₀
X	1 662.86389	1 662.86380 1 662.86445	X ₂₅₉ REMA 22
X ₃₆₃	1 662.86389	1 662.86368 1 662.86397	REMA 22 X ₂₅₉

Cuadro N° 7. Rango de optimización de las variables asignadas en la solución óptima al maximizar rendimiento en volumen, con rendimientos sostenidos.

2. Maximización de ganancias.

a) Sin la restricción de rendimiento sostenido.

UNIDAD DE CORTA	SUPERFICIE ASIGNADA (ha)		
	Solución óptima	Límite inferior	Límite superior
1	462	no existe	infinito
2	612	no existe	infinito
3	885	no existe	infinito

Cuadro N° 8. Rangos de factibilidad asociados a la superficie por unidad de corta, cuando se maximizan ganancias sin rendimiento sostenido.

VARIABLE ASIGNADA	VALOR ACTUAL (viejos pesos)	RANGO	VARIABLE QUE INGRESA A LA BASE
X_{143}	2 597 408.00	2 587 273.00 infinito	X_{144} no hay
X_{244}	971 075.00	964 492.00 infinito	X_{243} no hay
X_{344}	1 341 949.00	1 335 754.00 infinito	X_{343} no hay

Cuadro N° 9. Rango de optimización de las variables asignadas en la solución óptima al maximizar ganancias sin rendimiento sostenido.

b) Con la restricción de rendimiento sostenido.

UNIDAD DE CORTA	SUPERFICIE ASIGNADA (ha)		
	Solución óptima	Límite inferior	Límite superior
1	462	427.061 86	617.742 61
2	612	550.595 17	705.466 02
3	885	743.552 25	934.752 14

Cuadro N° 10. Rangos de factibilidad asociados a la superficie por unidad de corta, cuando se maximizan ganancias con rendimiento sostenido.

VARIABLE ASIGNADA	BENEFICIO ACTUAL	RANGO	VARIABLE QUE INGRESA A LA BASE
X ₁₁	2 256 493.00	2 255 162.146 48 2 262 862.112 30	X ₁₄ REMA 15
X ₁₂	2 248 849.00	2 241 928.968 36 2 253 404.146 48	REMA 25 X ₁₄
X ₁₂₁	910 420.00	83 139.250 00 1 239 684.250 00	REMA 21 REMA 5
X ₁₄₅	2 548 940.00	2 506 023.742 19 2 557 057.041 02	X ₁₄₃ REMA 21
X ₁₄₇	1 928 736.00	1 921 149.000 98 2 022 837.828 12	X ₁₄₈ REMA 14
X ₂₂₆	241 232.00	193 230.500 00 335 308.179 69	REMA 3 REMA 8
X ₂₄₅	869 089.00	858 471.976 56 937 457.625 00	REMA 21 X ₁₄
X ₂₄₆	874 926.00	837 699.453 13 937 457.625 00	REMA 21 X ₁₄
X ₂₅₃	382 116.00	376 409.101 56 416 102.625 00	REMA 21 X ₂₂₇
X ₂₆₃	204 154.00	176 834.726 56 207 496.930 42	X ₂₂₇ REMA 21
X ₃₃	816 421.00	801 194.798 83 995 860.421 88	REMA 21 REMA 25
X ₃₁₅	602 746.00	576 177.656 25 778 377.187 50	REMA 21 X ₂₆₀
X ₃₄₈	994 037.00	965 909.171 88 1 005 546.096 68	X ₃₅₀ REMA 21
X ₃₅₂	735 158.00	702 306.968 75 752 561.515 63	X ₃₅₁ REMA 21
X ₃₆₀	399 192.00	389 871.308 59 405 690.917 97	X ₃₅₉ REMA 21
X ₃₆₄	292 537.00	287 406.274 90 324 822.468 75	REMA 21 X ₂₂₇

Cuadro N° 11. Rango de optimización de las variables asignadas en la solución óptima al maximizar ganancias con rendimiento sostenido.

CONCLUSIONES.

Para las condiciones de este trabajo y de acuerdo con los resultados presentados, se establecen las siguientes conclusiones:

- Las condiciones de optimización, asociadas a los objetivos previstos, presentan diferencias entre si.
- Para cualesquiera de los escenarios previstos, la solución óptima sugiere utilizar toda la superficie disponible de las tres unidades de corta que integran el área de estudio.
- La no consideración de un esquema de rendimiento sostenido permite, para los dos objetivos planteados, el incremento ilimitado del recurso suelo, sin tener que cambiar las asignaciones dadas en la solución óptima.
- La elección de la política de rendimiento sostenido, implica una disminución importante en los niveles de beneficio, en términos financieros.
- El esquema sin rendimiento sostenido, excluye la posibilidad de asignar regímenes de manejo asociados con el método de tratamiento de matarrasa.
- La solución óptima es muy inestable en relación a los coeficientes técnicos de beneficios.

BIBLIOGRAFÍA.

- Barros, O. and Weintraub, A. 1981. "Planning in forest enterprises". In: Symposium on Forest management planning; present, practice and future decisions. Blacksbur, Virginia School of Forestry and Wildlife Resources. pp. 150-163.
- Clutter, J. L.; Forston, J. C.; Pienaar, L. V.; Brister, G. H. and Bayley, R. L. 1983. Timber managment: a quantitative approach. Ed John Wiley & Sons. New York. 333 p.
- García, A. D. 1987. Determinación de un sistema de transporte forestal, en la región Costa Grande del estado de Guerrero. Tesis Profesional. Especialista en Bosques. U A C H. Chapingo, México,

- Guzmán, Z, D. 1985. Aplicación de la programación lineal en la solución de un problema de transporte. Tesis Profesional. Especialista en Bosques. U A C H. Chapingo, México. 145 p.
- Kidd, W. E. Jr; Thompson, E. F. and Hoepner, P. H. 1966. "Forest regulation by linear programming: A case study". *Journal of Forestry*. 64 (9). pp. 611-613.
- Leak, W. B. and Filip, S. M. 1970. Cutting strategies and timber yields. Upper Derby, Pacific Northeast Forest Experiment Station Resources. Pa. N E. N° 53. 19 p.
- Loucks, D. P. 1964. "The development of an optimal program for sustained yield". *Management Journal of Forestry*. N° 62. pp. 485-490.
- Lyon, K. and Sedjo, R. 1983. "An optimal control model to estimate the regional Long-Teim supply of timber". *U S A. Forest Science* 29(4). pp. 798-812.
- Moreno, S, R. 1984. Modelo de programación lineal para la planeación de labores de abastecimiento forestal. Tesis Profesional. Especialista en Bosques U A C H. Chapingo, México. 179 p.
- Navon, D. I. 1971. Timber RAM. . . a long-range planning method for comercial timber land under multiple use management. Pacifics Southwest Forest and Range Experiment Station. Berkeley, U S A.
- Rivero, B, D. P. 1984. Modelo para la regulación de la corta en bosques coetáneos de clima templado-frío. Tesis Profesional. Especialista en Bosques. U A C H. Chapingo, México. 115 p.
- Torres, R, J. M. 1984. Tablas de rendimiento de densidad variable para *Pinus hartwegii* Lindl., en la Estación Forestal Experimental Zoquiapan, estado de México. Tesis Profesional. Especialista en Bosques. U A C H. Chapingo, México. 278 p.
- Wijngaard, P. and Reinders, M. 1985. "Optimization of forest road network". *Netherlands Journal of Agriculture Sciences*. 33(2). pp. 175-179.

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

POSIBLE ESPECIE NUEVA DE ROYA DE PINO EN LA SIERRA DEL AJUSCO, MÉXICO, D F.

Salinas Quinard Rodolfo *
Nieto de Pascual Pola Cecilia **

RESUMEN.

Un estudio fitoecológico en la sierra del Ajusco localizó un caso de roya en ramas de *Pinus montezumae*; que sintomatológicamente es diferente de las infecciones comunes de pinos del Eje Neovolcánico.

Se practicaron comparaciones con diversos ejemplares de roya y con la literatura especializada. El seguimiento de claves la acercó a *Peridermium stalactiforme*, en una primera aproximación.

Muestras del material colectado se enviaron a Canadá, de cuya inspección se encontró afinidad con *Cronartium filamentosus* en su fase ecidospórica, pues dichas estructuras están organizadas en filamentos y provistas de episporios completamente cubiertos de ornamentaciones.

Se considera un caso único, con riesgo de dispersión y de consecuencias que pudieran no tener precedentes.

Es necesario realizar investigaciones más completas para la determinación de especies hospederas alternantes, una de las cuales puede ser *Alnus jorullensis* ssp. *jorullensis*.

Palabras clave: Roya de pino, protección forestal, bosques de pino, *Pinus montezumae*, sierra del Ajusco.

ABSTRACT.

Through a phytoecological study in sierra del Ajusco, was found a case of branch rust

* Q B P. Ex-Investigador Titular del I N I F A P-S A R H.

** Bióloga. M C. Investigadora Titular del C E N I D-C O M E F. I N I F A P-S A R H.

over *Pinus montezumae*; symptomathologically it is different from infections occurring in pines, along the Eje Neovolcanico mountain chain.

Comparisons were made with several rust examples and with specialized literature. Key review approached to *Peridermium stalactiforme*.

Samples were sent to Canada, where they found it was closely associated with *Cronartium filamentosus* in its ecidiosporic phase, since these structures follow a filamentous pattern and have episporia fully ornamented.

This is considered a unique case, with the risk of dispersal and unknown preceding consequences.

Broader research is needed to determine the alternating host species, one of which might be *Alnus jorullensis* spp. *jorullensis*.

Key words: Pine rust, forest protection, pine forests, *Pinus montezumae*, sierra del Ajusco.

INTRODUCCIÓN.

Para el estudio de aspectos ecológicos, el encuentro con un solo representante de alguna especie vegetal o animal, o con algún incidente poco común, es un motivo que despierta curiosidad o una más acentuada inquietud por indagar a fondo acerca de la naturaleza, dimensión, condición de presencia y efecto del caso.

En situación similar llega a encontrarse el fitopatólogo forestal para quien el hallazgo de un caso nuevo, ya sea éste francamente desconocido o en referencia al lugar de ocurrencia, es suficiente motivación para cerciorarse de que aquéllo no representa un problema inmediato.

Así como para tener el convencimiento de que no se enfrenta a una entidad patogénica extraña y de peligrosidad impredecible.

Puede considerarse a las royas entre los problemas de enfermedades en especies arbóreas forestales que en México representan mayores riesgos de daño, tanto por su distribución especial, como por la variedad de especies hospederas que comprenden.

De éstas, son particularmente importantes las de la familia Cronartiaceae, cuyos miembros están capacitados para parasitar selectivamente los tallos, ramas y conos de los pinos, como lo señalaron Peterson y Salinas en 1987.

Asimismo, pueden parasitar las agujas y hojas de un número considerable de especies de coníferas y latifoliadas, donde el aspecto de las lesiones es una peculiaridad para reconocer directamente su identidad de roya y poder establecer un diagnóstico inmediato, lo suficientemente acertado.

Particularmente si se trata de royas caulícolas, que son morfológicamente diferenciables en sus aspectos sintomatológicos, y en los microscópicos de ciertos elementos de sus estructuras de reproducción.

El hallazgo de una roya con sintomatología distinta a la que produce la roya de ramas y tallos más frecuentemente conocida en México, en las ramas de un pino (*Pinus montezumae* Lamb.), incidente ocurrido durante el desarrollo de un estudio ecológico en la sierra del Ajusco, en el Distrito Federal, indujo a los autores a tomar en cuenta una situación que, aunque única de momento, no dejó de despertar interés.

ANTECEDENTES.

Patólogos forestales del extranjero principalmente, han estudiado royas en ramas y tallos, lo que quizá se deba a una mayor incidencia de casos en aquellas poblaciones boscosas.

En este sentido, la información es profusa, por lo que resulta pertinente elegir la más trascendental sobre el caso que nos ocupa, si bien cabe aclarar que éste difiere un tanto en lo correspondiente a la precisión y similitud de las características comparables.

Así puede mencionarse, la descripción que Peace¹ anota acerca de *Peridmium pini* Pers. Lév., y *Cronartium rubicola* Fisher, atacando ramas de pinos en Europa.

Sin embargo, en vista de que resulta remota la posibilidad de que las royas de México sean introducidas de Europa, la referencia mencionada adquiere únicamente un carácter documental general.

Debido a lo anterior, se indicará en forma preferente la literatura de Estados Unidos de América y de Canadá, por razones de cercanía.

Boyce² en referencia sobre la roya de los pinos, cita a Hedcock y Long, quienes

¹ Peace, T. R. 1962. Pathology of trees and shrubs.

² Boyce, J. S. 1961. Forest Pathology.

reportaron en 1915, respecto a la distribución de *Cronartium comandrae* Pk. (igual a *C. pyriforme*), como causa de la roya ampulosa comandra "comandra blister rust".

A Mielke en 1956, señalando además a las especies de plantas hospederas alternantes.

A Meinecke lo cita Boyce *op. cit.*, en relatos de 1920 acerca de las descripciones de la morfología de las lesiones producidas por *Peridermium stalactiforme* Arth. y Kern., roya de la cual Mielke había ya hecho mención.

A Hedcock y Hunter, quienes en 1958, destacaron a *Cronartium fusiforme* (Arth. y Kern) Hedgc. & Hunt., como agente causal de la roya en ramas de pinos, especie de la que según Boyce *op. cit.*, había sido definida ya la anatomía de sus agallas por Jackson y Parker en 1957.

En México, las informaciones sobre este tipo de daño, hasta el momento se reducen a la roya globosa generada por *Cronartium conigenum* Hedgc. y Hunter., reportada por Peterson en 1962, o *Cronartium quercuum* (Berck.) Miyabe ex Shirai³.

De lo anterior resulta que una infección como la actual, parece no tener mayores elementos de referencia, como más adelante se confirmará.

Descripción de la zona de localización del ejemplar.

Dentro del grupo montañoso conocido como sierra del Ajusco, al sur del Distrito Federal, en la delegación política Tlalpan, se ubica un paraje extenso llamado "El Desparramadero", en una de cuyas comunidades se encontró la roya.

El sitio se localiza a 8 kilómetros al noreste del kilómetro 45 de la carretera federal México-Cuernavaca, próximo al límite con el estado de Morelos.

Está ubicado a una altura de 3 100 metros sobre el nivel del mar (m s n m), con exposición sur, en un área accidentada, pero en terreno relativamente plano (con pendiente aproximada de 5%).

La población más cercana es Parres y la estación de ferrocarril "La Cima", es un punto de referencia.

La comunidad vegetal corresponde a bosque de coníferas y latifoliadas en clima

³ Gibson, I. A. S. y Salinas-Quinard, R. 1985. Notas sobre enfermedades forestales y su manejo.

templado-frío (C(W₂)(b')i), en terreno de suelo profundo, con rocosidad de origen volcánico que cubre aproximadamente 15% del área.

Se trata de un pinar de *Pinus montezumae* Lamb., en asociación con *Alnus firmifolia* Fern.

La hojarasca es abundante, de 2 a 3 cm de espesor, está compuesta por folios aciculares de pino y folios de pastos y de ailes.

El material fino lo conforman ramillas. La diversidad florística no es muy rica y la mayor cobertura (60%), corresponde a pastos.

METODOLOGÍA.

En este sitio, dimensionado a 1 000 m² (0.1 ha) como unidad muestra básica, se contó el total de árboles y se levantó el inventario florístico correspondiente.

Del árbol afectado se tomaron muestras de follaje y conos, para su posterior identificación, misma que se logró mediante el apoyo del Herbario Nacional Forestal del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (I N I F A P), en Coyoacán, Distrito Federal.

La colecta de material patológico consistió en cortar con gancho podador dos ramas que mostraban síntomas de infección.

Este material se depositó en bolsas de papel para evitar la dispersión de esporas y facilitar su transportación al laboratorio. No es conveniente el uso de bolsas de polietileno, porque propician humedecimiento y calentamiento excesivo, así como el rápido deterioro del material.

En el laboratorio de Patología se procedió a su registro y diagnóstico, iniciando por el examen de los aspectos macroscópicos de las lesiones y microscópicos del material obtenido de las pústulas o vesículas de la roya.

El ejemplar quedó así registrado con el N° 926 en el laboratorio de Patología Forestal del instituto mencionado, donde se mantiene deshidratado y montado como ejemplar botánico, habiéndose empleado para el montaje una base de cartón corrugado, cubierta por una capa de algodón.

El espécimen, preparado de esta forma y cubierto con papel celofán transparente, permite su examen y la toma de muestras de esporas, en caso necesario.

Otra porción de muestra fue enviada al doctor Yasuquhsi Hiratsuka⁴, especialista en royas en el Centro Forestal del Norte (Northern Forestry Centre), en Edmonton, Alberta, Canadá

Debido al aspecto excepcional de la lesión, se procuró la búsqueda de información sobre las royas de los pinos en general, consultando diversos autores como: Hubert⁵; Boyce *op. cit.*; Peace *op. cit.* y Hepting⁶.

Con la intención de encontrar similitud con la morfología de las royas conocidas en los pinos de México, mencionadas por diferentes autores como Martínez⁷; Peterson en 1967; Gibson⁸; Gibson y Salinas Quinard *op. cit.*

En relación concreta con las royas calificadas como caulícolas por los especialistas estadounidenses Cummings⁹; Ziller¹⁰ y Cummings e Hiratsuka¹¹.

De la comparación con ilustraciones y del seguimiento de descripciones sintomatológicas y morfológicas, más el apoyo en claves determinativas, fue posible ubicar el problema parcialmente, como más adelante se señala.

RESULTADOS.

El sitio de incidencia del problema de la roya en *Pinus montezumae*, comprende una estructura vegetal configurada como sigue:

⁴ Hiratsuka, Y. and Powell, J. M. Pine stem rusts of Canada.

⁵ Hubert, E. E. 1931. An outline of Forest Pathology.

⁶ Hepting, G. H. 1971. Diseases of forest and shade trees of the United States.

⁷ Martínez, M. 1948. Los pinos mexicanos.

⁸ Gibson, I. A. S. 1979. Diseases of forest trees widely planted as exotics in the tropics and southern hemisphere.

⁹ Cummings, G. B. 1959. Illustrated genera of rust fungi.

¹⁰ Ziller, W. G. 1974. The tree rusts of western Canada.

¹¹ Cummings, G. B. and Hiratsuka, Y. 1984. Illustrated genera of rust fungi.

ESTRATO Nº Formación	ESPECIE	FAMILIA
I Rasante	<i>*Ribes pringlei</i>	Saxifragáceas
	<i>Alchemilla procumbens</i>	Rosáceas
	<i>Potentilla candicans</i>	Rosáceas
	<i>Lithospermum distichum</i>	Boragináceas
	<i>*Senecio sinuatus</i>	Compuestas
	<i>Gnaphalium</i>	Compuestas
II Herbáceo	<i>Festuca amplissima</i>	Gramíneas
	<i>Muhlenbergia nigra</i>	Gramíneas
	<i>Stipa ichu</i>	Gramíneas
	<i>Buddleia parviflora</i>	Logeniáceas
	<i>Penstemon companulatus</i>	Escrofulariáceas
	<i>Eryngium monocephalum</i>	Umbelíferas
	<i>*Senecio callosus</i>	Compuestas
	<i>Solanum nigrum</i>	Solanáceas
III Arbustivo	<i>*Senecio cinerarioides</i>	Compuestas
	<i>Ribes pringlei</i>	Saxifragáceas
	<i>*Alnus firmifolia</i>	Betuláceas
IV Arbórea	<i>Pinus montezumae</i>	Pináceas
	<i>**Alnus firmifolia</i>	Betuláceas

* Especies consideradas hospederas alternantes de royas de coníferas (Boyce, Peace, Hepting, Ziller, Hiratsuka, *ops. cit.*)

** Especie de la cual se sospecha que, en México puede ser hospedera alternante de especies de *Cronartium*.

Cuadro N° 1. Composición florística por estratos.

En el sitio se contó un total de 48 individuos del estrato arbóreo, correspondiendo 9 a pinos y el resto a ailes.

El 29% del arbolado se encontró libre de síntomas de enfermedad, o de infestación por insectos.

Los pinos manifestaron evidencias de infecciones antiguas de royas en conos; solamente un individuo, el que se trata, tuvo infección activa en varias ramas.

Se trata de un ejemplar de *Pinus montezumae* Lamb., cuyos aspectos estructurales y morfológicos, minerales *in situ*, corresponden a los de un árbol con corteza gruesa (4 cm de espesor), rugosa, áspera, y agrietada, de coloración moreno-rojiza, diámetro (D A P) de 60 cms; altura de 18 m (13 m de fuste limpio), y 5 m de copa (cobertura aérea).

Ramazón larga y vigorosa, colgante hasta poca distancia del suelo. Follaje verde oscuro, integrado por hojas aciculares que imparten al individuo un aspecto sano.

Flores femeninas o conillos ahusados; conos curvos, morenos, sin evidencias de síntomas de infección.

En forma contrastante con la coloración café-oscuro de corteza de ramas y ramillas normales, la rama infectada fue evidente a distancia, destacándose entre las de la parte baja de la copa del pino, a escasa altura del suelo por una coloración amarilla brillante, situada a la presencia de vesículas o pústulas de color amarillo-anaranjado.

Esta condición fue observada únicamente en el ejemplar descrito, no obstante haberse recorrido el monte y examinado el arbolado de diferentes comunidades vegetales, durante varios meses.

Las ramas enfermas presentaban lesiones, en las cuales se desarrollaron las fructificaciones del hongo en forma de vesículas piramidales de aproximadamente 5 mm de altura por 3 a 4 mm en la base, emergiendo de la corteza y agrupadas sin orden definido.

La coloración de esas vesículas, fue debida al contenido de material pulverulento, el que conservado bajo refrigeración o expuesto al ambiente, sufrió una decoloración paulatina.

