

CIENCIA FORESTAL

en México

ISSN 0185-2418

REV. CIEN. FOR. EN MÉX. VOL. 20. NÚM. 78. 152 P. MÉXICO, D.F. JUL-DIC 1995



INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES FORESTALES Y AGROPECUARIAS
DIVISION FORESTAL

La Revista **Ciencia Forestal en México**, es el órgano divulgativo del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias, de la Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural, que tiene como finalidad difundir resultados parciales o finales de las investigaciones forestales realizadas por su personal científico, existiendo la posibilidad de publicar 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, SAGAR.

Dr. Daniel Piñero Dalmau,
Centro de Ecología, U N A M.

Ing. Víctor E. Sosa Cedillo,
Asesor de Proyectos Especiales
Consultores Internacionales CLB

Ing. Sergio Varela Hernández,
Dirección General Forestal, SEMARNAP

Dr. Alejandro Velázquez Martínez,
Programa Forestal,
Colegio de Postgraduados.

Editores:

Dr. José Daniel Garza y Rueda.

Lic. Javier Sosa Cedillo.

Certificado de Licitud de Contenido Núm. 677

Certificado de Licitud de Título Núm. 1151

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

Índice de Revistas Científicas Mexicanas del CONACYT,

oficio N° 544 del 2 de junio de 1995.

CIENCIA FORESTAL

en México

VOL. 20

JUL-DIC 1995

NUM. 78

CONTENIDO

	Pag.
CARACTERIZACIÓN ECOLÓGICA DE LAS POBLACIONES NATURALES DE JOJOBA (<i>Simmondsia chinensis</i> (Link) Schneider) EN EL ESTADO DE SONORA. Carmen Molina Maldonado, Enrique Merlín Bermúdez y J. Luis Delgado Armendáriz.	3
DETERMINACIÓN DEL ESPACIO DE CRECIMIENTO ADECUADO PARA <i>Pinus douglasiana</i> MARTÍNEZ EN EL CAMPO EXPERIMENTAL BARRANCA DE CUPATTTZIO. Jorge Valencia Vargas.	23
COMPARACIÓN DE NUEVE MODELOS EMPÍRICOS PARA LA DETERMINACIÓN DE ÍNDICE DE SITIO EN MICHOACÁN. Salvador Madrigal Huendo y Hugo Ramírez Maldonado.	35
ÉPOCA DE SIEMBRA DE 12 ESPECIES FORESTALES DE BAJA CALIFORNIA SUR. Salvador Fonseca Vera y Rigoberto Meza Sánchez.	59
RESPUESTA DE <i>Salicornia subterminalis</i> A CUATRO NIVELES DE HUMEDAD APROVECHABLE DEL SUELO IRRIGADA CON AGUA SALINA. Rigoberto Meza Sánchez.	79
LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA EN LA ADMINISTRACIÓN DE RECURSOS NATURALES: RECOMENDACIONES DE LAS EXPERIENCIAS DEL INIFAP. Rafael Moreno Sánchez y Francisco Moreno Sánchez.	93
ENSAYOS DE ESPECIES Y PROCEDENCIAS DE ÁRBOLES EN EL CAMPO EXPERIMENTAL BARRANCA DE CUPATTTZIO. Javier Mas Porras, J. Jesús García Magaña y Martha A. Cervantes Sánchez.	111
REPRODUCTION IN THE MEXICAN LIZARD, <i>Sceloporus torquatus</i> . Royce E. Ballinger y Julio A. Lemos Espinal.	143
CUERPO CONSULTIVO FORESTAL.	149

11/11

11/11

11/11

11/11

11/11

11/11

11/11

11/11

11/11

11/11

11/11

11/11

11/11

11/11

11/11

11/11

CARACTERIZACIÓN ECOLÓGICA DE LAS POBLACIONES NATURALES DE JOJOBA (*Simmondsia chinensis* (Link) Schneider) EN EL ESTADO DE SONORA.