La infección no produjo hiperplasia (hinchamiento), o modificación significativa de la rama, como ocurre en los casos comúnmente conocidos de las agallas globoides, atribuidas a infecciones por *Cronartium conigenum*, según Peterson y Salinas, *op. cit.*, y *C. quercuum*, Gibson *op. cit.*

El material pulverulento (esporas), observado al microscopio se presenta, de primer intento, formado por elementos redondeados, con episporio previsto de ornamentaciones

equinuladas cubriendo toda su superficie, sin dejar alguna porción o polo desnudo; contrariamente a lo que ocurre en la mayoría de las esporas ornamentadas de royas de pinos.

La comprobación de las ilustraciones de diferentes obras, Ziller *op. cit.*; Hiratsuka *ibidem*, condujo a considerar, en principio, similitud sintomatológica con la roya producida por *Peridermium stalactiforme*, denominación con la cual fue provisionalmente registrado el ejemplar de colecta.

El seguimiento de claves determinativas condujo a apreciaciones similares, excepto en lo correspondiente a características de esporas, por una parte, y a la circunstancia de desconocimiento de las hospederas alternantes posibles, asociables con el *Pinus montezumae*.

El aspecto macroscópico de la lesión encontrada en las ramas de un pino *Pinus montezumae* en la sierra del Ajusco, tiene semejanza acentuada con la descripción sintomatológica de infecciones por *Cronartium coleosporioides* f. *coleosporioides*, en pinos, según Ziller *op. cit.*, o las causadas por *Cronartium coleosporioides*, también en pinos, según Hiratsuka *op. cit.*, siendo estas denominaciones sinónimas de *Peridermium stalactiforme*.

Las descripciones correspondientes de la morfología microscópica de las esporas, coinciden en que se trata de esporas ornamentadas equinuladas, con las ornamentaciones cubriendo parcialmente el episporio.

En contraste, las esporas de la roya del pino colectado en la sierra del Ajusco presentan episporio totalmente cubierto por ornamentaciones.

DISCUSIÓN.

La relativa alta proporción de ailes (*Alnus firmifolia*), en el sitio, sugiere una condición de disturbio profundo y un estado de la población de pino, originalmente amenazada.

Esta condición indica posibilidades de sensibilización de los pinos al ataque de plagas de distinta naturaleza, incluyendo a las de roya.

Tal como la evidencia, el hallazgo de infecciones antiguas, de aspecto definidamente distinto al del caso que se trata, el cual, a su vez revela, receptividad de la especie *Pinus montezumae*, y representa un riesgo de dispersión de la supuesta nueva roya caulícola encontrada.

El hecho de haberse detectado un solo árbol infectado, no excluye el riesgo de dispersión agresiva de la roya y el peligro de desarrollo de brotes epidémicos propiciados por las condiciones de disturbio mencionadas, que determinaron un probable aumento relativo de población de hospederas alternantes en el sitio mismo de incidencia y en el área.

Considerando que, en general, las royas de coníferas tienen alta selectividad de hospederas, particularmente de familias como las Compuestas, Saxifragáceas y Escrofulariáceas, por lo menos.

Ya que, de acuerdo con el sentir de conocedores de royas, la ausencia de hospederas específicas es definitiva y directamente funcionable con la ausencia de infecciones.

Debido a lo anterior, es patente que la roya que nos ocupa no puede ser *Cronartium colesporioides*, puesto que en el sitio no se encontró en plantas alternantes selectivas como:

- *Castilleja* spp.
- *Melaperyrium lineare*
- *Orthocarpus luteus*
- *Pedicularis bracteosa*
- *Rhinanthus cristagalli*

Que se señalan como hospederas uredoteleutospóricas.

Queda entonces por determinar cuál o cuáles de las especies:

- | | |
|--|-----------------|
| - <i>Ribes pringlei</i> | Saxifragácea |
| - <i>Senecio sinuatus</i> , <i>S. callosus</i> y <i>S. cinerarioides</i> | Compuestas |
| - <i>Penstemon campanulatus</i> | Escrofulariácea |

Incluidas en el cuadro N° 1 *vid., supra*, puedan ser las hospederas alternantes reales; falta también determinar si la roya en cuestión corresponde en realidad a una especie estrictamente autoica.

Según el doctor Hiratsuka (*com pers.*), en su opinión definitiva, el agente patógeno no es identificable como *Peridermium stalactiforme*, pero se requiere mayor comparación con alguna forma del complejo *P. filamentosum*, al cual pudiera pertenecer.

CONCLUSIONES.

- Se trata de una especie de roya no reportada en la región central de México y hasta donde se tiene conocimiento, no ha sido conocida en este país.

- La confirmación final de su identidad será probablemente emitida en su oportunidad por el doctor Yasuquhi Hiratsuka especialista en roya de especies forestales.

- El hallazgo de una posible especie nueva de roya, implica la necesidad de una búsqueda más intensa de casos similares, con objeto de tener un panorama de su distribución, de las apreciaciones inherentes a su potencial de peligrosidad actual y futura, así como del material biológico para la realización de diagnósticos de laboratorio y de experimentos de campo.

- Lo anterior permitirá el seguimiento del ciclo biológico del patógeno y la búsqueda de la gama de especies vegetales (huéspedes alternantes), que permitan la ubicación taxonómica definitiva de la roya que se trata.

BIBLIOGRAFÍA.

- Boyce, J. S. 1961. Forest Pathology. McGraw-Hill Book Co. New York. 3rd edition. U S A.
- Cummings, G. B. 1959. Illustrated genera of rust fungi. Burgess Publishing Co. Minneapolis, Min. U S A.
- Cummings, G. B. and Hiratsuka, Y. 1984. Illustrated genera of rust fungi. Revised edition. Am Phytopathological Soc. U S A.
- Gibson, I. A. S. 1979. Diseases of forest trees widely planted as exotics in the tropics and southern hemisphere. Part II. The genus Pinus. Commonwealth Mycological Institute. Kew, Surrey/Commonwealth Forestry Institute. University of Oxford, England.
- Gibson, I. A. S. y Salinas-Quinard, R. 1985. Notas sobre enfermedades forestales y su manejo. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. México. Boletín Técnico. N° 106.
- Hepting, G. H. 1971. Diseases of forest and shade trees of the United States. U S Department of Agriculture. U S A. Handbook N° 386.

- Hiratsuka, Y. and Powell, J. M. 1976. Pine stem rust of Canada. Department of Environment/Canadian Forestry Service. Northern Forest Research Center. Edmonton, Alberta, Canada. Forestry Technical Report 4.
- Humbert, E. E. 1931. An outline of Forest Pathology. John Wiley & Sons, Inc. New York, U S A.
- Martínez, M. 1948. Los pinos mexicanos. Ed Botas. México. 2ª edición.
- Peace, T. R. 1962. Pathology of trees and shrubs.
- Sánchez, S. O. 1980. La Flora del valle de México. Ed Herrero, S A. México. 6ª edición.
- Ziller, W. G. 1974. The tree rust of western Canada. Department of Environment/Canadian Forestry Service. Pacific Forest Research Center. Canada. Publication Number 1329.

EFECTO DEL FUEGO SOBRE ALGUNOS MICROORGANISMOS EN UN SITIO DE PLANTACIÓN FORESTAL.

Rodríguez Santiago Bartolo *
García Cuevas Xavier **
Gutiérrez Baeza Álvaro ***

RESUMEN.

Este trabajo se efectuó en un área de plantación forestal del Campo Experimental Forestal "San Felipe-Bacalar", Quintana Roo.

Se considera la importancia de conocer el comportamiento microbiológico del suelo al aplicarse la quema como práctica de preparación del sitio para plantación.

Las muestras de suelo se obtuvieron a dos profundidades (superficial y 20 cm), con una periodicidad de 15, 30, 60 y 120 días después de quemar y se mantuvo un testigo (sin quemar).

Las muestras fueron analizadas en laboratorio utilizando la metodología de Stotzky, la cual evalúa la tasa de CO₂ liberado (mg/100 g de suelo). También se cuantificaron algunos microorganismos del suelo como bacterias, hongos y actinomicetos.

Los resultados indican que la mayor actividad microbiológica del suelo se efectúa en la superficie del mismo. El fuego afecta la microbiología del suelo durante los primeros 30 días de efectuada la quema, recuperándose rápidamente después de este período.

De los microorganismos cuantificados, las bacterias fueron las más afectadas por el fuego; pero también fueron las que más proliferaron después de la quema.

En general, los microorganismos estudiados se beneficiaron con la quema, ya que en

* Investigador del Campo Experimental Forestal "San Felipe-Bacalar" Quintana Roo. CIR-Sureste. INIFAP-SARH.

** Investigador del Campo Experimental Forestal "San Felipe-Bacalar" Quintana Roo. CIR-Sureste. INIFAP-SARH.

*** Becario. Investigador C A E. Chetumal. CIR-Sureste. INIFAP-SARH.

todos los casos rebasaron los niveles presentados en el testigo.

Palabras clave: Quemadas prescritas, plantaciones forestales, bosque tropical, roza-tumba-quema, Quintana Roo.

ABSTRACT.

This work was performed in a forest plantation area of the "San Felipe-Bacalar" Campo Experimental Forestal, at Quintana Roo.

Considering the importance of knowing the microbiological behavior of soil when burning is used as a practice to prepare the plantation site.

Soil samples were obtained at two different depths (surface and 20 cm) with a periodicity of 15, 30, 60 and 120 days after burning, and a witness was kept (unburnt).

Samples were analyzed at the laboratory using the Stotzky methodology, which assesses the rate of CO₂ released (mg/100 g of soil). Some soil microorganisms such as bacteria, fungi and actinomycetes were also quantified.

Results indicate that most microbiological activity of soil occurs at soil surface. Fire affects soil microbiology during the first 30 days after the burning takes place, with a fast recovery after such period.

Out of quantified microorganisms, bacteria were the most affected ones by fire; but they were also the ones with the highest growth after burning.

Generally speaking, studied microorganisms were benefitted with such burning, as in all instances their levels were higher than those presented by the witness.

Key words: Prescribed forest fire, forest plantations, tropical forest, roza-tumba-quema, Quintana Roo.

INTRODUCCIÓN.

El sistema agrícola roza-tumba-quema se practica en la mayor parte de las áreas tropicales y afecta aproximadamente al 30% de los suelos aprovechables del mundo con

3 600 millones de hectáreas; al mismo tiempo, constituye la forma más extensa de manejo de suelos en los trópicos, ya que representa alrededor del 44% de las tierras con potencial agrícola¹.

Bajo esta práctica, el uso del fuego ha sido económicamente insustituible en la preparación del terreno y labores de cultivo.

El fuego, como parte integral de este sistema, sus ventajas y desventajas, han sido estudiados por diversos autores, entre ellos destacan Hernández² y Sánchez, *op. cit.*

Los suelos forestales están constituidos por una gran cantidad de sustancias orgánicas y minerales disponibles como fuentes de carbono y energía, lo que crea un ambiente favorable para la proliferación de microorganismos que tienen una función especial con respecto a:

- La formación del suelo
- Degradación de la materia orgánica
- Disponibilidad y reciclaje de nutrientes
- Participación en el metabolismo y crecimiento de los árboles³.

Una forma indirecta para determinar la fertilidad de los suelos forestales, es midiendo la actividad microbiana, ya que en forma general, se puede decir que, entre mayor actividad microbiana se desarrolla en el suelo, éste tenderá a ser más productivo⁴.

La actividad microbiana se determina al medir su respiración, utilizando como medida la liberación de CO₂.

Se entiende por respiración del suelo a las emisiones de CO₂, producto de la actividad metabólica de raíces y microorganismos que se encuentran en él.

Esta actividad metabólica se da en gran medida, gracias a la existencia de materia orgánica que los microorganismos utilizan como fuente de energía⁵.

¹ Sánchez, P, A. 1981. "Suelos del trópico. Características y manejo". pp. 354-421.

² Hernández, X, E. 1962. Los recursos naturales del sureste y su aprovechamiento.

³ Pritchett, W, L. 1986. Suelos forestales: propiedades, conservación y mejoramiento.

⁴ Soria, M. 1987. La actividad microbiana del suelo y su efecto sobre la producción de tomate (*Lycopersicum esculentum*), en el norte de Yucatán.

⁵ Solie, E. y Maass, J. 1989. Tasa de respiración del suelo en una selva tropical estacional.

OBJETIVO.

El propósito general de esta investigación fue:

- Conocer el comportamiento de la microbiología del suelo después de una quema, como práctica de preparación del sitio para plantación forestal.
- Utilizar como medida la liberación de CO₂ para conocer el grado de afectación del fuego sobre la microbiología, así como el ritmo al cual ésta se recupera después de la quema.
- Cuantificar algunos microorganismos existentes en el suelo, tales como bacterias, hongos y actinomicetos.

MATERIALES Y MÉTODOS.

Localización del área.

La investigación se realizó en una superficie desmontada para plantación forestal de 7 hectáreas (ha), localizada en el Campo Experimental Forestal "San Felipe-Bacalar", ubicado entre los paralelos 18° 46' y 18° 51' de latitud norte y los meridianos 88° 20' y 88° 32' de longitud oeste, en el municipio de Othón P Blanco, en el estado de Quintana Roo.

La altura sobre el nivel del mar varía de 1 a 20 metros.

El clima, de acuerdo con la clasificación del Köppen, modificado por García⁶, es un Aw² (i), siendo el más húmedo de los cálido subhúmedos, con lluvias en verano.

Presenta una precipitación media entre 1 000 y 1 200 mm anuales, con una temperatura media de 26 °C y vientos dominantes del sureste⁷ (cfr. Revista Ciencia Forestal N° 3).

Fase de campo.

Las muestras se obtuvieron en un suelo kankab (luvisol crómico), desmontado a

⁶ García, E. 1983. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen.

⁷ Chavelas, P, J. 1976. "Campo Experimental Forestal San Felipe-Bacalar". pp. 65-74.

matarrasa con quema de la vegetación y un testigo sin quemar que se mantuvo durante el tiempo de desarrollo del experimento.

Se tomaron 12 muestras de suelo dentro de la superficie para plantación, distribuidas en un arreglo sistemático y 4 muestras de suelo en el testigo, localizadas fuera del área de plantación, y en dirección de los cuatro puntos cardinales con relación al centro del sitio de plantación.

En todos los casos, las muestras de suelo fueron tomadas a dos profundidades (0 cm ó superficial y 20 cm de profundidad). El criterio para determinar la profundidad utilizada se basa en que, según la literatura, es en este nivel donde se tiene la mayor actividad microbiana.

La periodicidad de los muestreos fue la siguiente: antes de la quema, la cual se realizó en los primeros días de mayo, posteriormente a los 15, 30, 60 y 120 días, después de la quema.

Fase de laboratorio.

Las muestras de suelo fueron secadas al aire libre bajo sombra y tamizadas con poro de 1 mm de diámetro. De acuerdo a Stotzky⁸ y Tate⁹, se empleó como medida la actividad microbiológica del suelo, mediante la tasa de CO₂ liberado (mg/100 g de suelo).

Se pesaron 100 g de suelo y se colocaron en frascos de boca ancha. Por otro lado, en vasos Erlenmeyer de 50 g, se añadieron 10 ml de una solución de hidróxido de sodio (NaOH) al 1N, a los cuales se colocó una pequeña tira de papel filtro con el objeto de captar el CO₂ de la atmósfera del frasco.

Estos pequeños vasos fueron incorporados dentro de los frascos con suelo, los cuales fueron sellados herméticamente e incubados a temperatura de laboratorio por espacio de una semana, al término de la cual, se determinó la tasa de CO₂ liberado.

Durante este lapso, el suelo se mantuvo a un 75% de capacidad de campo.

Para determinar la cantidad de microorganismos presentes en el suelo, se pesaron 10 g de éste y se transfirieron a una solución salina estéril, hasta obtener una dilución de 10⁻² y 10⁻⁶.

⁸ Stotzky, G. 1965. "Microbial respiration". pp. 1550-1571.

⁹ Tate, R. C. 1987. Soil organic matter biological and ecological effects.

De estas diluciones se tomaron tres muestras de 1 ml/caja de Petri, adicionándoles 15 ml del medio de cultivo, utilizando gelosa simple para el caso de bacterias, rosa de bengala o terramicina agar para hongos filamentosos y czapeck para actinomicetos.

Las cajas de Petri se incubaron a temperatura ambiente durante 5 a 7 días, debido a que las bacterias se desarrollaron de 24 a 48 horas, los hongos filamentosos de 2 a 5 días y los actinomicetos de 5 a 7 días.

Diseño experimental.

Para el caso de la actividad microbiológica del suelo, el diseño experimental utilizado fue completamente al azar con arreglo factorial 2×5 (A y B), siendo el factor A la profundidad 0 y 20 cm, y el factor B los días después de la quema (0, 15, 30, 60 y 120 días), con 11 repeticiones.

Los resultados se reportan en mg de $\text{CO}_2/100$ g de suelo y fueron sometidos a un análisis de varianza y comparación de medias mediante la prueba D M S, al 0.05 de significancia.

En el caso de la cuantificación de hongos, bacterias y actinomicetos, se seleccionaron las cajas con 30 a 300 colonias y los cálculos se realizaron obteniendo la media aritmética de las repeticiones, multiplicada por el exponente positivo de su dilución, dividido por el peso del suelo seco presente en la alicuota.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

Los resultados indican que la mayor actividad microbiológica del suelo se presenta a nivel superficial (0 cm), con promedio de 15.19 mg de $\text{CO}_2/100$ mg de suelo, siendo más baja a la profundidad de 20 cm, con 14.07 mg de $\text{CO}_2/100$ g de suelo.

Asimismo, se encontró igual nivel de actividad microbiológica a los 60 y 120 días después de quemar, con 17.37 y 17.66 mg de $\text{CO}_2/100$ g de suelo, respectivamente.

De los microorganismos contabilizados, la mayor cantidad se presenta en un nivel superficial del suelo y en todos los casos disminuye después de quemar, pero a los 30 días de aplicada la quema, el nivel de microorganismos se recupera.

En 100 g de suelo, las bacterias, de $3 * 10^5$ individuos antes de quemar, bajaron a $0.13 * 10^5$ después de quemar y a los 120 días se contabilizaron $116 * 10^5$.

Los hongos, de $0.18 * 10^5$ bajaron a $0,03 * 10^5$ después de la quema y posteriormente aumentaron a $10 * 10^5$.

Los actinomicetos, de $0.153 * 10^5$ bajaron a $0.002 * 10^5$, después de quemar y posteriormente aumentaron a $0.628 * 10^5$.

ACTIVIDAD MICROBIOLÓGICA DEL SUELO.

Los resultados del análisis de varianza para la actividad microbiológica del suelo (*vid.*, cuadro 1), indican diferencias altamente significativas tanto para las diversas profundidades estudiadas, como para el tiempo.

En el cuadro 2, *vid.*, *infra*, se presentan los resultados de la prueba de comparación de medias.

En la figura 1, *vid.*, *infra*, se observa que a partir de los 60 días después quemar, la actividad microbiológica a nivel superficial se estabiliza.

Le siguen en orden decreciente, la profundidad de 20 cm a los 120 y 60 días, período en el cual la actividad microbiológica continúa aumentando levemente, aunque en esta profundidad la actividad microbiológica fue menos afectada.

Este tipo de comportamiento coincide con lo señalado por Sánchez *op. cit.*, quien menciona que la temperatura del aire en un bosque tropical en quema puede llegar de $450\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $650\text{ }^{\circ}\text{C}$, a 2 cm sobre la superficie del suelo y que ésta disminuye a razón de $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ por centímetro, bajo la superficie del suelo en los primeros 5 cm.

Más abajo de esta profundidad no se registran cambios importantes en la temperatura del suelo.

* Altamente significativo al nivel de probabilidad indicado.

FUENTE DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD	CUADRADOS MEDIOS	NIVEL DE SIGNIFICANCIA
Factor A	1	27.732 422	0.000*
Factor B	3	245.800 781	0.000*
Interacción	3	2.046 224	0.004*
Error	80	0.423 315	
Total corregido	87		

*Altamente significativo al nivel de probabilidad indicado.

C.V. = 4.4%

Cuadro N° 1. Análisis de varianza para la actividad microbiológica del suelo.

TRATAMIENTOS	MEDIAS*
60 días con superficial	18.3400 a
120 días con superficial	18.2400 a
120 días con 20 cm	17.0800 b
60 días con 20 cm	16.4121 c
30 días con superficial	12.6000 d
30 días con 20 cm	11.6600 e
15 días con superficial	11.6145 e
15 días con 20 cm	11.1500 e

* Letras iguales significan que las medias son estadísticamente iguales.

Cuadro N° 2. Prueba de DMS, al 5% de probabilidad, para la producción de CO₂ (MG/100 g de suelo), medias de la interacción profundidad contra tiempo.

En el cuadro 3 se presentan los resultados promedio del comportamiento que siguió la actividad microbiológica del suelo, durante 120 días después de quemar.

En este caso, el nivel superficial del suelo fue el más afectado, notándose una disminución de la actividad microbiana durante los primeros 15 días después de quemar (con relación al testigo).

La profundidad a 20 cm fue la menos afectada por ser más estables sus condiciones de humedad y temperatura, aunque en el testigo se tuvo una ligera disminución después de aplicada la quema.

Después de los 30 días, la actividad microbiológica del suelo se recuperó rápidamente, haciéndose mayor después de quemar, en la profundidad de 20 cm.

Días transcurridos	TESTIGO		DESPUÉS DE QUEMAR	
	Profundidad (0 cm)	Profundidad (20 cm)	Profundidad (0 cm)	Profundidad (20 cm)
0 (aq)	12.14	11.76	--	--
15 (dq)	11.80	10.63	11.61	11.15
30 (dq)	12.61	12.02	12.60	11.66
60 (dq)	18.40	16.72	18.34	16.41
120 (dq)	19.21	17.23	18.24	17.08

aq = antes de quemar

dq = después de quemar

Cuadro N° 3. Producción promedio de CO₂ (mg/100 g de suelo).

Aunque se tiene una tendencia similar en el comportamiento antes y después de quemar, al inicio se presentó una disminución de la actividad microbiológica hasta los 15 días después de quemar, seguido de un aumento posterior de los 30 días hasta los 60 días,

excepto en el testigo de 20 cm, después de los cuales, permanecen casi constantes (*vid. infra*, figura 1).

Lo anterior indica que durante la época de lluvias, la actividad microbiológica del suelo aumenta, coincidiendo en este caso con los meses de agosto y septiembre, cuando iniciaron las lluvias (*vid. infra*, figura 2), y se presenta la mayor actividad microbiológica del suelo.

Este mismo comportamiento fue encontrado por Sánchez *op. cit.*, quien señala que la población microbiana total disminuye durante la estación seca y aumenta durante la lluviosa.

El comportamiento general coincide con lo señalado por Laudelot en 1961, *cit pos.* Sánchez, *op. cit.*, y Pritchett *Ibidem*, quienes indican que la quema ocasiona una esterilización parcial del suelo, y que ésto es seguido por un brote rápido de población microbiana y eventualmente por un descenso que se aproxima a un nuevo nivel de equilibrio.

La temperatura y la precipitación son dos factores que actúan directamente sobre la producción de CO₂, en general cuando la temperatura es alta y el contenido de humedad es bajo (otoño), la liberación de CO₂ es cercana a cero.

Lo anterior fue señalado por Connell¹⁰ quien, trabajando en laboratorio con muestras de suelo provenientes de dos especies de *Eucalyptus*, generó un modelo de simulación estacional, relacionando la temperatura y el contenido de humedad, encontrando que, cuando el contenido de humedad es del 100%, la actividad microbiológica del suelo permanece constante, pero decrece cuando el contenido de humedad es menor al 80%.

CUANTIFICACIÓN DE MICROORGANISMOS.

Bacterias.

En el cuadro 4 (*vid. infra*), se presentan los promedios del número de microorganismos encontrados antes y después de quemar. El mayor número de bacterias se localizó a la superficie del suelo (prof 0 cm), durante el tiempo que duró el experimento.

A pesar de que se tiene una disminución de bacterias inmediatamente después de quemar, ésta no es muy marcada con relación al testigo.

¹⁰ Connell, A. M. 1990. "Microbial decomposition (respiration), of litter in *Eucalyptus* forests of south-western Australia; an empirical model based on laboratory incubations". pp. 153-160.

Reyes¹¹ (*cf.* Revista Ciencia Forestal N° 26), señala que la quema afecta la microbiología del suelo disminuyendo la población de las mismas; aunque biológicamente el suelo continúa siendo abundante en microorganismos.

Parece ser que la presencia de bacterias tiene preferencia por la temperatura y la humedad después de quemar, pues el nivel de bacterias se incrementa a los 60 días, lo cual concide con el inicio de la precipitación (*vid.*, figuras 2 y 3).

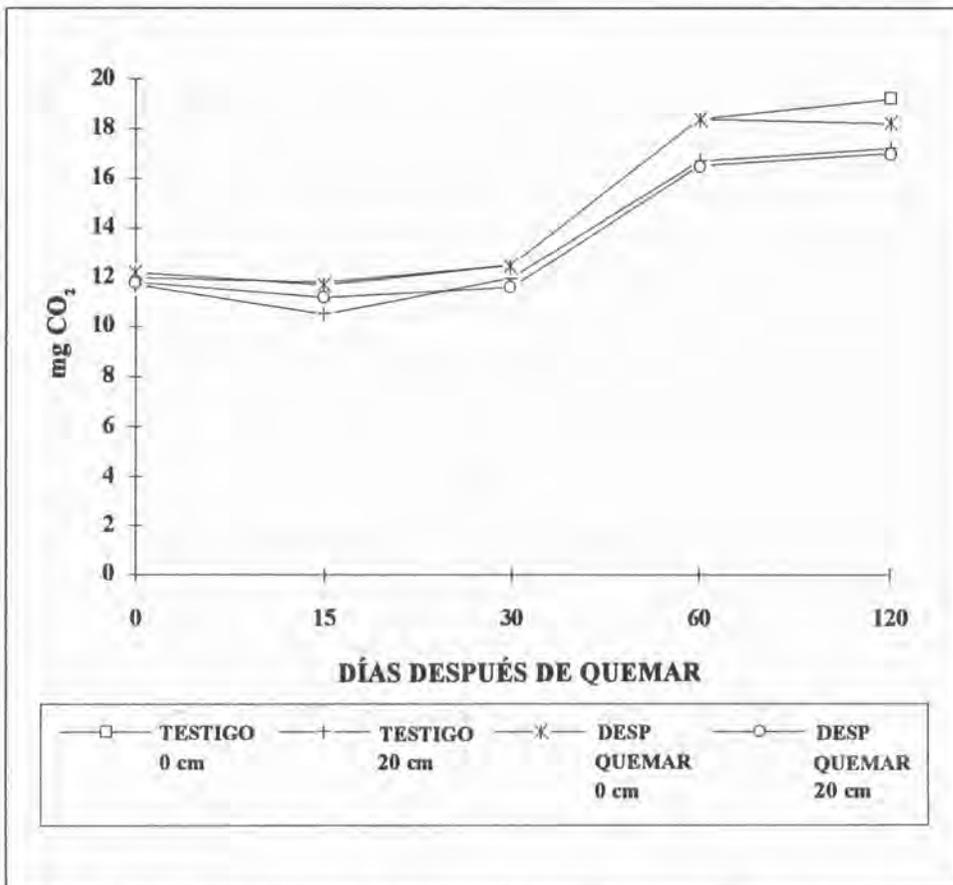


Figura N° 1. Comportamiento de la actividad microbiológica del suelo antes y después de quemar.

¹¹ Reyes, C, R. 1980. "Efecto del fuego sobre algunas características de un suelo yaax-hom y la vegetación en Quintana Roo". pp. 15-41.

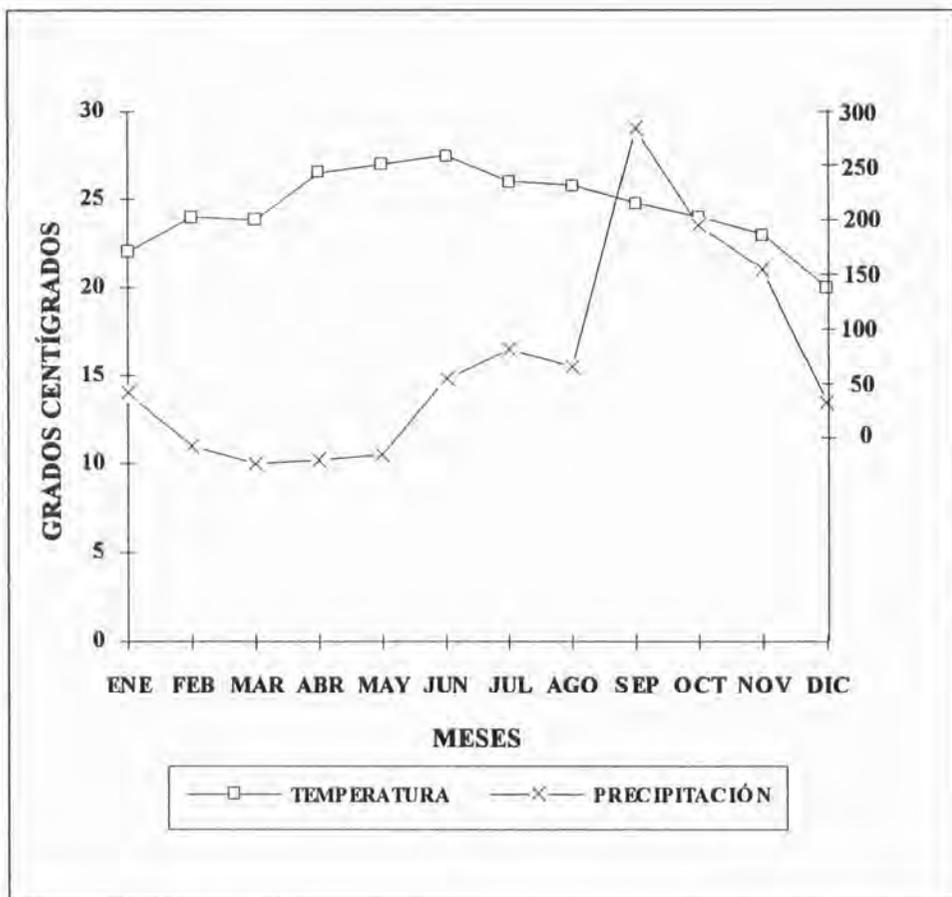


Figura N° 2. Temperatura media mensual y precipitación en 1991. Estación meteorológica, C E F San Felipe-Bacalar.

TIEMPO (DÍAS)	BACTERIAS				HONGOS				ACTINOMICETOS			
	SQ	SQ	DQ	DQ	SQ	SQ	DQ	DQ	SQ	SQ	DQ	DQ
	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2
0	30.00	19.60	--	--	1.80	0.90	--	--	1.53	0.60	--	--
15	2.86	1.70	1.36	1.05	2.30	1.60	0.30	0.20	0.05	0.04	0.02	0.01
30	21.40	7.20	30.00	8.40	0.30	0.48	1.62	0.62	3.00	1.50	9.00	1.50
60	40.00	30.00	97.00	67.00	4.00	3.50	9.80	6.00	3.50	2.50	6.00	3.00
120	960.00	800.00	1160.00	340.00	45.00	40.00	100.00	65.00	4.00	3.50	6.60	4.00

* Altamente significativo al nivel de probabilidad indicado

SQ = Testigo sin quemar

DQ = Después de quemar

P1 = Profundidad de 0 cm

P2 = Profundidad de 20 cm

Cuadro N° 4. Microorganismos encontrados antes y después de quemar (en unidades de 1×10^4 por cada 100 g de suelo).

Hongos.

El mayor número de estos microorganismos se localizó en la capa superficial del suelo antes, y después de quemar (*vid., supra*, cuadro 4).

Sin embargo, se tuvo en esta última condición, una disminución de tales microorganismos en ambas profundidades durante los primeros 30 días; después de los cuales se presentó un incremento, obteniéndose el mayor en el nivel superficial del suelo a los 120 días después de la quema (*vid., figura 4*).

A pesar de que el fuego tuvo un efecto negativo en la cantidad de hongos, después de los 30 días se presentó un aumento mayor que en el testigo.

Este comportamiento está relacionado con el contenido de humedad del suelo y la temperatura del medio ambiente; coincidiendo con el inicio de las lluvias en esta zona y cuando la temperatura tuvo un ligero descenso (*vid.*, figuras 2 y 4).

Actinomicetos.

La mayor cantidad de estos microorganismos se localizaron en la capa superficial del suelo (*vid.*, *supra*, cuadro 4).

También presentaron una disminución durante los primeros 15 días después de la quema, proliferando durante los siguientes 20 días; posteriormente, el nivel permanece más o menos constante, siendo mayor en la superficie del suelo donde se quemó.

Ésto indica que los actinomicetos son inhibidos por la precipitación, pues al iniciarse el período de lluvias, el nivel de microorganismos permanece más constante (*vid.*, figuras 2 y 5).

El comportamiento general de los microorganismos del suelo mostrado en el período estudiado, puede ser un indicador importante para determinar épocas de fertilización en plantaciones forestales.

Pritchett *op. cit.*, señala que los microorganismos del suelo necesitan nutrientes inorgánicos, pero la adición de fertilizantes puede afectar la actividad de estos organismos, por lo que una alternativa puede ser, aplicar fertilizantes antes que se alcance el nivel máximo de actividad en el suelo, o bien, fuera del período, cuando se presenta la mayor actividad de microorganismos.

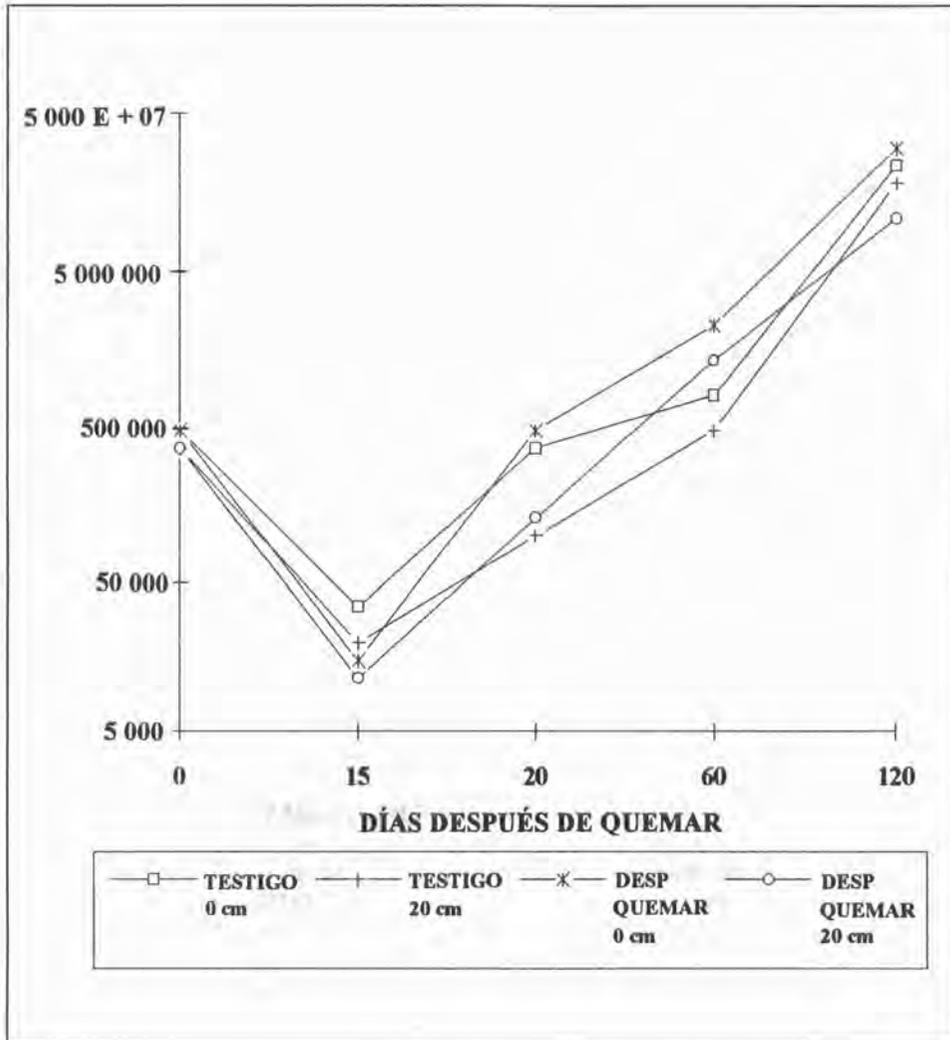


Figura N° 3. Comportamiento de las bacterias antes y después de quemar.

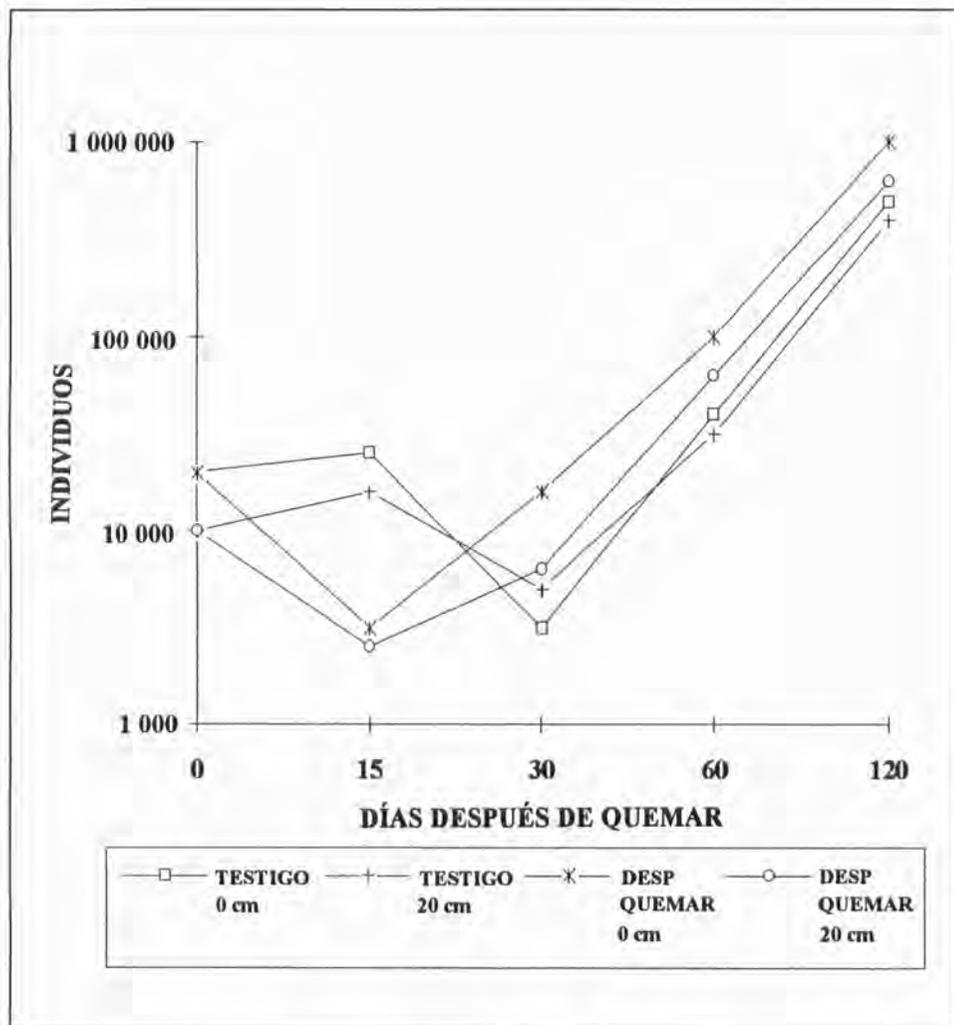


Figura N° 4. Comportamiento de los hongos antes y después de quemar.

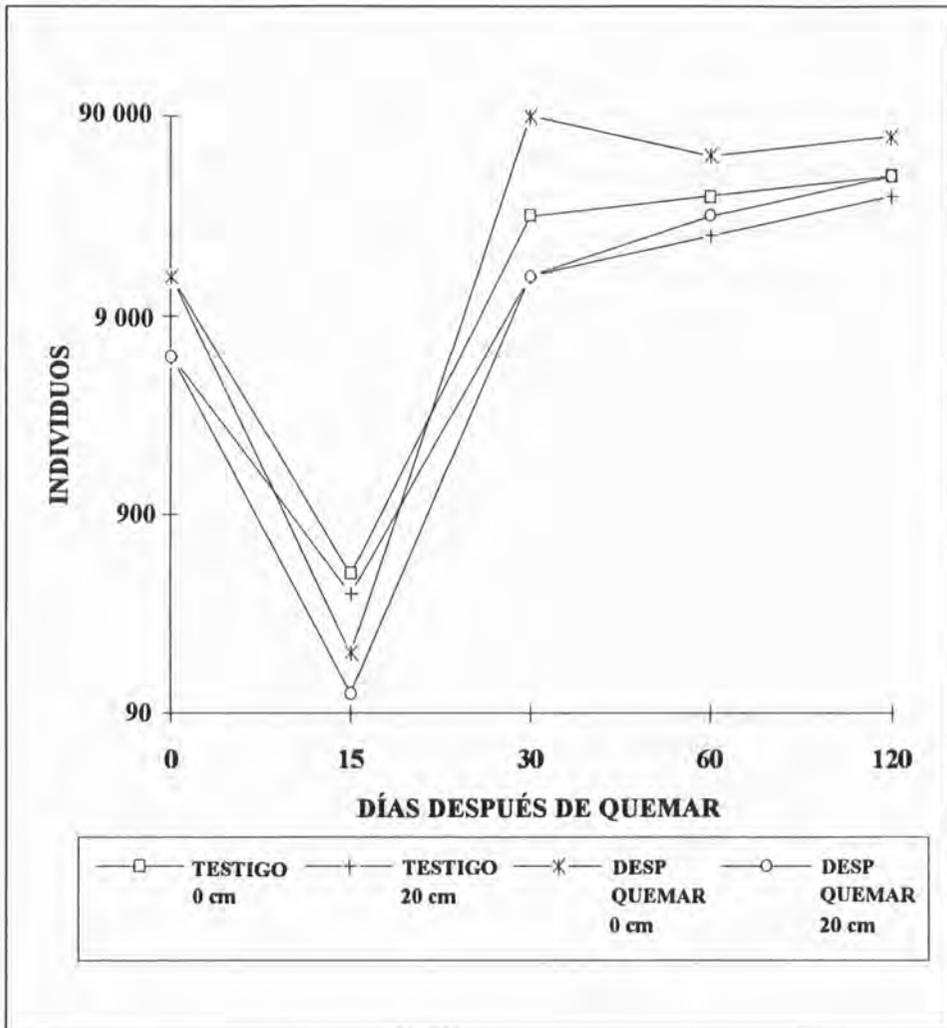


Figura N° 5. Comportamiento de actinomicetos antes y después de quemar.

CONCLUSIONES.

- El comportamiento de los microorganismos estudiados es semejante; disminuyen cuantitativamente durante los primeros 30 días después de la quema, recuperándose a continuación rápidamente, influenciados por la temperatura y precipitación, alcanzando niveles superiores en los lugares donde se aplicó la quema.

- Los factores profundidad del suelo, temperatura y precipitación, son los que más inciden en la actividad microbiológica del suelo.

- De los microorganismos cuantificados, las bacterias fueron las más abundantes, seguidas de los hongos y los actinomicetos.

- Las bacterias fueron las más afectadas por el fuego, pero también las que más proliferaron a los 120 días, después de quemar.

BIBLIOGRAFÍA.

- Connell, A. M. 1990. "Microbial decomposition (respiration) of litter in *Eucalyptus* forests of south-western Australia; an empirical model based on laboratory incubations". *Soil Biol Biochem Great Britain*. 22 (2). pp. 153-160.
- Chavelas, P. J. 1976. "Campo Experimental Forestal San Felipe-Bacalar". Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. México. *Revista Ciencia Forestal*. Vol 1. Nº 3. pp. 65-74.
- García, E. 1983. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México. 246 p.
- Hernández, X., E. 1962. Los recursos naturales del sureste y su aprovechamiento. Revista Chapingo. México. 63 p.
- Pritchett, W. L. 1986. Suelos forestales; propiedades, conservación y mejoramiento. Ed LIMUSA. México. 634 p.
- Reyes, C. R. 1980. "Efecto del fuego sobre algunas características de un suelo yaax-hom y la vegetación en Quintana Roo". Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. México. *Revista Ciencia Forestal*. Vol 5. Nº 26. pp. 15-41.