Molina Maldonado Carmen*
Merlín Bermúdez Enrique*
Delgado Armendáriz José Luis**

RESUMEN

La jjoba *Simmondsia chinensis*, es una especie endémica del Desierto Sonorense, de su semilla se extrae aceite de alta calidad, el cual tiene gran diversidad de usos en cosméticos, alimenticios e industriales y su follaje es utilizado para forraje. La jjoba juega un papel importante en el ecosistema donde habita. Esta especie es aprovechada por los pobladores de las regiones donde se desarrolla, con el consecuente deterioro que implica el manejo inadecuado de las poblaciones silvestres. El Objetivo del estudio fue evaluar algunas características ecológicas de las áreas donde se desarrolla esta especie. Los resultados muestran que la jjoba en el estado de Sonora, México, presenta una amplia distribución, desde Puerto Peñasco al norte, hasta Guaymas al sur y desde el nivel de mar en la costa hasta Saric y Tubutama, a una altitud de 1,000 m. En los sitios 5 y 8 que corresponden a Bahía San Agustín (municipio de Hermosillo) y Ejido Victoria y Libertad (municipio de Pitiquito) la jjoba presentó los valores de importancia más altos, 0.96 y 0.90 respectivamente. La mayor densidad se presentó en el sitio 5 con 1,050 ind/Ha. Los sitios con mayor diversidad fueron: Santa Rosa (6) y El Caracol (15), del municipio de Pitiquito; El Alamito (9), municipio de Saric, y Los Corralitos (13), del municipio de Hermosillo. El índice de similitud entre sitios fue bajo (menos del 50 %).

Palabras clave: Jjoba, *Simmondsia chinensis*, caracterización ecológica, poblaciones naturales.

* Maestro en Ciencias, Investigador del Campo Experimental Valle de Guadiana, CIR-Norte Centro, INIFAP, SAGAR.

** Ex-Investigador del CIR-Norte Centro, INIFAP, SAGAR.

ABSTRACT

Jojoba *Simmondsia chinensis* is an endemic species of the Sonoran Desert, of its seed it is obtained a high quality oil, which has a wide diversity of uses in cosmetics, food and raw material for industries, the leaves are also used for grazing. Jojoba plays an important role in its ecosystem. This species is exploited by the people living in the lands where it grows, with the consequent damage caused by an inadequate management of the wild populations. The objective of this study was to evaluate some ecological characteristics in those ecosystems. The results showed that the jojoba in Sonora, México, presents a wide distribution, from Puerto Peñasco (North) until Guaymas (South) and from the shore until Saric and Tubutama whose elevation is 1,000 m above the sea level. In the sites Bahia San Agustín (5) at Hermosillo county and Ejido Victoria y Libertad (8) at Pitiquito county, the jojoba presented the two larger importance values 0.96 and 0.90 respectively. Site 5 presented the highest density with 1,050 plants per hectare. The sites Santa Rosa (6) and El Caracol (15) of Pitiquito county, El Alamito (9) of Saric county and Los Corralitos (13) of Hermosillo showed the larger diversity values. The similarity index among sites was low (less than 50 %).

Key words: Jojoba, *Simmondsia chinensis*, ecological characterization, natural population.

INTRODUCCIÓN

La jojoba es un arbusto nativo del Desierto Sonorense con amplia distribución en los estados de Sonora, Baja California y Baja California Sur. Se considera que existen aproximadamente 120 mil hectáreas de jojoba silvestre (Quilantán, 1980)¹ y se presentan en diferentes tipos de suelo, geología, clima, vegetación y altitud, lo cual influye sobre la producción de semilla, la fenología y la dinámica de poblaciones.

Las poblaciones silvestres de jojoba están sujetas a la influencia de los medios biótico y abiótico, que pueden ser determinantes en la producción de semilla, que es el producto de mayor importancia de la especie para los habitantes de esas regiones.

¹ Quilantán-Villarreal, L. 1980. Proyección y logros de la investigación agronómica con jojoba (*Simmondsia chinensis* (Link) Schneider) del INIA en el CIANO de la Costa de Hermosillo, Sonora. pp. 37-42

Con el objeto de incrementar la producción de semilla de jojoba se han realizado algunas prácticas de ecocultivo, las cuales provocan disturbio a la comunidad al causar erosión eólica e hídrica al quedar el suelo desnudo, además del retroceso en el proceso de sucesión. El objetivo del estudio fue evaluar algunas características ecológicas de la jojoba. A pesar de que el auge por el aprovechamiento de la jojoba ha disminuido, esta especie es económicamente importante y se debe continuar con la investigación de aspectos ecológicos y agronómicos para hacer una utilización racional de la especie.