- Sánchez, P, A. 1981. "Suelos del trópico. Características y manejo". Trad Edilberto Camacho. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. San José, Costa Rica. pp. 354-421.
- Solic, E. y Maass, J. 1989. Tasa de respiración del suelo en una selva tropical estacional. Memoria del XXII Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. Colegio de Postgraduados. Montecillos, estado de México.
- Soria, M. 1987. La actividad microbiana del suelo y su efecto sobre la producción de tomate (*Lycopersicum esculentum*), en el norte de Yucatán. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Montecillos, estado de México.
- Stotzky, G. 1965. "Microbial respiration". *In*: Methods of soil analysis. Part 2. Ed Black, C A. Soc of Agron. Madison Wisconsin, U S A. pp. 1550-1571.
- Tate, R, C. 1987. Soil organic matter biological and ecological effects. Ed John Willey and Sons. U S A.

DETERMINACIÓN DE “TIPO DE SITIO” PARA EVALUAR RODALES INFECTADOS POR MUÉRDAGO ENANO (*Arceuthobium globosum* Hawksworth et Wiens).

Vázquez Collazo Ignacio *

RESUMEN.

La superficie afectada por muérdago en el país supera el millón de hectáreas, con pérdidas económicas superiores a 136 millones de nuevos pesos.

En Michoacán se desconoce la superficie total afectada, razón por la cual es necesario llevar a cabo inventarios para tal fin; sin embargo no existen antecedentes sobre cuál es el tipo de sitio más eficiente y económico para evaluar los rodales infectados. Éste es el principal objetivo del presente estudio.

La investigación se realizó en la comunidad indígena de San Juan Nuevo, dentro del rodal 22 y subrodal 38; en primer lugar se delimitó y censó el rodal, después se efectuó un muestreo sistemático con dos tipos de sitio: de dimensiones fijas (S D F) y de dimensiones variables (S D V), a una distancia entre líneas y puntos de 100 m, para los S D V se utilizó un factor de área basal de 1 m.

Los datos que se levantaron en cada punto de muestreo fueron: especie, diámetro a la altura del pecho (D A P), grado de infección y dominancia.

Para el proceso de datos se usó el programa DBASE III y el análisis estadístico para la separación de medias fue el de t de Student con parcelas apareadas.

Los resultados muestran que el subrodal está formado por tres especies arbóreas (*Pinus pseudostrobus*, *P. montezumae* y *Abies* sp.); por tres pisos y el porcentaje de infección supera el 50%.

* Biólogo. MC. Investigador Titular del Campo Experimental Forestal Uruapan. CIR-Pacífico Centro. I N I F A P - S A R H.

En la estimación de las áreas basales total e infectada por especies, clase silvícola y la combinación de ambos, no hay diferencia significativa entre el censo y los S D F y S D V.

Palabras clave: Muérdago enano, *Arceuthobium globosum*, evaluación sanitaria, protección forestal, Michoacán.

ABSTRACT.

The surface affected by mistletoes in the country is over one million hectares, with economic losses of more than 136 million new pesos.

The actual affected surface in Michoacan is not known, therefore it is necessary to take inventories; however, there is no background information with regard to which is the most efficient and economic type of site to assess infected patches of land; so, this is the main objective of this study.

The research was made at the San Juan Nuevo comunidad indigena, within the stand 22 of land and substand 38. First, limits were set for the patch and the census was taken, then a systematic sampling was made with two types of plots: a fixed-dimension plot (F D S), and a variable-dimension plot (V D S), at a distance between lines and points of 100 m. A basal area factor of 1 m was used for V D S.

Data taken at each sampling point were: species, D B H, level of infection and dominance.

The DBASE III program was used for data processing and the mean separation statistical analysis was the t Student one with matched parcels.

Results show that the substand is made up by three tree species (*Pinus pseudostrobus*, *P. montezumae* and *Abies* sp.); by three types of ground and the infection percentage is over 50%.

In the estimate of total and infected basal area by species, silvicultural class and the combination of both, there is no meaningful difference between the census and the F D S and V D S.

Key words: Dwarf mistletoe, *Arceuthobium globosum*, sanitary evaluation, forest protection, Michoacan.

INTRODUCCIÓN.

En México la superficie afectada por muérdago rebasa un millón de hectáreas¹, (ha), con pérdidas económicas de 136 millones de nuevos pesos.

En Michoacán se desconoce la superficie afectada por estas plantas parásitas, sólo en algunas unidades se tiene cuantificado el problema, como es el caso de la UCODEFO N° 11 (comunidad indígena San Juan Nuevo), donde se estima una superficie de 2 000 hectáreas, con una pérdida anual en volumen de 3 400 m³ rollo.

Sin embargo, no hay en el país antecedentes de trabajo que nos indiquen la forma o tipo de sitio, más adecuado para llevar a cabo esta actividad.

La entonces Dirección General de Control y Vigilancia Forestal (D G C V F), en su circular N° 213.1809, establece que, para la evaluación de rodales infectados por muérdago enano, se debe utilizar:

- Muestreo por conglomerados
- Sitios de dimensiones fijas (0.1 ha)
- Intensidad de muestreo del 5%.

OBJETIVO.

El objetivo del presente trabajo es:

- Utilizar los sitios de dimensiones variables (S D V) para la estimación de las áreas basales, total e infectada.
- Comparar los resultados con los S D F y el censo del rodal.

¹ Bonilla, B. R. y Borja, L. G. 1988. Situación de la sanidad forestal en México.

ANTECEDENTES.

Los muérdagos enanos (*Viscaceae: Arceuthobium*), se han considerado entre los más serios patógenos de coníferas mexicanas; ataca especies de los géneros *Pinus* y *Abies*, resultando más afectado el primero².

Son plantas que contienen clorofila, pero obtienen la mayoría de sus carbohidratos y toda el agua, de sus hospederos³.

El género *Arceuthobium* está representado en Estados Unidos y Canadá por 16 especies⁴ y en México por 22 taxa⁵.

En Michoacán se localizan dos especies de este género atacando individuos de pino:

- *Arceuthobium globosum*, que se distribuye en laderas de cerro y entre altitudes de 1 900 a 2 550 metros sobre el nivel del mar (m s n m), sus principales hospederos son *Pinus pseudostrubus*, *P. michoacana*, *P. douglasiana* y *P. montezumae*⁶.

- *Arceuthobium vaginatum*, que se encuentra en altitudes mayores de 3 000 m s n m y generalmente parasita a *Pinus hartwegii*⁷ (cfr. Revista Ciencia Forestal N° 54).

Existen varias escalas para evaluar la incidencia del muérdago enano en árboles individuales, pero la más aceptada es el sistema de 6 clases⁸, dicho sistema es útil porque cuantifica el grado de infección de un rodal, estima la pérdida de crecimiento y la mortalidad, ayuda a definir cuales árboles deben quedar como semilleros, así como a cuantificar el riesgo de infección de la regeneración.

Para la evaluación de rodales o subrodales se cuenta con la normatividad emitida por la D G C V F, que establece que se deben evaluar las áreas infectadas por muérdago enano (*Arceuthobium* spp.), con sitios circulares de dimensiones fijas de 0.1 ha y una intensidad de muestreo del 5%.

² Hawksworth, F. G. 1980. Los muérdagos enanos (*Arceuthobium*), y su importancia en la silvicultura de México.

³ Leonard, O. A. and Hull, R. J. 1965. "Translocation relationship in and between mistletoes and their host". pp. 115-153.

⁴ Hawksworth, F. G. 1979. Mistletoes and their role in north american forestry.

⁵ Hawksworth, F. G. and Wiens, D. 1989. "Two new species, nomenclatural changes and range extensions in mexican *Arceuthobium* (*Viscaceae*)". pp. 5-11.

⁶ Bello, G. M. A. 1984. Estudio de muérdagos (*Loranthaceae*), en la región tarasca, Michoacán.

⁷ Bello, G. M. A. y Gutiérrez, G. M. 1985. "Clave para la identificación de la familia *Loranthaceae* en la porción del eje neovolcánico del estado de Michoacán". pp. 3-33.

⁸ Hawksworth, F. G. 1977. The 6-class dwarf mistletoe rating system.

Sin embargo, existen otros tipos de sitio y tamaño de muestra que pueden dar resultados similares en la estimación del volumen, como el de cuadrante con punto central⁹, sitio de dimensiones variables¹⁰, muestreo del 0.4% o 1% de la superficie para bosque de clima templado o frío, muestreo por conglomerado con una intensidad del 2.5% dentro del conglomerado y de 0.4% general¹¹ (cfr. Revista Ciencia Forestal N° 10), punto cuadrante y pares al azar¹².

En general sólo existen dos técnicas básicas de muestreo:

- Muestreo al azar irrestricto
- Muestreo sistemático irrestricto.

El resto puede clasificarse en cuatro grandes grupos:

1. Las técnicas que utilizan sitios de dimensiones definidas
2. Las que no utilizan sitios definidos
3. Las de probabilidad desigual
4. El muestreo fotogramétrico.

Dentro del segundo grupo se encuentran los llamados muestreos puntuales (datos que se obtienen alrededor de un punto) que tienen su base en la técnica angular de Bitterlich (Ruiz, *op. cit.*).

Al comparar la eficiencia para la evaluación del recurso forestal entre los S D F y los S D V, se encontró que ambas técnicas presentan valores cercanos al parámetro poblacional y que el tiempo utilizado por los S D F es 3.8 veces mayor, con un incremento del 100% en los costos, con relación con los S D V¹³.

Similares resultados fueron obtenidos por Medina¹⁴, Pérez¹⁵ y Verruete y Pimentel¹⁶.

⁹ Cox, G. W. 1978. Laboratory manual of General Ecology.

¹⁰ Ruiz, A. M. 1980. Breve descripción de algunas técnicas de muestreo.

¹¹ Villa-Salas, A. B. y Caballero, D. M. 1977. Técnicas de muestreo usadas en México en inventarios forestales. Desarrollo histórico.

¹² Franco, L. J. *et al.* 1985. Manual de Ecología.

¹³ Lara, R. M. y Espinoza, D. J. 1985. Sitios de dimensiones fijas vs sitios de dimensiones variables.

¹⁴ Medina, B. R. 1980. Mediciones y observaciones de campo.

¹⁵ Pérez, Ch, R. 1985. Empleo y aplicaciones del telereleascope de Bitterlich.

¹⁶ Verruete, F. J. y Pimentel, B. L. 1967. Muestreo comparativo entre sitios circulares y sitios de dimensiones variables.

MATERIALES Y MÉTODOS.

El trabajo se realizó en terrenos de la UCODEFO N° 11 (comunidad indígena de San Juan Nuevo), dentro del rodal 22 y subrodal 38.

Este subrodal tiene una superficie de 10.5 ha; un área basal estimada de 10.24 m² por ha, existencias reales de 165.046 m³ por ha y un tratamiento silvícola de tercer aclareo.

Las especies existentes son *Pinus pseudostrobus*, *P. montezumae* y *Abies* sp.

Por otro lado, este subrodal presenta una fuerte infección con muérdago enano (*Arceuthobium globosum*).

En primer lugar, se delimitó el rodal en aerofotografía, posteriormente, se hizo un recorrido de campo y se marcó el lindero con pintura roja; se levantó el censo del rodal y se tomaron los datos siguientes a cada árbol:

- Especie
- Grado de infección
- Dominancia
- Diámetro a la altura del pecho (D A P).

Estos datos se capturaron en una computadora personal y para su procesamiento se utilizó el programa DBASE III.

Posteriormente, se levantaron los sitios de dimensiones fijas (S D F), de 100 m² y los sitios de dimensiones variables (S D V), de manera sistemática, ubicándose cada 100 m entre líneas y entre sitios.

Para levantar los sitios de dimensiones variables se utilizó el relascopio de Bitterlich y un factor de área basal igual a 1 (Lara y Espinoza, *op. cit.*; Pérez, *Ibidem*).

En total se levantaron 11 sitios de cada tipo y en cada punto de muestreo se tomaron los datos correspondientes a cada tipo de sitio con un reloj cronométrico marca Casio modelo DBC-61; para el trabajo de campo se utilizó una brigada de 3 personas.

Los datos se procesaron de igual manera a los datos del inventario y después se separaron por especie, clase silvícola y la combinación de ambos.

Para el cálculo del área basal total e infectada, se utilizaron el diámetro por especie y clase silvícola, y a continuación, se obtuvieron las áreas basal media total e infectada por hectárea.

Para el caso del sitio de dimensiones fijas se tomaron los datos de los primeros 10 sitios, se sumaron y el resultado se consideró como una hectárea tipo; para el caso del sitio de dimensiones variables se sumaron las áreas basal total e infectada por los primeros 10 sitios y el resultado se dividió entre la superficie del rodal para obtener las áreas basal total e infectada por hectárea.

Una vez obtenidas las áreas basal total e infectada por ha, se procedió a comparar estadísticamente los resultados del censo contra los sitios de dimensiones fijas (S D F) y variables (S D V), mediante el método t de Student con datos de parcelas apareadas^{17, 18}, con una probabilidad de 95%.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

Caracterización del rodal (censo).

El rodal está formado por tres especies arbóreas en diferente cantidad: *Pinus pseudostrobus*, *P. montezumae* y *Abies religiosa*; corresponden a la primera especie un total de 1 227 árboles (69.24%), a la segunda 495 árboles (27.93%) y a la tercera solamente 50 individuos (2.82%), *vid. infra*, figura 1.

Por clase silvícola, el rodal tiene tres pisos bien definidos, correspondiendo al primero un total de 906 árboles, al segundo 526 y al tercero 342 (*vid.*, figura 2).

Encontramos todos los grados de infección en *P. pseudostrobus* (figura 3) y sólo 6 grados de infección en *P. montezumae* (figura 4); en *Abies* no se presenta infección por muérdago enano, ya que esta especie es específica de pinos.

El total por especie arroja un saldo de 750 árboles sanos y 477 enfermos para *Pinus pseudostrobus*, mientras que para *P. montezumae*, el saldo es de 394 sanos y 101 enfermos.

¹⁷ Reyes, C. P. 1980. Diseño de experimentos aplicados.

¹⁸ Caballero, D. M. 1973. Estadística práctica para dasónomos.

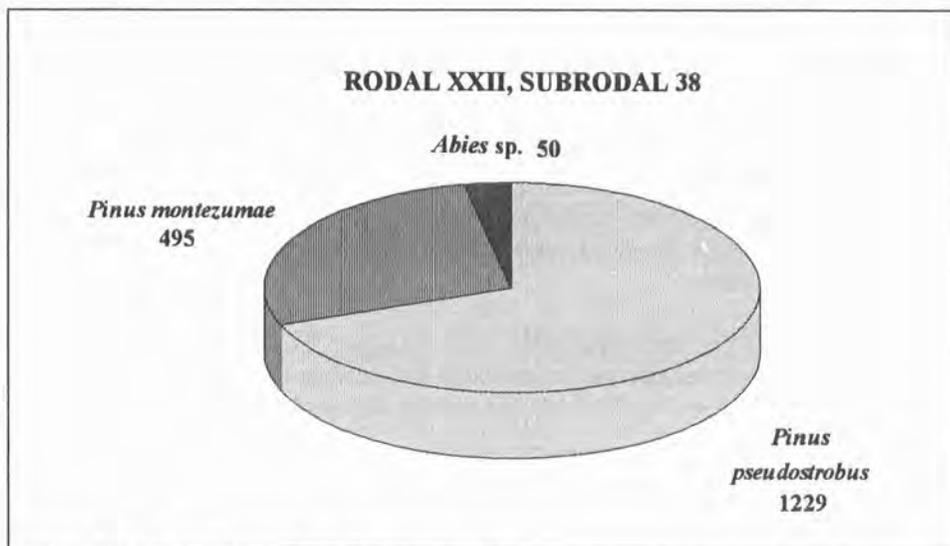


Figura N° 1. Estructura del rodal por especie.

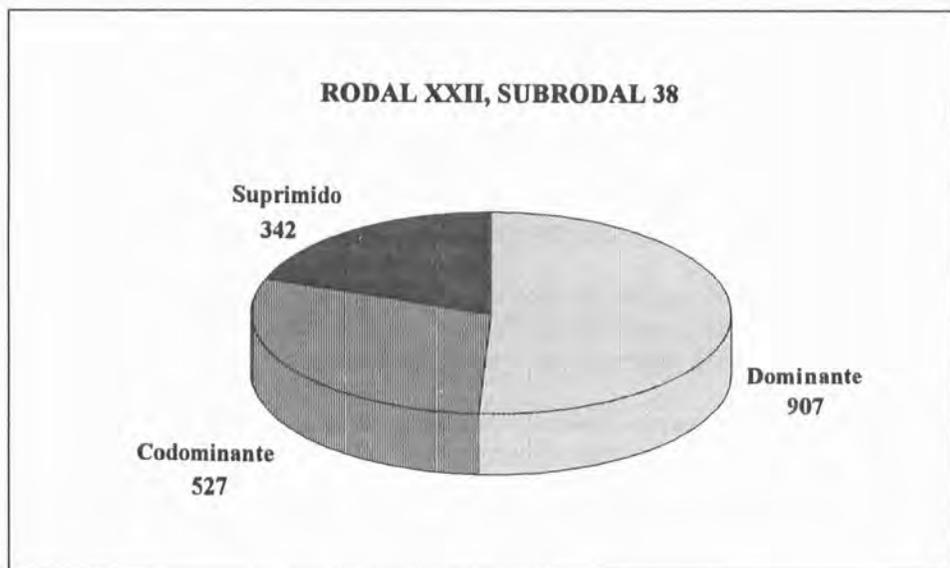


Figura N° 2. Composición del rodal por clase silvícola.

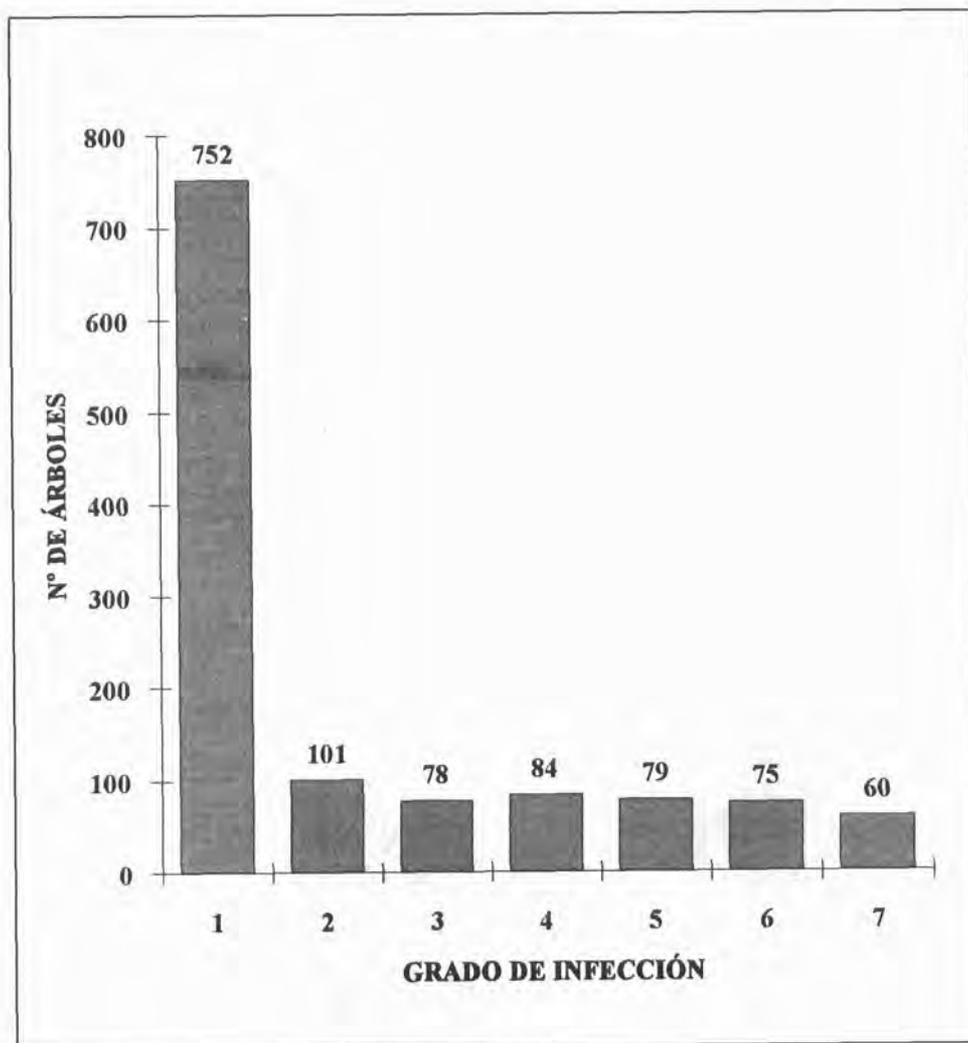


Figura N° 3. Árboles infectados de *Pinus pseudostrobus*.

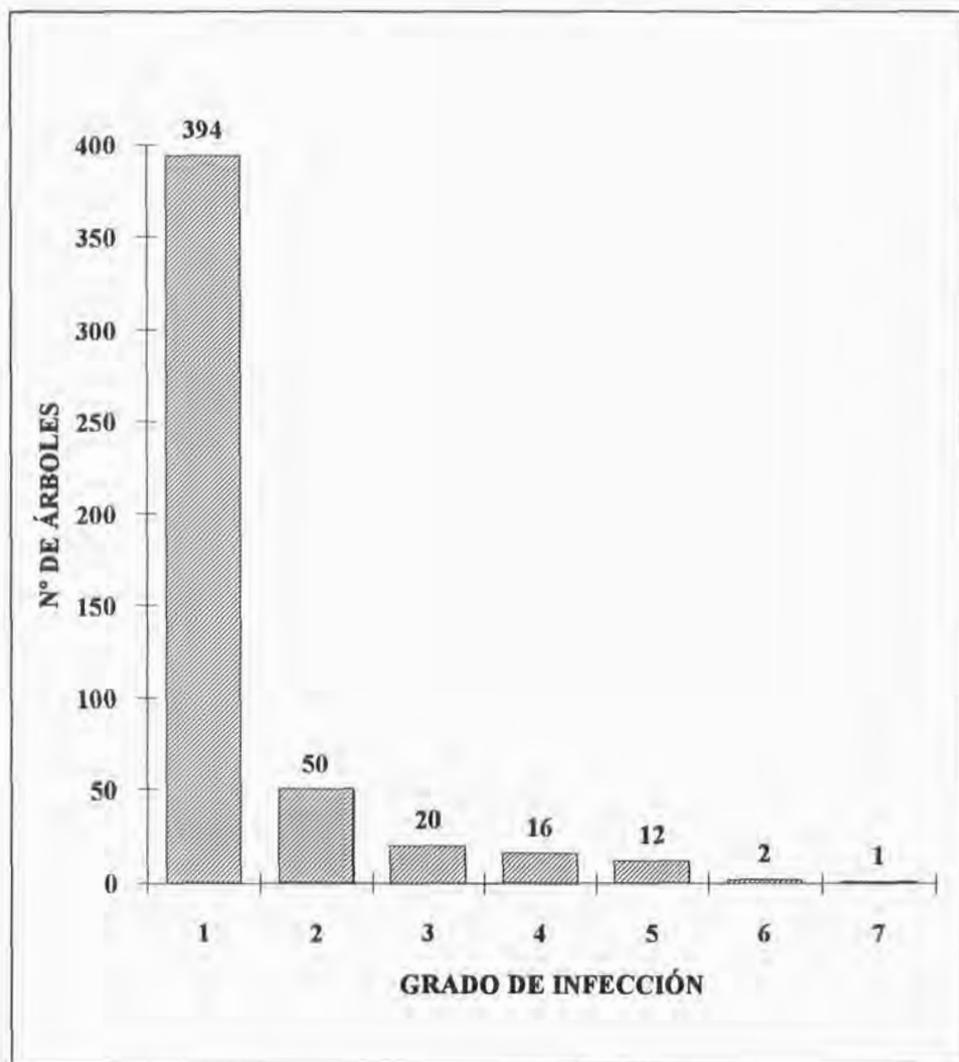


Figura N° 4. Árboles infectados de *Pinus montezumae*.

Por clase silvícola tenemos que, para la clase dominante el 65% de los individuos están

sanos, mientras el restante 35% son árboles enfermos; en los árboles codominantes tenemos 67% de individuos sanos y en los árboles suprimidos, el porcentaje de individuos sanos asciende a 77% (*vid., infra*, figura 5).

Para *Pinus pseudostrobus* se tiene un área basal (A B), total por hectárea de 11.83 m², corresponde a árboles sanos un A B de 7.2706 m²/ha, con una media de individuos de 71.6/ha (*vid.*, figura 6).

Para árboles dominantes sanos de la misma especie, tenemos un AB/ha de 6.5283 m², mientras que para árboles enfermos, el A B es de 3.8775 m²; para árboles codominantes sanos existe un A B calculada de 1.1996 m² y para árboles codominantes enfermos, el A B es de 0.6829 m².

Por último, el valor del AB/ha para árboles suprimidos sanos es de 0.2700 m², mientras que la enferma es de 0.1325 m²/ha. En todos los casos donde hay mayores A B infectadas, corresponde a los grados de infección 1, 2 y 3.

Para *Pinus montezumae*, tenemos un A B total/ha de 3.006 m² y corresponde a árboles sanos un valor de 2.3105 m²/ha; con una media de individuos/ha de 37.5; el A B enferma tiene un valor de 0.6331 m²/ha, en los diferentes grados de infección (*vid.*, figura7).

En árboles de la misma especie dominante, se tiene un A B sana calculada de 2.2301/ha, con una población media/ha de 14.7 árboles; el A B enferma para la misma especie y clase silvícola, es de 0.5738 m²/ha.

En el segundo piso (codominantes), se tiene un A B sana de 0.3910 m²/ha, con una media de 10.3 árboles/ha y una enferma de 0.1072 m²/ha; por último, en el piso suprimido se tiene un A B sana calculada de 0.2221 m²/ha, con una media de 12.6 árboles/ha y una enferma de 0.0603 m²/ha.

En todos los casos podemos observar que los valores más altos de infección se encuentran en los grados 1, 2 y 3; ésto nos indica cualquiera de las dos alternativas siguientes:

1. Es un rodal con relativamente poco tiempo de haber sido infectado por el muérdago enano
2. En el anterior aclareo fueron eliminados una cantidad alta de individuos infectados de las categorías 4, 5 y 6.

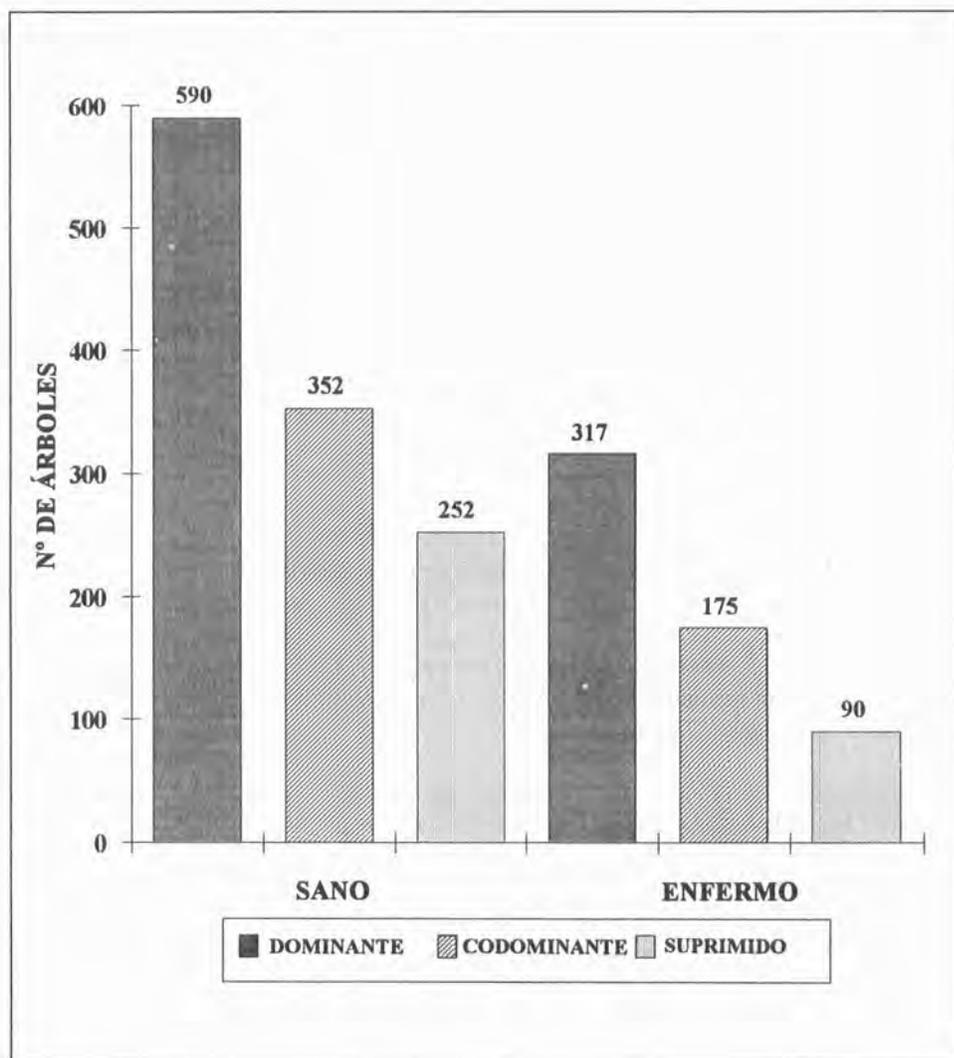


Figura N° 5. Árboles infectados por clase silvícola.

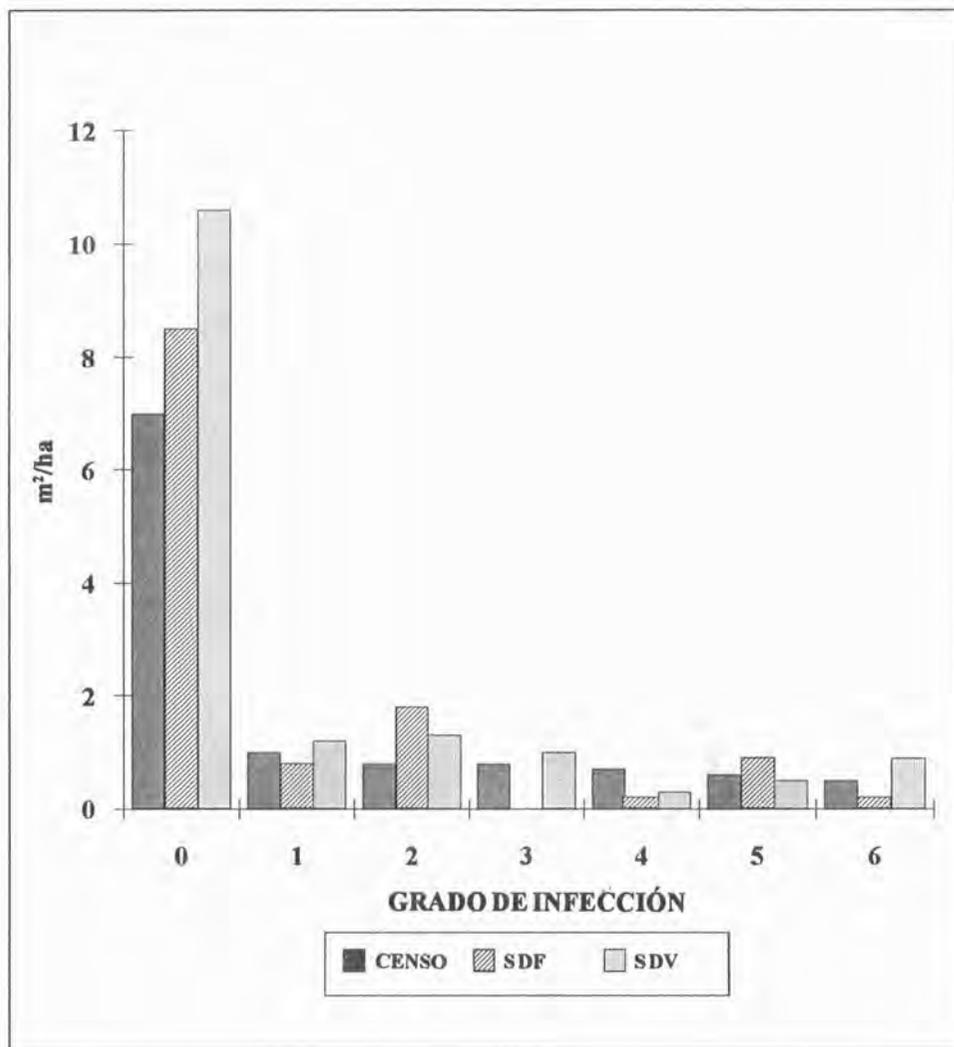


Figura N° 6. Área basal infectada para *pinus pseudostrobus*.

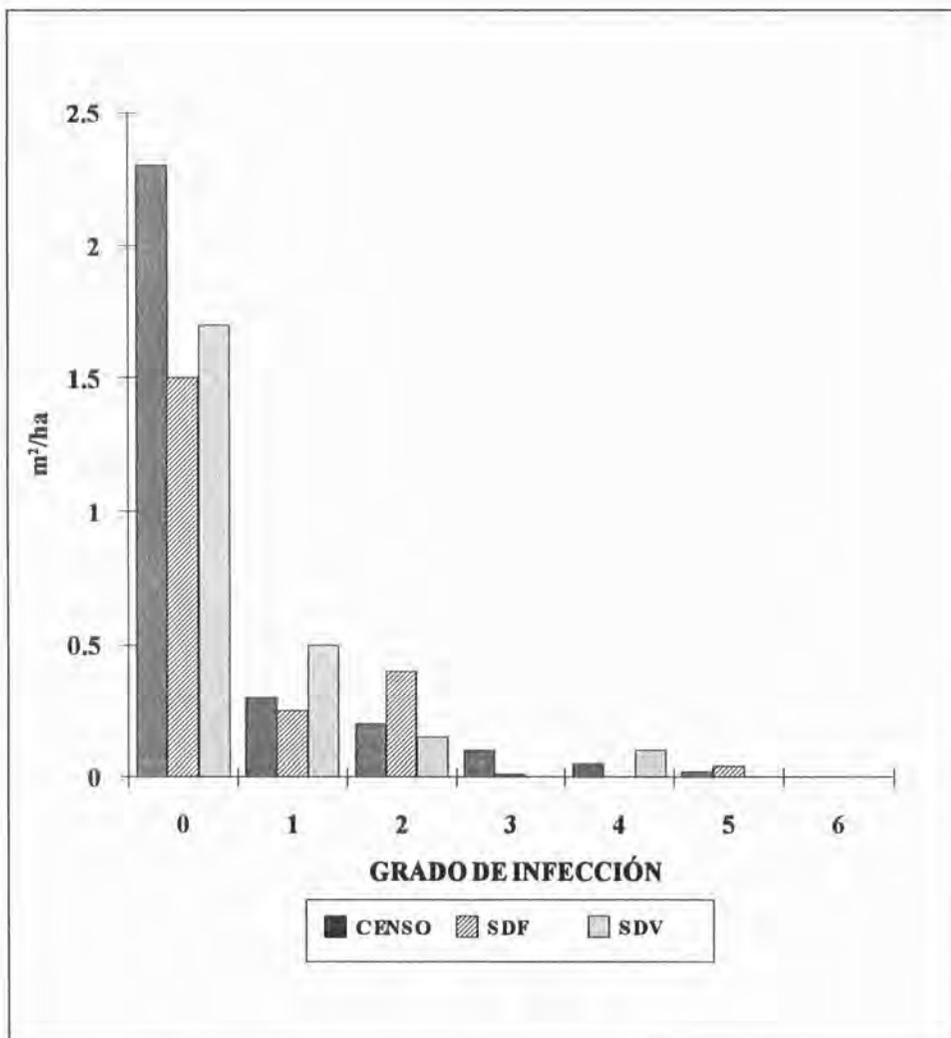


Figura N° 7. Área basal infectada para *Pinus montezumae*.

Por clase silvícola tenemos que para los árboles dominantes, el A B tiene un valor medio de 13.4388 m²/ha, con un número promedio de individuos/ha de 86.4.

Para la masa sana corresponde el 66.5% de la población y el restante 33.5% es para la población de árboles enfermos en los diferentes grados de infección (*vid., infra*, figura 8).

En los árboles codominantes se calculó un A B media/ha de 24 413 m² de este valor corresponde a los árboles sanos un A B de 16 456 m²/ha, con un promedio de árboles de 37.5/ha y el resto del A B (0.7957 m²/ha), pertenece a la masa enferma.

Para el tercer piso, tenemos un valor del A B total/ha de 0.7365 m²/ha, el 74% pertenece a la masa sana con un promedio de árboles/ha de 24% y 26% a los árboles enfermos.

Como en los casos anteriores, los valores más altos del A B infectada los localizamos en los grados de infección 1, 2 y 3.

Sitios de dimensiones fijas (S D F).

Los valores medios de la suma de los diez S D F, nos caracterizaron al rodal de la siguiente manera; el cálculo del A B total/ha nos da un valor de 14.7276 m² con un promedio de 169 árb/ha, de los cuales pertenecen a los árboles sanos un A B de 9.9215 m²/ha, con una media de individuos/ha de 124 y para los árboles enfermos un A B de 4.8061 m²/ha, con 45 árb/ha.

Existe una sobreestimación del A B en los grados de infección 2 y 5.

En *Pinus pseudostrobus* tenemos un A B total/ha calculada de 12.8661 m² con un promedio de 117 árb/ha, corresponde a árboles sanos 66.4% y 33.6% para la masa enferma.

En esta especie existe una sobreestimación del A B en los grados de infección 2 y 5.

Para *Pinus montezumae* el A B total/ha es de 2.1686 m² con una media de 42 árb/ha; la masa sana tiene un valor de AB/ha de 1.5217 m² y la enferma de 0.6469 m².

En esta especie hay una subestimación del A B en los grados de infección 4 y 6.

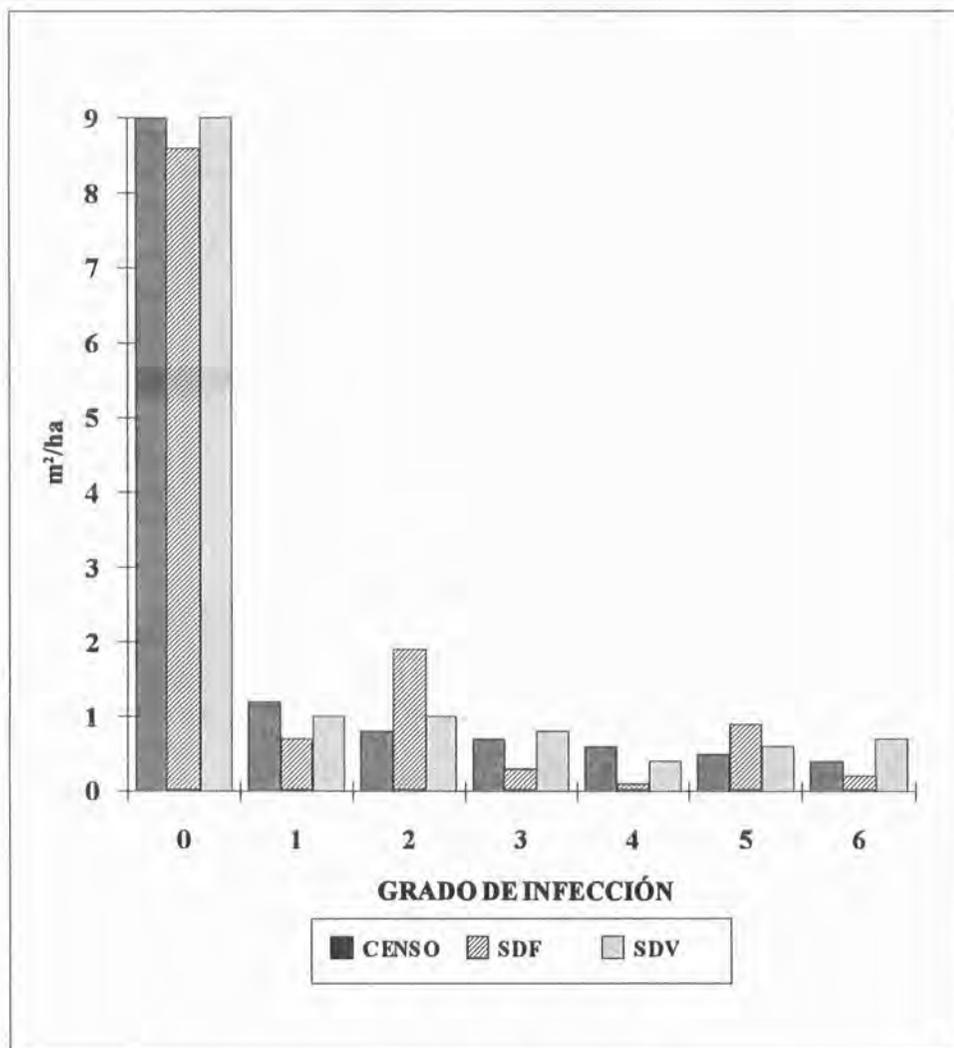


Figura N° 8. Área basal infectada para árboles dominantes.

Por clase silvícola tenemos que para los árboles dominantes se calculó un AB total /ha de 12.9432 m²; el 67% pertenece a los árboles sanos y 33% a los enfermos: en esta clase existe

una sobreestimación del A B en los grados de infección 2 y 5 (1.9007 y 0.8495 m²/ha).

Para los árboles codominantes, el A B calculada fue de 2.7064 m²/ha, 65.9% corresponde para los árboles sanos y 34.1% para la masa enferma; en esta clase silvícola existe una subestimación del valor del A B en el grado de infección 6.

En el tercer piso se calculó un A B total/ha de 1.4084 m²; 85% atañe a los árboles sanos y 15% a los enfermos; en esta clase hay una subestimación del A B en los grados de infección 4, 5 y 6.

Los resultados de los S D F por especie y clase silvícola nos muestran lo siguiente; para *Pinus pseudostrabus* dominante se tiene un A B total/ha calculada de 10.5955 m², para la masa sana se calculó un valor de 6.8138 m²/ha y de 3.7817 m²/ha para los árboles enfermos; en esta especie y clase silvícola existe una sobreestimación del A B en el grado de infección 2.

Para la misma especie, pero en el segundo piso, tenemos un A B calculada de 2.3280 m²/ha, en árboles sanos el valor es de 1.6258 y en enfermos es de 0.7022 m²/ha ; en esta clase silvícola hay una subestimación en el cálculo del A B en el grado de infección 6 ,

En los árboles suprimidos, el A B calculada/ha fue de 0.8957 m², de los cuales corresponden a los sanos 85% y 15% a los enfermos; existe una subestimación del A B infectada en los grados 4, 5 y 6.

Para *Pinus montezumae* dominantes, tenemos un A B total/ha de 1.9987 m², para la masa sana se calculó un A B de 1.5708 m²/ha y para la enferma de 0.4279 m²; en esta especie y clase silvícola existe una subestimación del A B en los grados de infección 3, 4, 5 y 6.

Para la misma especie, pero en los árboles codominantes se calculó un valor del AB/ha de 0.4190 m², pertenecen a los árboles sanos 43% del A B y a los enfermos 57%; hay una subestimación del A B en los grados de infección 4, 5 y 6, y una sobreestimación en el grado 5.