REVISIÓN DE LITERATURA

La jojoba (*Simmondsia chinensis*) es un arbusto dióico, perenne, con hojas coriáceas opuestas; con una altura de 1 a 5 m, las ramas son rígidas y poseen ramillas finamente pubescentes; hojas ovadas o elípticas, oblongas de 1 a 2 cm de ancho y de 2.5 cm de largo, agudas u obtusas en ápice y base, sépalos de flores estaminadas oblanceoladas u oblongas de 3 a 4 mm de longitud, filamentos de 1 mm de longitud o menos; los sépalos de flores pistiladas coalescentes en la base para formar una copa de 1.5 a 3 mm de profundidad, ampliamente lanceolada, de 8 a 10 mm de longitud en la antesis; en la fructificación alcanza 1.5 cm de longitud. El fruto es una cápsula, oblonga, ovoide de 15 a 20 mm de largo (Shreve y Wiggins, 1964)². Esta planta parece ser que es polinizada por el viento. Las abejas sólo se posan en flores estaminadas pero no en las pistiladas. La polinización generalmente ocurre en marzo y el desarrollo del fruto en julio y agosto. Cada ovario inicialmente contiene tres óvulos, pero por lo regular sólo se desarrolla una semilla (Hogan *et al.*, 1980)³.

La jojoba es nativa del Desierto Sonorense, se encuentra distribuida en el triángulo cuyos vértices son: Los Angeles, California y Phoenix, Arizona en Estados Unidos de América y el extremo sur de la península de Baja California, México. Esta área abarca algunas de las zonas más inhóspitas del mundo; en algunos sitios la precipitación anual es apenas de 80 mm y las temperaturas máximas llegan hasta 54°C, pocas plantas pueden sobrevivir en este ambiente, pero la jojoba perdura entre las rocas, grava y arena (National Research Council, 1985)⁴. Las poblaciones naturales de jojoba se localizan entre los paralelos 23° y 35° de latitud norte y los meridianos 109° y 117° de longitud oeste. Las poblaciones más grandes de jojoba en México se encuentran en

² Shreve, F. y I. L. Wiggins. 1964. Vegetation and flora of the Sonoran Desert. 840 p.

³ Hogan *et al.* 1980. Jojoba a new horticultural crop for arid regions.

⁴ National Research Council. 1985. Jojoba: New crop for arid lands, new material for industry. 102 p.

los estados de Baja California, Baja California Sur y Sonora (Hogan y Bemis, 1983)⁵ Castellanos (1981)⁶ hizo una descripción general de las condiciones ambientales en que se desarrolla la jojoba en Sonora; se distribuye en los tipos de clima: semiseco templado, seco cálido, seco semicálido y semiseco semicálido, todos con lluvias en verano y una precipitación invernal superior al 10,2 %. La precipitación varía de 113 a 400 mm y en elevaciones desde 1.5 hasta 1,150 msnm. Los factores edáficos también son importantes en la distribución de la jojoba, los suelos donde se desarrolla son de tipo granítico de textura gruesa y con un pH que varía de ligeramente ácido a ligeramente alcalino.

Por otra parte, el National Research Council (*op. cit.*) reporta que la jojoba prospera bajo condiciones de suelo y de humedad inadecuadas para otras especies cultivadas. La mayoría de las poblaciones naturales crecen en áreas que reciben de 200 a 460 mm de precipitación anual, en donde la humedad del suelo es crítica entre la primavera y el inicio del verano, que es el período en el cual se presenta la floración y el desarrollo del fruto.

A partir del año de 1972, investigadores y grupos de industriales se interesaron por domesticar la jojoba para cultivarla en regiones con problemas de humedad. Uno de los factores principales es la semilla, pues contiene de 40 a 60 % de cera líquida de alta calidad (Hogan y Bemis, *op. cit.*). Esta cera puede usarse como sustituto del aceite de ballena, como ingrediente de lubricantes de alta calidad especiales para altas temperaturas, en la manufactura de barnices, adhesivos, tinta para impresión, materiales para pisos y cosméticos.