En los árboles suprimidos el A B calculada/ha fue de 0.4248 m², corresponden a los árboles sanos 0.3357 m²/ha y a los enfermos 0.0891 m²; en esta clase hay una subestimación del A B, en los grados de infección 4, 5 y 6.

Sitios de dimensiones variables (S D V).

Los resultados del cálculo del AB/ha por medio de los sitios de dimensiones variables, nos arrojaron los siguientes resultados:

Para el rodal tenemos un A B total/ha de 18.6121 m², el A B sana alcanza un valor de 12.3260 m²/ha con un promedio de 148 árboles/ha y el resto (6.2855 m²/ha), es A B enferma con 72 árboles/ha.

Hay una sobreestimación del A B en los grados de infección: 0, 1, 2 y 6.

Por lo que se refiere a las especies, tenemos que para *Pinus pseudostrobus* el cálculo del A B nos arroja un valor del total/ha de 16.1837 m² con un promedio de 128 árboles, corresponde 66% a la masa sana y 34% a la enferma.

En esta especie existe una sobreestimación de la masa sana y de la enferma, en los grados 2 y 6, y una subestimación del A B en el grado de infección 4.

Para *Pinus montezumae*, el valor total del AB/ha fue de 2.4284 m², con una media de árboles/ha de 20; pertenece a la masa sana 68.6% y para la enferma 31.4%; hay una subestimación del A B en los grados de infección 0, 3, 5 y 6 y una sobreestimación en el grado de infección 1.

Por clase silvícola se calculó un A B total/ha para árboles dominantes de 13.7618 m² con 163 árboles/ha, de este total pertenece a arbolado sano, un A B de 9.0 m²/ha con un promedio de 108 árboles/ha y a arbolado enfermo 4.7618 m²/ha, con un promedio de 55 árboles/ha; en esta clase silvícola hay una sobreestimación del A B en los grados 1 y 2.

En el segundo piso tenemos un A B total de 4.1428 m²/ha, corresponde a árboles sanos un valor de 2.8095 m²/ha y a enfermos 1.333 m²/ha; en esta clase existe una subestimación del A B en el grado de infección 5.

En los árboles suprimidos se calculó un A B total/ha de 1.3432 m², para árboles sanos se alcanza 85.7% del valor y para enfermos 14.3%; en esta clase se tiene una sobreestimación del A B en la masa sana y una subestimación en los grados de infección 2, 4, 5 y 6.

Los cálculos del A B por especie y clase silvícola, nos señalan que para *Pinus pseudostrobus* dominantes, se tiene un AB/ha de 12.5217 m² con un promedio de 147 árboles; corresponde a árboles sanos 62.4% y a enfermos 37.6%; existe una sobreestimación del A B sana.

En los árboles codominantes de la misma especie, tenemos un valor del A B total/ha de 3.0475 m² con un promedio de 37 árboles, de este valor pertenece 76.6% a árboles sanos y 23.4% a árboles enfermos; en esta clase se tiene una sobreestimación del A B en el arbolado sano y una subestimación en los grados de infección 4 y 5.

En el tercer piso se calculó un A B total/ha de 0.6190 m² con un promedio de 7 árboles, 84.6% corresponde a árboles sanos y 15.4% a enfermos; en este piso hay una subestimación del A B en los grados de infección 1, 2, 4, 5 y 6.

En *Pinus montezumae* dominante tenemos un valor de A B total/ha de 1.0952; corresponde a árboles sanos 1.0476 m²/ha y 0.0476 m²/ha a árboles enfermos; en esta especie y clase silvícola hay una subestimación en los grados 2, 3, 4, 5 y 6.

En los árboles codominantes tenemos un valor calculado del AB/ha de 0.9618 m², pertenecen a arbolado sano 0.4286 m²/ha y a enfermo 0.5333 m²/ha; en este piso tenemos una subestimación del A B en los grados 3, 5 y 6.

Por último, en los árboles suprimidos se calculó una A B total de 0.2857 m²/ha, para árboles sanos pertenece 0.1905 m² y para enfermos 0.0952 m²; en esta clase silvícola existe una subestimación en los grados de infección 2, 3, 4, 5 y 6.

Análisis estadístico.

El análisis estadístico para el género *Pinus* nos demuestra que los valores de A B total son iguales entre el censo, S D F y S D V; el valor de t calculada al comparar el censo contra el S D F (1.6204) es menor al valor de tablas con una probabilidad del 95% (2.447).

El comportamiento de la t calculada para la comparación entre el censo y el S D V es similar al anterior, es decir, es menor que la t tabulada; esto significa que para evaluar un rodal infectado por muérdago enano (*Arceuthobium globosum*), lo mismo se puede utilizar el S D F que el S D V (*vid., infra*, cuadro 1).

Al comparar el A B enferma entre el censo y el S D F, observamos que el valor de t calculada (2.7637), es mayor al valor de t tabulada (2.571).

Lo anterior nos señala que no es posible utilizar el S D F para evaluar rodales infectados con muérdago enano, considerando solamente el género *Pinus*; pero si es posible utilizar los S D V con el mismo propósito, ya que el valor de t calculada (2.0933), fue menor al de t tabular (*vid., cuadro 2*).

C vs SDF	C vs SDV	T tab
1.6204	1.5793	2.447

Cuadro N° 1. t calculada para A B total del género *Pinus*.

C vs SDF	C vs SDV	T tab
2.7637	2.0933	2.571

Cuadro N° 2. t calculada para A B infectada del género *Pinus*.

Para el A B total de *Pinus pseudostrobus*, se obtuvo un valor de t calculada de 0.4099 al comparar el censo contra S D F y de 1.4036 para el caso de la comparación entre el censo y S D V.

Los resultados calculados para la especie *Pinus montezumae* son similares a los obtenidos en la especie anterior, ya que los valores logrados siempre son menores a los valores de t tabulada (*vid., infra*, cuadro 3).

Para el caso del A B enferma, los valores de t calculada para las dos especies y para los dos tipos de sitio son menores al valor de t tabulada, ésto nos indica que se puede evaluar un rodal infectado con muérdago enano, con cualquiera de los dos tipos de sitio (*vid.*, cuadro 4).

ESPECIE	C vs SDF	C vs SDV	T tab
<i>P pseudostrobus</i>	0.4099	1.4036	2.447
<i>P montezumae</i>	0.9389	0.7180	

Cuadro N° 3. t calculada para A B total para dos especies de pino.

ESPECIE	C vs SDF	C vs SDV	T tab
<i>P pseudostrobus</i>	0.2946	1.7297	2.571
<i>P montezumae</i>	0.0566	0.4736	

Cuadro N° 4. t calculada para A B infectada de especies de pino.

Los valores de t calculada para A B total por clase silvícola son: para la clase dominante tenemos un valor de 0.2916 (censo vs S D F) y de 0.5585 (censo vs D F V); para los árboles codominantes, el valor de t calculada es de 0.8311 (censo contra S D F), y de 1.3824 (censo contra S D V) y por último, para la clase suprimida los valores son de 1.0312 para censo vs S D F y de 0.9852 para censo vs S D V (*vid., infra*, cuadro 5).

CLASE SILVÍCOLA	C vs SDF	C vs SDV	T tab
Dominante	0.2916	0.5885	2.447
Codominante	0.8311	1.3824	
Suprimida	1.0312	0.9852	

Cuadro N° 5. t calculada para A B total por clase silvícola.

Los valores de t calculada para A B enferma por clase silvícola son similares a los obtenidos anteriormente (*vid.*, cuadro 6); es decir, en todos los casos el valor de t calculada es menor al valor de t tabulada (2.447), por lo que al levantar un rodal infectado por

muérdago enano por clase silvícola, no existe diferencia significativa si se levanta con sitios de dimensiones fijas o sitios de dimensiones variables.

CLASE	C vs SDF	C vs SDV	T tab
Dominante	0.1479	0.4666	2.571
Codominante	0.4223	0.8827	
Suprimida	0.2966	0.0128	

Cuadro N° 6. t calculada para A B infectada por clase silvícola.

Los valores de t calculada para A B total de *Pinus pseudostrobus* por clase silvícola, son semejantes a los anteriores, ya que en todos los casos el valor obtenido fue menor que el valor de t tabulada a 95% (*vid., infra*, cuadro 7).

CLASE SILVÍCOLA	C vs SDF	C vs SDV	T tab
Dominante	0.1277	1.1713	2.447
Codominante	0.8204	0.9916	
Suprimida	1.0000	0.7928	

Cuadro N° 7. t calculada para A B total de *Pinus pseudostrobus* por clase silvícola.

De igual manera ocurrió con los valores de t calculada para A B enferma, mismos que en todos los casos son menores que los valores de t tabulada con la misma probabilidad (*vid.*, cuadro 8).

Esto nos demuestra, una vez más, que para calcular las áreas basal total y enferma de un rodal infectado con muérdago enano, podemos utilizar indistintamente los sitios de dimensiones fijas y los sitios de dimensiones variables.

CLASE	C vs SDF	C vs SDV	T tab
Dominante	0.0647	1,7665	2,571
Codominante	0.0798	0.0944	
Suprimida	0.0543	0.4428	

Cuadro N° 8. t calculada para A B infectada de *Pinus pseudostrobus* por clase silvícola.

Para el caso de la especie *Pinus montezumae* por clase silvícola, los valores calculados son, en todos los casos, menores al valor tabulado tanto para el cálculo del A B total como enferma (*vid.*, *infra*, cuadros 9 y 10).

Con esto se ratifica que para calcular el A B total y enferma de un rodal infectado por muérdago enano (*Arceuthobium globosum*) se puede utilizar tanto el S D F como el S D V.

CLASE SILVÍCOLA	C vs SDF	C vs SDV	T tab
Dominante	1.2705	1.5310	2.447
Codominante	0.3163	1.6679	
Suprimida	1.2657	0.0533	

Cuadro N° 9. t calculada para A B total de *Pinus montezumae* por clase silvícola.

CLASE	C vs SDF	C vs SDV	T tab
Dominante	0.7032	2.3989	2.571
Codominante	1.3797	1.5491	
Suprimida	1.0435	0.4470	

Cuadro N° 10. t calculada para A B infectada de *Pinus montezumae* por clase silvícola.

Tiempo requerido para el levantamiento de los sitios.

La media de tiempo necesario para levantar los sitios de dimensiones fijas es de 6 minutos, 34 segundos, mientras que para levantar los sitios de dimensiones variables se necesita un tiempo medio de 5 minutos con 11 segundos (*vid.*, cuadro 11).

Es decir, utilizando los S D V tenemos un ahorro de tiempo de 21% con relación al uso de los S D F.

Sitio	SDF	SDV
1	6 min 20 seg	3 min 52 seg
2	9 " 01 "	4 " 24 "
3	10 " 11 "	6 " 35 "
4	1 " 00 "	2 " 37 "
5	6 " 20 "	4 " 02 "
6	5 " 47 "	5 " 27 "
7	6 " 23 "	4 " 42 "
8	6 " 07 "	8 " 57 "
9	7 " 12 "	6 " 06 "
10	2 " 04 "	2 " 26 "

Cuadro N° 11. Tiempo necesario para levantar 10 sitios con dos diferentes tipos de sitio.

CONCLUSIONES.

- Para calcular el área basal total de pino (*Pinus pseudostrobus* y *P. montezumae*), de un rodal infectado por muérdago enano (*Arceuthobium globosum*), se puede utilizar el sitio de dimensiones fijas (S D F), o el sitio de dimensiones variables (S D V).

- Para calcular el área basal enferma de pino de un rodal infectado por muérdago enano, se puede utilizar el sitio de dimensiones variables (S D V).

- Los S D F y los S D V son estadísticamente iguales para evaluar rodales infectados por muérdago enano por especie, clase silvícola y la combinación de ambos.

- Al utilizar los S D V para evaluar rodales infectados por muérdago enano, se tiene un ahorro de tiempo de 21%.

BIBLIOGRAFÍA.

- Bello, G. M. A. 1984. Estudio de muérdagos (*Loranthaceae*) en la región tarasca Michoacán. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. S F F. S A R H. México. Boletín Técnico. N° 102.
- Bello, G. M. A. y Gutiérrez, G. M. 1985. "Clave para la identificación de la familia *Loranthaceae* en la porción del eje neovolcánico del estado de Michoacán". Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. S F F. S A R H, México. Revista Ciencia Forestal. Vol 10. N° 54. pp. 3-33.
- Bonilla, B. R. y Borja, L. G. 1988. Situación de la sanidad forestal en México. Desarrollo y perspectivas. En: IV Simposium Nacional de Parasitología Forestal. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias. Sociedad Mexicana de Entomología. D G S P A F. S A R H. México. 556 p.
- Caballero, D. M. 1973. Estadística práctica para dasónomos. S A G. S F F. D G I N F. México. Publicación N° 26. 194 p.
- Cox, G. W. 1978. Laboratory manual of General Ecology. Ed Brown Co. Iowa, U S A. 232 p.
- Franco, L. J. *et al.* 1985. Manual de Ecología. Ed Trillas. 1ª edición. México. 266 p.
- Hawksworth, F. G. 1977. The 6-class dwarf mistletoe rating system. U S D A. F S. RM-48.
- Hawksworth, F. G. 1979. Mistletoes and their role in north american forestry. In: 2º International Symposium on Parasitic Weeds. North Carolina St. Univ Raleigh. U S A.
- Hawksworth, F. G. 1980. Los muérdagos enanos (*Arceuthobium*) y su importancia en la silvicultura de México. En: 1º Simposium Nacional sobre Parasitología Forestal. Sociedad Mexicana. de Entomología. 207 p.

- Hawksworth, F. G. and Wiens, D. 1989. "Two new species, nomenclatural changes and range extensions in mexican *Arceuthobium* (*Viscaceae*)". Phytology N° 66. pp. 5-11.
- Lara, R. M. y Espinoza, D. J. 1985. Sitios de dimensiones fijas contra sitios de dimensiones variables. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias. S A R H. México. Archivo técnico.
- Leonard, O. A. and Hull, R. J. 1965. "Translocation relationship in and between mistletoes and their host". Hilgardia 37 (4). pp. 115-153.
- Medina, B. R. 1980. Mediciones y observaciones de campo. II Curso sobre Inventarios Forestales. D G I N I F. S A R H. México. 70 p.
- Pérez, Ch, R. 1985. Empleo y aplicaciones del telereloscopio de Bitterlich. Tesis Profesional. F Agrobiología. U M S N H. México. 64 p.
- Reyes, C. P. 1980. Diseño de experimentos aplicados. Ed Trillas. 1ª edición. México. 344 p.
- Ruiz, A. M. 1980. Breve descripción de algunas técnicas de muestreo. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. S F F. S A R H. México. 31 p.
- Verruete, F. J. y Pimentel, B. L. 1967. Muestreo comparativo entre sitios circulares y sitios de dimensiones variables. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. S F F. S A G. México. Boletín Técnico. N° 17, 24 p.
- Villa-Salas, A. B. y Caballero, D. M. 1977. Técnicas de muestreo usadas en México en inventarios forestales. Desarrollo histórico. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. S F F. S A R H. Revista Ciencia Forestal. Vol 2 N°10. 64 p.

EL INSUMO-PRODUCTO EN LA PENÍNSULA DE YUCATÁN.

Valenzuela Ruíz Reynaldo *
Manzanilla Bolio Hugo **

RESUMEN.

Este trabajo es básicamente una aplicación del modelo de desarrollo regional insumo-producto en los tres estados del sureste de México: Campeche, Quintana Roo y Yucatán.

Se realiza una descripción breve de la región que constituyen estos tres estados y en especial sobre sus recursos y su industria forestal.

Se mencionan algunas áreas en donde se ha aplicado el insumo-producto y que han tenido éxito en cuanto a resultados esperados, sirviendo de base para una planificación económica.

Se define el sector de procesamiento de esta región, con industrias agregadas tales como: la agricultura y silvicultura; así como un sector de pago que incluye importaciones, pagos a hogares o familias, pagos al gobierno y un sector de demanda final, incluyendo las exportaciones, compras por familias y compras de gobierno.

Se determina para este caso la existencia de nueve industrias o sectores económicos importantes, con los que se realiza el análisis insumo-producto.

Finalmente, a través del procesamiento y desarrollo de cada cuadro, se obtiene uno final, en donde aparecen los multiplicadores sectoriales Tipo I y II del empleo.

Se calculan los efectos en el empleo de un cambio en la demanda final, al igual que los efectos en el ingreso.

Palabras clave: Insumo-producto, desarrollo regional, bosques tropicales, industria forestal, península de Yucatán.

* Ph.D. Director de Aprovechamientos Forestales. I N I F A P-S A R H.

** Doctor. Vocal de la División Forestal. I N I F A P-S A R H.

ABSTRACT.

This work is basically an application of input-output regional development model in three states of the southeast of Mexico: Campeche, Quintana Roo and Yucatan.

There is a brief description about the region made up of the three states, specially about the forest resources and industry.

The authors mention some input-output application areas which have been successful in expecting results, using these later for an economic planning.

It is defined the region processing sector with aggregate industries such as, a payment sector which includes imports, as well as, a payment to households, payment to government and a final demand sector including exports, household purchases and government purchases.

It is determined for this case, the existence of nine industries or important economic sectors, with which it is performed the input-output analysis.

Finally, through the processing and development of tables included, it is obtained a final one where we can see sectorial multipliers Tipe I and II employment; and the effects of employment in a final demand change, as well as the effects of income.

Key words: Input-output, regional development, tropical forests, forest industry, Yucatan peninsula.

INTRODUCCIÓN.

México realiza esfuerzos para desarrollar sus recursos naturales y mejorar las condiciones de vida para la población que vive en las áreas forestales. El sureste de México es aún rico en recursos naturales, especialmente en selvas y en fauna silvestre.

Las selvas del sureste del país fueron utilizadas intensivamente durante los años 60's, pero después de ese período, la cosecha forestal se redujo notablemente, de tal forma que varias empresas en la región quebraron y abandonaron la iniciativa de industrializar productos provenientes de la selva, sobre todo los maderables.

La madera proveniente de la península de Yucatán es principalmente madera dura y pesada, situación que eleva significativamente los costos de extracción, elaboración y transporte del producto final.

Lo anterior convierte a los productos industrializados en no competitivos con relación a aquéllos producidos en otras partes del país, sobre todo con los provenientes de los bosques de clima templado frío.

La península de Yucatán, representada por los estados de Campeche, Quintana Roo, y Yucatán, carece de un plan de desarrollo económico integral, en el cual formen parte del escenario, los recursos naturales.

Dicho plan de desarrollo debe ser capaz de producir o atraer nuevas fuentes de inversión, tanto pública como privada; así como fuentes de empleo de todo tipo.

Este trabajo utiliza el análisis insumo-producto como una herramienta analítica con la posibilidad de ser utilizada para llevar a cabo un plan de desarrollo.

OBJETIVO.

Los objetivos generales del trabajo son:

- Aplicar el análisis de insumo-producto a los tres estados que forman la península de Yucatán.
- Obtener los coeficientes técnicos derivados de las diferentes matrices que se utilizan en insumo-producto.

CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA REGIÓN.

Como se ha mencionado, la península está formada por los estados de Campeche, Quintana Roo y Yucatán, consta de un área de 125 000 km².

En general, las tierras desprovistas de recursos forestales se dedican a la producción agrícola, a la ganadera y/o a la fruticultura¹.

La tenencia de la tierra está representada por propiedades privadas, federales, ejidales y comunales.

¹ S A R H. 1979. La planeación agropecuaria forestal.

El área forestal está caracterizada por selvas medianas y altas en donde hay temperaturas elevadas durante todo el año. La selva mediana y alta está definida por una densidad alta y es de una composición compleja; se considera como el tipo de vegetación más agresivo.

La altura de los árboles en la selva alta excede normalmente los 20 metros. La lluvia en este tipo de selvas es abundante.

La mayoría de las especies vegetales permanece verde durante todo el año. Las especies forestales típicas de la selva son, entre otras²:

- | | | |
|------------------|----------|------------|
| - Ramón | - Amate | - Guapaque |
| - Chicozapote | - Chaka | - Caoba |
| - Cedro | - Macayo | - Bari |
| - Zapote de agua | - Pucté | - Ceiba |
| - Sangregado. | | |

En el caso de la selva mediana, ésta tiene una composición similar en cuestión de especies vegetales a la selva alta, pero el promedio de la altura de los árboles está entre 10 y 20 metros. Otra característica importante es que la mitad de las especies subdominantes son anuales.

En general la población aldeaña a las áreas forestales, así como los dueños y/o poseedores del recurso, consideran al ambiente forestal como competidor con otros usos de la tierra, tales como cultivos agrícolas o la producción ganadera.

Lo anterior se debe a que en muchos casos, tales manejos tendrían mayor valor comercial o representarían un mayor ingreso neto por unidad de superficie, hablando de las condiciones vigentes en la zona.

La población en el área de estudio se está incrementando rápidamente. En términos generales, la gente que se integra a la península yucateca está formada por pequeños rancheros, quienes son atraídos por la oportunidad de adquirir tierras a través del fraccionamiento de grandes áreas.

RECURSOS FORESTALES.

La presencia de las selvas altas y medianas depende principalmente del clima y del suelo.

² Hughes, J. M. 1970. *Forestry in Itasca Country's economy: An input-output analysis.*

Las especies consideradas en este trabajo son las provenientes de selva mediana siempre verde, selva mediana decidua y selva mediana mixta, así podemos mencionar:

- <i>Hymenae courboril</i>	(Guapinol)
- <i>Enterolobium cyclocarpum</i>	(Guanacastle)
- <i>Cedrela odorata</i>	(Cedro)
- <i>Licania arborea</i>	(Totoposte)
- <i>Roseodendron donnelsmithii</i>	(Primavera)
- <i>Swietenia macrophylla</i>	(Caoba)
- <i>Chordia</i> spp. <i>Mamilkara zapota</i>	(Mammea americana)
- <i>Spondias mombin</i>	(Jobo)
- <i>Guaiacum officinale</i>	(Guayacán)
- <i>Bursera simaruba</i>	(Chaka)
- <i>Bombax ellipticum</i>	(Amapola).

Las exportaciones de productos forestales se basan exclusivamente en productos provenientes de la especie *Guaiacum officinale*, denominada comúnmente palo santo o guayacán.