Los estudios que se han realizado sobre los aspectos ecológicos de la jojoba son relativamente pocos. Al-ani *et al.* (1972)⁷, compararon poblaciones de jojoba procedentes de dos ambientes (costa y desierto) y encontraron que esta planta posee un alto grado de tolerancia fisiológica a sequía y a altas temperaturas, también observaron diferencias entre las poblaciones del desierto y las de la costa, lo que indica que las poblaciones de jojoba han incrementado su adaptación a la sequía de acuerdo con la disminución de la humedad disponible en su ambiente natural.

En el año de 1980 en la ciudad de La Paz, Baja California Sur, se realizó la primera reunión nacional sobre jojoba con el objeto de conjuntar y discutir las actividades de investigación y de aprovechamiento de esta especie. Los trabajos presentados se pueden

⁵ Hogan, L. y W. P. Bemis. 1983. Buffalo gourd and jojoba: potential new crops for arid lands. pp. 317-349.

⁶ Castellanos V., A. E. 1981. Ecología de poblaciones naturales de jojoba. pp.61-67.

⁷ Al-ani H., A.; B. R. Strain y H. A. Mooney. 1972. The physiological ecology of diverse populations of the desert shrub *Simmondsia chinensis*. pp. 41-57

agrupar en lo relacionado con aspectos ecológicos, agronómicos e industriales. Los estudios de tipo ecológico están enfocados a la distribución, condiciones climáticas, edáficas, topográficas y tipos de vegetación con los cuales se encuentra asociada la jojoba, así como las inherentes a la planta como son: altura, densidad, relación hembra-macho, etc. (Piña y Pérez, 1981⁸; Rivera, 1981⁹; Fonseca y Sepúlveda, 1981¹⁰ y Castellanos, *op. cit.*).

MATERIALES Y MÉTODOS

Para localizar las áreas donde existen poblaciones de jojoba, se utilizaron cartas del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) de los siguientes temas: edafológicas, climáticas, topográficas y de vegetación. La ubicación de los sitios de muestreo se realizó en cartas topográficas escala 1:50,000 (Cuadro N° 1). En la Figura N° 1 se muestra la distribución de la jojoba en el Desierto Sonorense y los municipios del estado de Sonora donde se ubicaron los sitios de muestreo.

Para seleccionar el área de muestreo se escogió al azar una población representativa de cada localidad seleccionada. Las dimensiones del área de muestreo fueron de 20 x 20 m (400m²). Las variables evaluadas fueron: composición florística, altura, densidad, frecuencia y cobertura de copa, así como el sexo de las plantas de jojoba. Además se caracterizaron los sitios con respecto a: topografía, exposición, pendiente, altura sobre el nivel del mar y localización; así mismo, se hizo la descripción del suelo, se tomaron muestras de suelo a diferentes profundidades (0-120 cm), las cuales fueron analizadas física y químicamente en el laboratorio de suelos del Campo Experimental Valle del Yaqui- INIFAP, Ciudad Obregón, Sonora. El trabajo de campo se realizó entre los años de 1985 y 1987.

La vegetación se analizó por medio de índices de diversidad de Shannon-Wiener y Simpson y de similitud de Sørensen (Krebs, 1985)¹¹. Para determinar las especies más importantes asociadas a jojoba y los sitios en donde ésta presenta su máximo desarrollo, se utilizó el valor de importancia.

⁸ Piña, F. y J. Pérez. 1981. Estudio preliminar sobre localización y caracterización ecológica de poblaciones silvestres de jojoba (*Simmondsia chinensis*) en el estado de Baja California Sur. pp. 51-65.

⁹ Rivera, J. 1981. Estudios preliminares para la localización de rodales silvestres de jojoba en el estado de Baja California Norte. pp. 67-72.

¹⁰ Fonseca, S. y J. I. Sepúlveda. 1981. Diagnóstico ecológico de poblaciones de jojoba en el Campo Experimental Forestal "Todos Santos". Baja California Sur. pp. 73-79.

¹¹ Krebs Ch., J. 1985. Estudio de la distribución y la abundancia. 753 p.