El nivel de producción no se reporta debido a la poca cantidad que se exporta.

Este sector industrial, de acuerdo con la entonces Cámara Nacional de las Industrias Derivadas de la Silvicultura, está representado de la siguiente manera:

- En 1981 el estado de Campeche tuvo 71 aserraderos y una planta de triplay.
- Quintana Roo en el mismo año contaba con 91 aserraderos y una planta de triplay.
- Yucatán tenía 25 aserraderos y una planta de triplay.

El volumen de madera producido en cada estado durante el periodo 1980-1981, se muestra en el cuadro 1. Dicho volumen no refleja la disponibilidad de los recursos forestales, misma que se muestra en el cuadro 2, *vid., infra*.

Durante mucho tiempo, la industria más importante en el área de estudio, fue la empresa Maderas Industrializadas de Quintana Roo, sin embargo, esta industria se ha enfrentado a numerosos problemas técnicos de abastecimiento de materia prima en rollo, además de conflictos laborales con sindicatos y asociaciones.

Otra firma que opera en la región se localiza en la ciudad de Campeche, está dedicada al procesamiento de triplay y madera aserrada, pero opera bajo las mismas condiciones que la anterior, a pesar de que esta última es de inversión privada.

ESTADO	VOLUMEN m³
Campeche	121 000
Quintana Roo	115 000
Yucatán	8 000
Total	244 000

Fuente: C N I D S. 1980-1981.

Cuadro N° 1. Producción maderable por estado en 1980.

ESTADO	EXISTENCIAS TOTALES m³
Campeche	146 520 000
Quintana Roo	104 879 230
Yucatán	69 592 000
Total	320 991 230

Fuente: C N I D S. 1980-1981.

Cuadro N° 2. Disponibilidad de recursos forestales

MODELOS ANALÍTICOS.

La región está densamente forestada, por lo que se encuentra disponible una amplia

gama de oportunidades económicas en silvicultura, desde luego asociada a la creación de bienes y servicios.

A pesar de la carencia de buenos sistemas de comunicaciones y transportes (autopistas, ferrocarriles), son posibles muchas alternativas de desarrollo de los recursos naturales.

Se deben tomar decisiones sobre cómo desarrollar los recursos forestales, qué tipo o tipos de inversión utilizar, cómo asignar en forma óptima la superficie de tierra disponible entre la silvicultura y la agricultura.

Para la región motivo de este estudio, es posible hacer un análisis preliminar del sistema, utilizando para tal fin, únicamente unas pocas industrias regionales. El sistema puede ser analizado desde dos perspectivas de enfoque:

- Microeconómico
- Macroeconómico.

El criterio microeconómico se enfoca hacia los aspectos individuales, tales como la empresa y los dueños y/o poseedores. Cada uno de ellos en el nivel de asignación de gastos del consumidor o en las decisiones de producción.

Puede ser aplicado a través de varias técnicas, como la programación lineal que puede ser utilizada para encontrar la producción óptima de la actividad silvícola, de la agricultura, del pastoreo en una determinada área, utilizando como función objetivo el valor presente neto del flujo de ingresos o los beneficios a través del tiempo, para que sea maximizada con su respectivo conjunto de restricciones, tales como recursos limitados o algunos requerimientos fijos de producción.

El alcance macroeconómico se enfoca sobre una región determinada como un todo; dentro de dicha región pueden ser consideradas alternativas de niveles de desarrollo tales como, cantidades diversas de bosques en comparación con las de tierras dedicadas a los cultivos agrícolas, o con el número variable de plantas de procesamiento.

Pueden utilizarse diversas técnicas como: base económica, modelo econométrico, programación lineal, análisis beneficio-costos y análisis insumo-producto. Estos procedimientos económicos varían en estructura, confiabilidad, detalles geográficos y sectoriales, flexibilidad de aplicación, así como en el costo de su desarrollo y uso.

El análisis económico debe ser parte de un proceso de planeación comprensivo que identifique los objetivos específicos, para que sean logrados o encontrados a través de la inspección, para aplicar el tipo de análisis más apropiado.

Previo a la ejecución de un estudio económico deben ser consignados los objetivos regionales a través de varios métodos.

Hughes *op. cit.*, utilizó los resultados provenientes de la aplicación de un cuestionario, para establecer o fijar los parámetros tendientes a un análisis económico que contemple las actividades económicas percibidas como importantes localmente.

Bettters³ bosquejó un proceso de planeación que incluye cinco fases principales:

1. Identificación del problema
2. Formalización del plan
3. Desarrollo de alternativas
4. Análisis del sistema
5. Decisión y retroalimentación.

Es en el cuarto punto (análisis del sistema), donde se consideran los métodos analíticos discutidos, ya que así lo requiere el proceso de planeación.

ANÁLISIS INSUMO-PRODUCTO

El rasgo principal del análisis insumo-producto es la suposición de la interdependencia económica entre las industrias y los sectores.

Cada productor se ve como un consumidor de materias primas y servicios, así se puede calcular el incremento de la producción de materias primas y servicios de todos los sectores, para producir una unidad de mercancía.

Por lo tanto, se puede establecer o determinar cantidad de recursos, por ejemplo, la mano de obra y otros insumos necesarios para alcanzar un cierto objetivo de producción. Con esta información, se pueden tomar decisiones sobre diferentes modelos de producción, dados ciertos recursos disponibles.

Leontief⁴ desarrolló una teoría general de producción, basada en la interdependencia económica y ejecutó el primer análisis insumo-producto para Estados Unidos, en el cual

³ Bettters, D. R. 1978. *Analytical aids in land management planning*.

⁴ Leontief, W. 1936. "Quantitative input-output relations in the economic system of the United States". pp. 105-125.

mostró cómo cada sector de la economía depende de otros sectores diversos y en consecuencia, la dependencia de todos entre sí.

El análisis insumo-producto puede ser aplicado tanto a una comunidad o región, así como a nivel nacional. La base para cualquier análisis insumo-producto es una tabla de transacciones que muestra cómo la producción de cada industria es distribuida entre otras industrias y sectores de la economía.

Las industrias y sectores pueden ser agregados para alcanzar un nivel deseado de resolución o para compensar las limitaciones de los datos. Resulta básico que la suposición de una tecnología fija sea tomada por “dada”; o sea que se requiere de una cantidad dada de material y horas-hombre para producir una unidad de algún bien determinado.

Todos los sectores de la economía están caracterizados como suministradores (vendedores), o como compradores (usuarios), en un análisis insumo-producto. Los suministradores incluyen:

1. Oferentes primarios, cuya producción no depende directamente de los insumos comprados.
2. Productores intermediarios o procesadores que compran insumos y los procesan, transformándolos en productos, que son usados como insumos por otros oferentes o usuarios finales.

Los compradores incluyen:

- a) Procesadores intermedios que compran los productos de los oferentes para una posterior producción.
- b) Compradores finales, quienes compran los productos de oferentes en su forma final para el consumo.

Algunas de las suposiciones principales de los modelos estáticos insumo-producto son:

1. Coeficientes técnicos constantes, relacionando pares de industrias o sectores.
2. No hay sustitución entre insumos.
3. No hay productos asociados de dos o más productores.
4. Se incluyen únicamente flujos actuales o corrientes de insumos y productos en la tabla de transacciones.

A través de largos períodos de tiempo, esta última suposición no es válida; sin embargo, los modelos dinámicos de insumo-producto pueden compensar los efectos del modelo estático.

El análisis insumo-producto es una herramienta muy útil para describir una economía regional, de tal forma que pueda ser comparada con otras economías. Además, pueden ser utilizados los efectos del pronóstico de varias políticas económicas, de modo que los que forjan la política puedan determinar los tipos apropiados de inversión para alentar el crecimiento en las direcciones deseadas.

La suposición básica de interdependencia económica, permite al analista determinar los efectos de diferentes estrategias de desarrollo sobre todas las industrias y sectores.

El análisis insumo-producto ha sido previamente utilizado para determinar la interdependencia entre sectores a un nivel regional por Hughes *op. cit.*, los coautores Bills y Barr⁵; y en relación a la asignación de recursos por Cameron⁶.

Es factible utilizarlo en la misma forma para construir un plan de desarrollo para la península de Yucatán. Si una nueva industria como, por ejemplo, una nueva firma de tableros aglomerados es establecida, es posible predecir varios impactos generales, consistentes en:

- a) Cambios en la demanda de empleo
- b) Variación en la demanda de energía
- c) Modificaciones en la demanda por equipo y servicios de construcción
- d) Cambios en la demanda de materia prima de los bosques y/o selvas
- e) Efectos indirectos tales como incremento en la infraestructura, suministro de agua, alimento y habitación para acomodar la población creciente.

El análisis insumo-producto puede dar una estimación lo bastante precisa acerca de cómo sería afectado cada sector productivo.

⁵ Bills, N. R. and Barr, A. L. 1968. An input-output analysis of the Upper South Branch Valley of West Virginia.

⁶ Cameron, B. 1968. Input-output analysis and resource allocation.

APLICACIONES DEL ANÁLISIS INSUMO-PRODUCTO

Para los efectos del presente trabajo, se debe mencionar que la economía está dividida dentro de un sector de procesamiento, por industrias como la agricultura y la silvicultura.

Un sector de pago incluye las importaciones, pagos a hogares o familias y al gobierno, así como un sector de demanda final, que comprende las exportaciones, compras familiares, y del gobierno.

Dentro de las alternativas de la producción silvícola tenemos la de obtener madera aserrada, elaboración de tableros aglomerados, venta de licencias para cacería, producción de madera en rollo, leña para combustible, etc.

El cuadro 3 es una matriz de transacciones simplificada que muestra las interrelaciones de los productores y compradores en el área de estudio. Se supone que cada productor ofrece o suministra únicamente un producto; las cifras representan el flujo de dinero entre productores y consumidores.

Cada hilera representa el producto vendido por esta industria o sector a través de la parte superior del cuadro; cada columna muestra las compras hechas por cada industria o sector a través de la parte que corresponde a lo largo del margen izquierdo. La columna final, el producto total bruto, es la suma de los desembolsos por cada industria o sector sobre el margen izquierdo.

La hilera de la parte inferior es el valor total de los insumos (compras), de cada industria o sector en la parte superior. Las primeras 9 cifras, el producto total bruto y el desembolso total bruto son iguales, debido a que estas industrias o sectores, así como las compras, son la suma de los desembolsos por el período de tiempo considerado.

Las cifras restantes son diferentes debido a las importaciones y las exportaciones, las compras de gobierno y los pagos al gobierno; asimismo, los pagos a las familias y los realizados por éstas no son los mismos.

No se espera que estas cifras se equilibren. El total de desembolsos debe igualar el total de la producción para la economía; por lo tanto, la suma de la hilera final y de la columna final deben resultar iguales.

PROD INSUMOS	C A	G	A	T A	L C	C	S	O	OT	F	E	CG	PT
CULTIVOS AGRÍCOLAS	50	200	0	100	0	200	100	0	0	200	0	150	1000
GANADERÍA	200	0	50	50	50	0	100	100	80	100	100	100	930
ASERRÍOS	100	130	0	200	100	0	200	300	100	400	50	150	1730
TABLEROS AGLOM	100	100	200	50	50	0	200	300	100	400	50	150	1700
LEÑA COMBUSTIBLE	200	100	0	300	50	0	100	100	100	0	100	150	1200
CACERÍA	20	0	0	50	0	100	50	100	10	300	0	0	630
SERVICIOS	100	100	200	100	100	0	50	50	50	0	100	200	1050
OFERENTES*	80	100	400	100	100	100	100	0	50	0	0	200	1230
OTROS	50	50	50	100	200	50	0	30	60	0	0	50	640
FAMILIAS	50	50	400	300	200	100	50	150	40	0	40	250	1630
IMPORTACIÓN	0	50	300	300	200	0	0	50	0	0	0	0	900
PAGOS AL GOBIERNO	50	50	130	50	150	80	100	50	50	200	50	0	960
TOTAL DE DESEMBOLO	1000	930	1730	1700	1200	630	1050	1230	640	1600	490	1400	1360

*Significa: suministros, oferente y demandante.

C A: Cultivos Agrícolas, G: Ganadería, A: Aserrío, T A: Tableros Aglomerados, L C: Leña Combustible, C: Cacería, S: Servicio, O: Oferente, OT: Otros, F: Familias, E: Exportación, CG: Compras del Gobierno, P T: Productos Totales.

Cuadro N° 3. Matriz de transacciones.

El cuadro 4 es la matriz tecnológica con los coeficientes para todas las transacciones interindustriales. Los coeficientes técnicos son las cantidades de insumos requeridos por cada industria para producir el valor de un dólar de la producción de una industria dada⁷;

⁷ Miernyk, W. H. 1966. The elements of input-output analysis.

dichos coeficientes están calculados únicamente para las industrias del sector de procesamiento.

En un modelo de una economía real, los coeficientes técnicos serían calculados por la substracción del agotamiento del inventario, durante el período de tiempo considerado en el análisis proveniente de la producción bruta. Una vez realizado ésto, se dividen todas las entradas en cada una de las columnas de las industrias por su producción bruta ajustada, según Miernyk *op. cit.*

La matriz tecnológica muestra exclusivamente las compras directas que serán realizadas por cada industria, por el valor de un dólar de producción proveniente de cada productor. Sin embargo, un incremento en la demanda final de cualquier producto, necesitará el incremento indirecto y directo en la producción de todas las industrias en el sector de procesamiento, por ejemplo, un incremento en la demanda por tableros aglomerados nos llevará a un incremento directo en compras por este sector, de productos de todos los demás sectores. Las alteraciones en la demanda por productos de una industria o sector, tiene repercusiones en la economía.

PRODUCTOS INSUMOS	CA	G	A	TA	LC	C	S	O	OT
CULTIVOS AGRÍCOLAS	0.05	0.26	0	0.06	0	0.32	0.10	0	0
GANADERÍA	0.20	0	0.03	0.03	0.04	0	0.10	0.08	0.13
ASERRÍOS	0.10	0.14	0	0.12	0.08	0	0.19	0.24	0.16
TABLEROS AGLOMERADOS	0.10	0.11	0.12	0.03	0.04	0	0.19	0.24	0.16
LEÑA COMBUSTIBLE	0.20	0.11	0	0.18	0.04	0	0.10	0.08	0.16
CACERÍA	0.02	0	0	0.03	0	0.16	0.05	0.08	0.02
SERVICIOS	0.10	0.11	0.12	0.06	0.08	0	0.05	0.04	0.08
OFERENTES*	0.08	0.11	0.23	0.06	0.08	0.16	0.10	0	0.08
OTROS	0.05	0.05	0.03	0.06	0.17	0.08	0	0.02	0.09

* Significa: suministros, oferente y demandante.

C A: Cultivos Agrícolas, G: Ganadería, A: Aserrío, T A: Tableros Aglomerados, L C: Leña Combustible, C: Cacería, S: Servicio; O: Oferente, OT: Otros.

Cuadro N° 4. Matriz tecnológica.

Los efectos combinados directos e indirectos pueden ser calculados con el auxilio de una computadora, restando la matriz tecnológica de la matriz unitaria, y computando la inversa transpuesta de la matriz resultante.

1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

-

0.05	0.26	0	0.06	0	0.32	0.10	0	0	0
0.20	0	0.03	0.03	0.04	0	0.10	0.08	0.13	0
0.10	0.14	0	0.12	0.08	0	0.19	0.24	0.16	0
0.10	0.11	0.12	0.03	0.04	0	0.19	0.24	0.16	0
0.20	0.11	0	0.18	0.04	0	0.10	0.08	0.16	0
0.20	0	0	0.03	0	0.16	0.05	0.08	0.02	0
0.10	0.11	0.12	0.06	0.08	0	0.05	0.04	0.08	0
0.08	0.11	0.23	0.06	0.08	0.16	0.10	0	0.08	0
0.05	0.05	0.03	0.06	0.17	0.08	0	0.02	0.09	0

=

0.95	-0.26	0	-0.06	0	-0.32	-0.10	0	0	0
-0.20	1.00	-0.03	-0.03	-0.04	0	-0.10	-0.08	-0.13	0
-0.10	-0.14	1.00	-0.12	-0.08	0	-0.19	-0.24	-0.16	0
-0.10	-0.11	-0.12	0.97	-0.04	0	-0.19	-0.24	-0.16	0
-0.20	-0.11	0	-0.18	0.96	0	-0.10	-0.08	-0.16	0
-0.02	0	0	-0.03	0	0.84	-0.05	-0.08	-0.02	0
-0.10	-0.11	-0.12	-0.06	-0.08	0	0.95	-0.04	-0.08	0
-0.08	-0.11	-0.23	-0.06	-0.08	-0.16	-0.10	1.00	-0.08	0
-0.05	-0.05	-0.03	-0.06	0.11	-0.08	0	-0.02	0.91	0

Cuadro N° 5. Matriz unitaria menos matriz tecnológica.

PRODUCTOS INSUMOS	C A	G	A	T A	L C	C	S	O	OT
CULTIVOS AGRÍCOLAS	1.2570	0.3859	0.4561	0.4401	0.4864	0.1061	0.3351	0.3787	0.1876
GANADERÍA	0.4357	1.2311	0.5098	0.4742	0.4289	0.0935	0.3549	0.4182	0.2180
ASERRÍOS	0.1157	0.1530	1.2558	0.3618	0.1902	0.0718	0.2548	0.3989	0.1255
TABLEROS AGLOMERADOS	0.1823	0.1701	0.3645	1.2736	0.3747	0.0941	0.2247	0.2764	0.1917
LEÑA COMBUSTIBLE	0.1074	0.1692	0.3189	0.2777	1.2283	0.0584	0.2271	0.2690	0.2798
CACERÍA	0.5296	0.2196	0.3201	0.3123	0.2877	1.2720	0.2023	0.4236	0.2239
SERVICIOS	0.2952	0.2879	0.5301	0.5225	0.3870	0.1443	1.2805	0.4038	0.1649
OFERENTES*	0.1729	0.2249	0.5122	0.5086	0.3155	0.1616	0.2353	1.2748	0.1659
OTROS	0.1863	0.3123	0.5124	0.5016	0.4446	0.1076	0.3126	0.3828	1.2690

* Significa: suministros, oferente y demandante.

C A: Cultivos Agrícolas, G: Ganadería, A: Aserrío, T A: Tableros Aglomerados, L C: Leña Combustible, C: Cacería, S: Servicio, O: Oferentes, OT: Otros.

Cuadro N° 6. Requerimientos directos e indirectos por dólar de demanda final.

PROD INSUMOS	CA	G	TA	LC	C	S	O	OT	F	E	CG	PT
CULTIVOS AGRÍCOLAS	50	200	100	0	200	100	0	0	200	0	150	1000
GANADERÍA	200	0	50	50	0	100	100	80	100	100	100	880
TABLEROS AGLOM	100	100	50	50	0	200	300	100	400	50	150	1500
LEÑA COMBUSTIBLE	200	100	300	50	0	100	100	100	0	100	150	1200
CACERÍA	20	0	50	0	100	50	100	10	300	0	0	630
SERVICIOS	100	100	100	100	0	50	50	50	0	100	200	850
OFERENTES*	80	100	100	100	100	100	0	50	0	0	200	830
OTROS	50	50	100	50	0	30	30	60	0	0	50	590
FAMILIAS	50	50	300	200	100	50	150	40	0	10	250	1200
IMPORTACIÓN	0	50	300	200	0	0	50	0	0	0	0	600
PAGOS AL GOBIERNO	50	50	50	150	80	100	50	50	200	50	0	930
TOTAL DE DESEMBOLSO	900	800	1500	950	580	880	1030	540	1200	410	1250	10210

* Significa: suministros, oferente y demandante.

C A: Cultivos Agrícolas, G: Ganadería, T A: Tableros Aglomerados, L C: Leña Combustible, C: Cacería, S: Servicio, O: Oferentes, OT: Otro, F: Familias, E: Exportación, C G: Compras del Gobierno, P T: Productos totales.

Cuadro N° 7. Matriz de transacciones (se excluye la industria de aserrio).

El cuadro 7 muestra en la parte superior, la producción total directa o indirecta requerida por cada sector para apoyar el envío o entrega de un dólar a la demanda final para cada sector enlistado sobre la izquierda. Esta matriz muestra cómo un incremento en la demanda por los bienes de un sector, estimula la producción en otros sectores.

Si se multiplica por un vector de demanda final, entonces representa una solución general del modelo insumo-producto. El multiplicador total local por el valor de un dólar de ventas por esa industria-columna, es calculado agregando los coeficientes en cualquier columna.

Generalmente, este multiplicador varía inversamente con la proporción de ventas que salen de una región. A medida que el porcentaje de ingreso o venta de un sector incrementa su reventa fuera del área local, el efecto del multiplicador en la comunidad local de ese sector disminuye.

Puede realizarse un amplio rango de aplicaciones del análisis insumo-producto, utilizando el modelo básico presentado.

La matriz de transacciones y la de requerimientos directos e indirectos pueden servir de calculador para simular los efectos de quitar o mover una determinada industria de una región; la aparición de nuevas industrias, los cambios en la tecnología, o en los precios de los productos; además, de pronósticos en términos o períodos cortos para utilizarlos en la selección de estrategias de desarrollo.

Se discutirá la aplicación del análisis insumo-producto en los primeros dos casos, posteriormente se explicarán los cálculos y los usos de los multiplicadores de ingreso y de empleo.

Como ejemplo del uso del modelo insumo-producto para modelar la desaparición de una industria regional, se quitará la de aserrío del conjunto de productores y compradores. Esta situación podría suceder si se presenta escasez de materias primas, forzando a las firmas que empiezan con pérdidas, a quebrar.

La matriz de transacciones debe ser reconstruida sin incluir la industria de aserrío. El cuadro 7 es la nueva matriz (*cf.* cuadro 3, *vid., supra*).

El cuadro 8 es así la nueva matriz de coeficientes tecnológicos; los datos en esta matriz son mayores que los respectivos del cuadro 4, *vid., supra*, debido a que cada industria o sector, escasamente tiene un grado superior de participación en producción y desembolsos totales brutos.

PRODUCTOS INSUMOS	CA	G	TA	LC	C	S	SU	O
CULTIVOS AGRÍCOLAS	0.056	0.250	0.067	0	0.317	0.118	0	0
GANADERÍA	0.222	0	0.033	0.045	0	0.118	0.097	0.148
TABLEROS AGLOMERADOS	0.111	0.125	0.033	0.045	0	0.235	0.291	0.185
LEÑA COMBUSTIBLE	0.222	0.125	0.200	0.045	0	0.118	0.097	0.185
CACERÍA	0.022	0	0.033	0	0.159	0.059	0.087	0.019
SERVICIOS	0.111	0.125	0.067	0.090	0	0.059	0.049	0.093
SUMINISTROS	0.089	0.125	0.067	0.090	0.159	0.118	0	0.093
OTROS	0.056	0.063	0.067	0.180	0.079	0	0.029	0.110

C A: Cultivos Agrícolas, G: Ganadería, T A: Tableros Aglomerados, L C: Leña Combustible, C: Cacería, S: Servicio, SU: Suministros, O: Otros.

Cuadro N° 8. Coeficientes técnicos (se excluye la industria del aserrío).

El cuadro 9 es la nueva matriz de requerimientos combinados directos e indirectos por dólar de demanda final. Este cuadro puede ser comparado con el cuadro 6, *vid., supra*, para encontrar los efectos directos e indirectos de remover la industria del aserrío de la economía regional.

PRODUCTOS INSUMOS	C A	G	T A	L C	C	S	SU	O
CULTIVOS AGRÍCOLAS	1.297	0.449	0.480	0.596	0.124	0.350	0.345	0.293
GANADERÍA	0.443	1.252	0.479	0.499	0.102	0.345	0.356	0.275
TABLEROS AGLOMERADOS	0.199	0.185	1.263	0.428	0.101	0.212	0.226	0.224
LEÑA COMBUSTIBLE	0.119	0.188	0.281	1.270	0.064	0.223	0.233	0.312
CACERÍA	0.544	0.248	0.327	0.344	1.281	0.199	0.385	0.272
SERVICIOS	0.340	0.329	0.556	0.471	0.164	1.269	0.346	0.208
SUMINISTROS	0.187	0.243	0.514	0.366	0.181	0.203	1.186	0.197
OTROS	0.207	0.351	0.520	0.531	0.115	0.306	0.323	1.330

C A: Cultivos Agrícolas, G: Ganadería, T A: Tableros Aglomerados, L C: Leña Combustible, C: Cacería, S: Servicio, SU: Suministros, O: Otros.

Cuadro N° 9. Requerimientos directos e indirectos por dólar de demanda final (excluida la industria del aserrío)

La aparición de una nueva industria puede ser simulada en forma similar, como ejemplo, se incluirá la industria eléctrica en la matriz de transacciones original para producir el cuadro 10.

PROD INSUMOS	C	A	G	A	E	T	A	L	C	S	O	O	T	F	E	X	C	G	P	T
CULTIVOS AGRÍC	50	200	0	30	100	0	200	100	0	0	0	200	0	150	1030					
GANADERÍA	200	0	50	50	50	50	0	100	100	80	100	100	100	100	980					
ASERRÍOS	100	130	0	50	200	100	0	200	300	100	400	50	150	1780						
ELECTRICIDAD	30	50	50	50	50	0	100	100	60	100	200	100	100	990						
TABLEROS AGLO	100	100	200	50	50	50	0	200	300	100	400	50	150	1750						
LEÑA COMBUST	200	100	0	0	300	50	0	100	100	100	0	100	150	1200						
CACERÍA	20	0	0	0	50	0	100	50	100	10	300	0	0	630						
SERVICIOS	100	100	200	100	100	100	0	50	50	50	0	100	200	1150						
OFERENTES*	80	100	400	60	100	100	100	100	0	50	0	0	200	1290						
OTROS	50	50	50	100	100	200	50	0	30	60	0	0	50	740						
FAMILIAS	50	50	400	200	300	200	100	50	150	40	0	10	250	1800						
IMPORTACIÓN	0	50	300	100	300	200	0	0	50	0	0	0	1000							
PAGOS AL GOB	50	50	130	100	50	150	80	100	50	50	200	50	0	1060						
TOTAL DE DESEMBOLSO	1030	980	1780	890	1750	1200	630	1150	1290	740	1800	560	1500	15300						

* Significa: suministros, oferente y demandante.

C A: Cultivos Agrícolas, G: Ganadería, A: Aserrío, E: Electricidad, T A: Tableros Aglomerados, L C: Leña Combustible, C: Cacería, S: Servicios, O: Oferentes, O T: Otros, F: Familias, E: Exportación, C G: Compras del Gobierno, P T: Productos totales.

Cuadro N° 10. Matriz de transacciones (se incluye la industria eléctrica).

El cuadro 11 es la matriz tecnológica, recalculada, y el cuadro 12 es la nueva tabla de requerimientos directos e indirectos por dólar de producto o demanda final. Al examinar esta tabla se notan los cambios en la demanda final por productos de cada industria y los cambios en el valor de las transacciones interindustriales pueden observarse a detalle.

Esta información es útil para los forjadores de las políticas, en los pronósticos de cambios en una economía regional y para los administradores de empresas individuales, quienes pueden ajustarse a cambios anticipados en los mercados para sus productos o a modificaciones en los precios de los mismos.

PRODUCTOS INSUMOS	C A	G	A	E	T A	L C	C	S	O	OT
CULTIVOS AGRÍCOLAS	0.049	0.204	0	0.034	0.057	0	0.318	0.087	0	0
GANADERÍA	0.194	0	0.028	0.056	0.029	0.042	0	0.087	0.078	0.103
ASERRÍO	0.097	0.133	0	0.056	0.114	0.083	0	0.174	0.233	0.135
ELECTRICIDAD	0.029	0.051	0.028	0.056	0.029	0	0	0.087	0.047	0.135
TABLEROS AGLOMERADOS	0.097	0.102	0.112	0.056	0.029	0.042	0	0.174	0.233	0.135
LEÑA COMBUSTIBLE	0.194	0.102	0	0	0.171	0.042	0	0.087	0.078	0.135
CACERÍA	0.019	0	0	0	0.029	0	0.159	0.044	0.078	0.014
SERVICIOS	0.097	0.102	0.112	0.112	0.057	0.083	0	0.044	0.039	0.068
OFERENTES*	0.078	0.102	0.225	0.067	0.057	0.083	0.159	0.087	0	0.068
OTROS	0.049	0.051	0.028	0.112	0.057	0.167	0.079	0	0.023	0.081

* Significa: suministros, oferente y demandante.

C A: Cultivos Agrícolas, G: Ganadería, A: Aserrío, E: Electricidad, T A: Tableros Aglomerados, L C: Leña Combustible, C: Cacería, S: Servicio, O: Oferente, OT: Otros.

Cuadro N° 11. Coeficientes técnicos (se incluye a la industria eléctrica).

PRODUCTOS INSUMOS	CA	G	A	E	TA	LC	C	S	O	OT
CULTIVOS AGRÍCOLAS	1.2274	0.3771	0.4433	0.1691	0.4261	0.4602	0.0983	0.3346	0.3694	0.2482
GANADERÍA	0.3453	1.2008	0.4571	0.1836	0.4203	0.3654	0.0780	0.3267	0.3753	0.2299
ASERRÍO	0.0985	0.1426	1.2360	0.3347	0.1178	0.1665	0.0640	0.2431	0.3814	0.1318
ELECTRICIDAD	0.1385	0.1818	0.2818	1.1589	0.2771	0.1725	0.0530	0.2599	0.2470	0.2266
TABLEROS AGLOMERADOS	0.1619	0.1591	0.3393	0.1230	1.2520	0.3416	0.0854	0.2164	0.2589	0.1964
LEÑA COMBUSTIBLE	0.0920	0.1614	0.3045	0.2618	0.1028	1.2079	0.0518	0.2255	0.2613	0.2824
CACERÍA	0.5074	0.2096	0.3028	0.2944	0.1190	0.2639	1.2632	0.1981	0.4107	0.2475
SERVICIOS	0.2596	0.2617	0.4817	0.2109	0.4736	0.3327	0.1250	1.2651	0.3653	0.1770
ÓFERENTES*	0.1541	0.2180	0.4924	0.1567	0.4874	0.2913	0.1528	0.2338	1.2645	0.1824
OTROS	0.01503	0.1918	0.2818	0.2771	0.2713	0.3706	0.0863	0.0291	0.3397	1.2685

* Significa: suministros, oferente y demandante.

C A: Cultivos Agrícola, G: Ganadería, A: Aserrío; E: Electricidad, T A: Tableros Aglomerados, L C: Leña Combustible, C: Cacería, S: Servicio, O: Oferente, OT: Otros.

Cuadro N° 12. Requerimientos directos e indirectos por dólar de demanda final (se incluye a la industria eléctrica).

Los modelos insumo-producto pueden ser utilizados también para medir el impacto total sobre el empleo, así como el ingreso y la producción resultante de los cambios de modelos de inversión. Este total puede ser subdividido en multiplicadores sectoriales que muestran cómo los sectores individuales son afectados directa e indirectamente por dichos cambios.

Para poder calcular los multiplicadores sectoriales, debe de ajustarse primero la matriz de transacciones para incluir las familias u hogares en el sector de procesamiento. Este paso requiere de algunos cambios de los datos de la columna de la demanda final, de tal forma que los pagos y las compras realizadas por las familias, sean iguales.

La nueva matriz hipotética de transacciones se muestra en el cuadro 13. El cuadro 14 es la nueva matriz de coeficientes técnicos asociada con el cuadro 13.

En la matriz hipotética dada, se aplica el aserrio en una industria con una alta intensidad de mano de obra, utilizando el valor de 23 como insumo de mano de obra por dólar de producción. La agricultura y la producción ganadera son mucho menos captadoras de mano de obra, cada una usa únicamente el valor de 5, como insumo total por dólar de producción.

La información sobre la intensidad de mano de obra de diferentes industrias es muy importante en la península de Yucatán, debido a que las condiciones económicas de México, han dado como resultado para esta región la necesidad de seleccionar trabajos que generen alternativas capaces de desarrollar fuentes de empleo.

PROD INSUMOS	CA	G	A	TA	LC	C	S	O	OT	F	E	CG	PT
CULTIVOS AGRÍCOLAS	50	200	0	100	0	200	100	0	0	200	0	150	1000
GANADERÍA	200	0	50	50	50	0	100	100	80	100	100	100	930
ASERRÍOS	100	130	0	200	100	0	200	300	100	400	50	150	1730
TABLEROS AGLOM	100	100	200	50	50	0	200	300	100	400	50	150	1700
LEÑA COMBUSTIBLE	200	100	0	300	50	0	100	100	100	0	100	150	1200
CACERÍA	20	0	0	50	0	100	50	100	10	300	0	0	630
SERVICIOS	100	100	200	100	100	0	50	50	50	0	100	200	1050
OFERENTES*	80	100	400	100	100	100	100	100	0	50	0	200	1230
OTROS	50	50	50	100	200	50	0	30	60	0	0	50	640
FAMILIAS	50	50	400	270	200	100	50	150	40	0	40	250	1600
IMPORTACIÓN	0	50	300	330	200	0	0	50	0	0	0	0	930
PAGOS AL GOBIERNO	50	50	130	50	150	80	100	50	50	200	50	0	960
TOTAL DE DESEMBOLSO	1000	930	1730	1700	1200	630	1050	1230	640	1600	460	1400	13600

* Significa: suministros, oferente y demandante

C A: Cultivos Agrícolas, G: Ganadería, A: Aserrio, T A: Tableros Aglomerados, L C: Leña Combustible, C: Cacería, S: Servicio, O: Oferente, OT: Otros, F: Familias, E: Exportación, C G: Compras del Gobierno, P T: Productos Totales.

Cuadro N° 13. Matriz de transacciones incluyendo las familias en el sector de procesamiento.

PRODUCTOS INSUMOS	CA	G	A	TA	LC	C	S	O	OT	F
CULTIVOS AGRÍCOLAS	0.05	0.26	0	0.06	0	0.32	0.10	0	0	0.13
GANADERÍA	0.20	0	0.03	0.03	0.04	0	0.10	0.08	0.13	0.06
ASERRÍOS	0.10	0.14	0	0.12	0.08	0	0.19	0.24	0.16	0.15
TABLEROS AGLOMERADOS	0.10	0.11	0.12	0.03	0.04	0	0.19	0.24	0.16	0.25
LEÑA COMBUSTIBLE	0.20	0.11	0	0.18	0.04	0	0.10	0.08	0.16	0
CACERÍA	0.02	0	0	0.03	0	0.16	0.05	0.08	0.02	0.19
SERVICIOS	0.10	0.11	0.12	0.06	0.08	0	0.05	0.04	0.08	0
OFERENTES*	0.08	0.11	0.23	0.06	0.08	0.16	0.10	0	0.08	0
OTROS	0.05	0.05	0.03	0.06	0.17	0.08	0	0.02	0.09	0
FAMILIAS	0.05	0.05	0.23	0.16	0.17	0.16	0.05	0.12	0.06	0

* Significa: suministros, oferente y demandante.

C A: Cultivos Agrícolas, G: Ganadería, A: Aserrío, T A: Tableros Aglomerados, L C: Leña Combustible, C: Cacería, S: Servicio, O: Oferente, OT: Otros, F: Familias.

Cuadro N° 14. Coeficientes técnicos incluyendo las familias en el sector de procesamiento.

El cuadro 15 es la matriz recalculada de requerimientos directos e indirectos por dólar de demanda final al tomar en cuenta a las familias en el sector de procesamiento. Este cuadro puede ser utilizado para determinar dos tipos de multiplicadores de ingreso para todas las industrias incluidas en el sector de procesamiento de la matriz original de transacciones.

PRODUCTOS INSUMOS	C A	G	A	T A	L C	C	S	O	OT	F
CULTIVOS AGRÍCOLAS	1.4089	0.5410	0.8323	0.8159	0.6666	0.3142	0.4785	0.5923	0.3535	0.6993
GANADERÍA	0.5878	1.3783	0.8728	0.8370	0.5974	0.2993	0.4900	0.6218	0.3436	0.7021
ASERRÍOS	0.2834	0.3070	1.6351	0.7408	0.3657	0.2881	0.3956	0.6113	0.2423	0.7401
TABLEROS AGLOMERADOS	0.3285	0.3107	0.7140	1.6229	0.5348	0.2941	0.3535	0.4714	0.2018	0.6862
LEÑA COMBUSTIBLE	0.2548	0.3037	0.6495	0.6083	1.3817	0.2468	0.3501	0.4553	0.2820	0.6441
CACERÍA	0.2223	0.1996	0.4392	0.4367	0.2491	1.3922	0.1901	0.4483	0.2452	0.5351
SERVICIOS	0.4250	0.4248	0.8764	0.8690	0.5425	0.3340	1.4063	0.5957	0.2776	0.6888
OFERENTES*	0.3054	0.3663	0.8729	0.8694	0.4756	0.3711	0.3652	1.4737	0.2769	0.7254
OTROS	0.3328	0.4556	0.8702	0.8593	0.6076	0.3129	0.4440	0.5820	1.3815	0.7053
FAMILIAS	0.4137	0.3454	0.8313	0.8302	0.3949	0.4689	0.3150	0.4701	0.2492	1.5913

* Significa: suministros, oferente y demandante.

C A: Cultivos Agrícolas, G: Ganadería, A: Aserrío, T A: Tableros Aglomerados, L C: Leña Combustible, C: Cacería, S: Servicio, O: Oferente, OT: Otros, F: Familias.

Cuadro N° 15. Requerimientos directos e indirectos por dólar de demanda final, incluyendo las familias en el sector de procesamiento.

Estos multiplicadores de ingreso están tabulados en el cuadro 16; las notas al pie explican cómo se derivan los datos. Los multiplicadores Tipo I incluyen exclusivamente cambios directos e indirectos en el ingreso, que resultan del incremento de un dólar en la demanda por el producto de las industrias en el sector de procesamiento.

Los multiplicadores Tipo II también incluyen cambios inducidos en el ingreso, que resultan de un incremento en el gasto de los consumidores.

S	CAMBIO DEL INGRESO DIRECTO	CAMBIO DEL INGRESO DIRECTO + IND	CAMBIO DEL INGRESO IND	MULTIPLIC TIPO I	CAMBIO DEL INGRESO DIRECTO + IND + INDUCIDO	CAMBIO DEL INGRESO INDUCIDO	CAMBIO DEL INGRESO IND + INDUCIDO	MULTIPLIC TIPO II
C	0.05	0.440	0.390	8.80	0.6993	0.2593	0.649	13.99
G	0.05	0.441	0.391	8.82	0.7021	0.2611	0.652	14.04
MA	0.23	0.466	0.236	2.03	0.7401	0.2741	0.510	3.22
TA	0.16	0.432	0.272	2.70	0.6862	0.2542	0.526	4.29
LC	0.17	0.405	0.235	2.38	0.6441	0.2391	0.474	3.79
C	0.16	0.337	0.177	2.11	0.5351	0.1981	0.375	3.34
S	0.05	0.434	0.384	8.68	0.6888	0.2548	0.639	13.78
O	0.12	0.456	0.336	3.80	0.7254	0.2694	0.605	6.05
OT	0.06	0.444	0.384	7.40	0.7053	0.2613	0.645	11.76
Nº C	1	2	3	4	5	6	7	8

C: Cultivos, G: Ganadería, MA: Madera Aserrada, TA: Tableros Aglomerados, LC: Leña Combustible, C: Cacería, S: Servicios, O: Oferente, OT: Otros, Nº C: Número de Columna.

Columna 1 = Hileras de familias proveniente de la Tabla # 12

Columna 2 = Suma de cada una de las hileras de entrada de la Tabla # 11 multiplicada por el coeficiente de familias de la columna correspondiente de la Tabla # 12

Columna 3 = Columna 2 menos columna 1

Columna 4 = Columna 2 dividida entre la columna 1

Columna 5 = Columna de familias de la Tabla # 12

Columna 6 = Columna 5 menos columna 2

Columna 7 = Columna 3 más columna 6

Columna 8 = Columna 5 dividida entre columna 1

Cuadro Nº 16. Multiplicadores Tipo I y Tipo II del ingreso.

Los multiplicadores del ingreso muestran las diferentes cantidades de ingreso generadas por diferentes sectores de la economía, cuando dichos sectores incrementan su producción por la misma cantidad. A mayor grado de interdependencia dentro de la economía, o a menor dependencia de las importaciones, mayores serán los cambios del ingreso directo, Miernyk *op. cit.*

Por lo tanto, una región tendrá multiplicadores del ingreso más pequeños que una economía entera; a menos que la región dependa mucho de las importaciones o el ingreso provenga de las exportaciones.

Los cambios amplios en el ingreso directo no están asociados necesariamente con los multiplicadores grandes; por ejemplo, en la matriz de coeficientes técnicos, la agricultura y la ganadería no resultaron con mano de obra tan intensa, comparados con la industria del aserrío, pero los multiplicadores del ingreso de estos dos sectores en el cuadro 16, son superiores a aquéllos de la industria del aserrío.

Lo anterior se debe a que, una industria que utiliza mano de obra intensiva, usualmente, pero en forma relativa, tiene menores interacciones con otras industrias, que una industria que utiliza más capital, por lo que cuando su producción se incrementa, se genera una pequeña reacción en cadena a través de otros sectores de la economía.

Las matrices de insumo-producto pueden ser utilizadas para computar los efectos del empleo en un cambio en la demanda final, así como los efectos del ingreso.

Para computarlos se han utilizado dos métodos:

- El Multiplicador Tipo I del empleo, es el cociente del cambio del empleo directo más el indirecto, entre el cambio del empleo directo.

$$\text{Multiplicador Tipo I}_{LM} = \sum_{i=1}^n b_i c_{ij} / b_j \text{ para el sector } j$$

donde:

b_j = Requerimientos directos de mano de obra por dólar de producción de cada sector, (vector de requerimientos de mano de obra), estimado a través de una regresión, relacionando el empleo total en un sector y la producción de ese mismo sector.

c_{ij} = Elementos de la matriz invertida transpuesta de coeficientes tecnológicos.

- El multiplicador Tipo II del empleo, es el cociente del cambio del empleo directo e indirecto, así como el inducido, entre el cambio del empleo directo.

$$\text{Multiplicador Tipo II}_{LM} = \sum_{i=1}^n b_i c_{ij} / b_i \text{ para el sector } j$$

donde los factores de la ecuación son los mismos que aquéllos de la ecuación previa, excepto que c^i es un elemento de una matriz aumentada, producida al incluir los cambios en el empleo inducido, en la matriz c_{ij} .

Los datos anteriores utilizan figuras de tablas insumo-producto estáticas.

Los modelos dinámicos pueden ser contruidos de modo tal que simulen con mayor precisión los cambios de condiciones económicas, como cambios en los precios de los insumos o en tecnología.

Los análisis insumo-producto estático y dinámico, son poderosas herramientas analíticas para describir una economía y pronosticar los efectos de las políticas económicas, a corto, mediano y largo plazo.

BIBLIOGRAFÍA.

Bettors, D. R. 1978. Analytical aids land management planning. Pacific Southwest Forest and Range Experiment Station. General Technical Report PSW-32. U S D A Forest Service. U S A.

Bills, N. R., and Barr, A. L. 1968. An input-output analysis of the Upper South Branch Valley of West Virginia. West Virginia Agricultural Experiment Station. Boulletin N° 568 T. U S A.

Cameron, B. 1968. Input-output analysis and resource allocation. University of Cambridge Press. England.

Hughes, J. M. 1970. Forestry in Itasca Country's economy: An input-output analysis. A E S Report N° 95. University of Minesota. U S A.

- Leontief, W. 1936. "Quantitative input-output relations in the economic system of the United States". The Review of Economics and Statistics. U S A. N° 28. pp. 105 - 125 .
- Miernyk, W. H. 1966. The elements of input-output analysis. New York Random House. U S A. 156 p.
- S A R H. 1979. La planeación agropecuaria forestal. S F F. S A R H. México.