SITIO	LOCALIDAD	POBLACIÓN MÁS PRÓXIMA	MUNICIPIO
1	Sierra de Cubabi	Ej. Desierto de Sonora	Puerto Peñasco
2	Sierra de Cubabi (pie demonte)	Ej. Desierto de Sonora	Puerto Peñasco
3	Rancho "El Plomito"	Ej. La Primavera	Pitiquito
4	Camino Kino-Punta Chueca	Bahía Kino	Hermosillo
5	Bahía de San Agustín	Tastiota	Hermosillo
6	Santa Rosa (Cerro las Cortinas)	Desemboque	Pitiquito
7	Playa Lobitos (Cerro Santa María)	Puerto Libertad	Pitiquito
8	Ej. Victoria y Libertad (modulo N° 2)	Puerto Libertad	Pitiquito
9	El Alamito	Saric	Saric
10	San Judas	San Juanita	Tubutama
11	Cerro Tetas de Cabra	San Carlos	Guaymas
12	Ensenada Chica	San Alfonso	Hermosillo
13	Los Corralitos	Tastiota	Hermosillo
14	Barra "Los Tanques"	Puerto Lobos	Caborca
15	El Caracol	Puerto Libertad	Pitiquito

Cuadro N° 1. Localización de los sitios de muestreo.

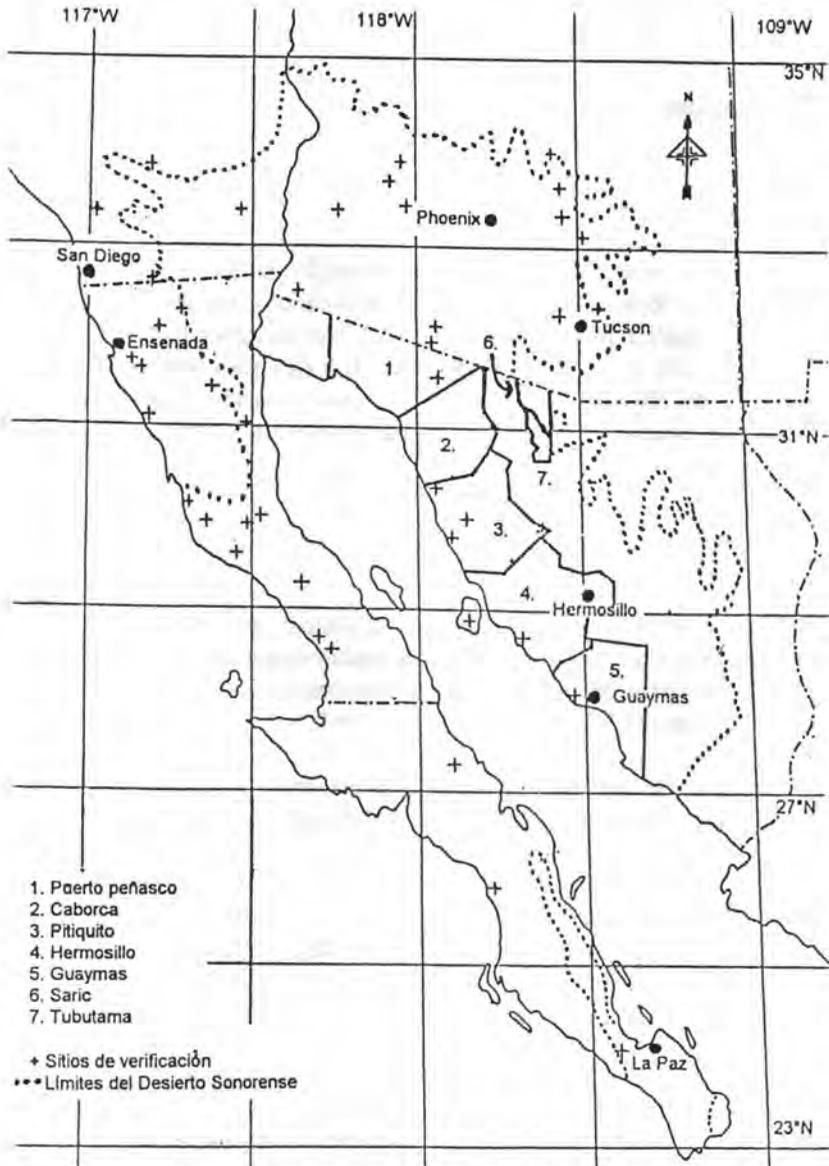


Figura N° 1. Distribución de la jojoba en el noroeste de México y en el suroeste de Estados Unidos de América (según Sreve y Wiggins, 1964) y localización de los municipios donde se realizó el muestreo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Factores Abióticos.

Clima:

El clima en donde se desarrolla la jojoba en el estado de Sonora es muy seco, con subtipo de seco a muy seco; semicálido, cálido y muy cálido; con lluvias de verano y un porcentaje de precipitación invernal mayor de 10.2; con inviernos frescos y cálidos BW hw(x'), BW (h') hw (x'), BW hw (x'), BSo hw (x') BW (h') hw y BW hw (x'), el tipo de clima dominante es BW hw (x') (INEGI). La precipitación media anual de los diferentes sitios de estudio fluctúa desde 100 hasta 400 mm, con temperatura de 18 a 24° C. (INEGI).

Suelos:

El suelo es uno de los principales factores abióticos que influyen en los sitios ecológicos. Los estudios ecológicos de una comunidad deben incluir la descripción del suelo, ya que es un factor determinante en la distribución de las especies (Ruppert y Francis, 1973¹²; Shiflet, 1973¹³; Francis y Aldon, 1987¹⁴).

Los suelos donde se encontraron las poblaciones naturales de jojoba, se caracterizan por ser jóvenes en cuanto a su desarrollo pedológico, por lo que no se apreció diferenciación de horizontes, son suelos someros; la textura es gruesa, aparentemente desarrollados de material parental granítico (Cuadro N° 2). Fonseca y Sepúlveda (*op. cit.*) encontraron que en el estado de Baja California Sur la jojoba predomina en suelos de textura migajón-arenoso. Son suelos extremadamente pobres en materia orgánica y en nitrógeno total. No se encontraron deficiencias de fósforo en los sitios muestreados.

En los sitios 7, 10, 12 y 13 (Cuadro N° 2), los suelos presentaron alto contenido de CaCO₃ y por lo tanto con posibles limitaciones para la asimilación de fósforo y elementos menores. Piña y Pérez (*op. cit.*) no encontraron jojoba en suelos con alto contenido de calcio. De acuerdo al extracto de saturación, los suelos son libres de sales

¹² Ruppert J., N. y R. E. Francis. 1973. Interpretation of trend in range condition from 3-step data. 15 p.

¹³ Shiflet T., N. 1973. Range sites and soil in the United States. pp. 26-33.

¹⁴ Francis R., E. y E. F. Aldon. 1987. An ecological Approach to Classifying Semiarid Plant Communities. pp. 9-14.

SITIO	pH	M.O.	CaCO ₃	PSI	Mmhos	TEXTURA	PROF. DE MUESTRA ANALIZADA (cm)	PROF. PERFIL (cm)
1	5.95	0.72	0.00	0.07	0.45	Migajón-arcilloso	0 - 33	0 - 120
2	6.45	0.44	0.31	0.10	0.56	Migajón-arenoso	0 - 26	0 - 56
3	6.70	0.63	0.50	0.55	0.45	Arenoso	0 - 27	0 - 133
4	7.40	0.30	1.81	0.00	0.46	Migajón-arenoso	0 - 23	0 - 172
5	6.90	0.72	1.75	0.39	1.65	Migajón-arenoso	0 - 75	0 - 105
6	7.50	0.25	0.62	0.00	0.27	Arenoso	0 - 76	0 - 76
7	7.63	0.54	2.50	0.00	0.33	Migajón-arenoso	0 - 35	0 - 35
8	7.12	0.19	0.69	0.00	0.27	Arenoso	0 - 26	0 - 45
9	6.10	2.03	0.00	3.25	1.40	Migajón-arcillo-arenoso	0 - 25	0 - 25
10	7.30	0.98	3.75	5.27	1.15	Migajón-limoso	0 - 25	0 - 25
11	7.05	0.67	0.53	3.85	0.72	Migajón-arenoso	0 - 30	0 - 30
12	7.10	1.53	4.05	3.50	0.91	Migajón-arenoso	0 - 15	0 - 15
13	7.70	1.24	2.35	5.22	1.97	Migajón-arenoso	0 - 17	0 - 17
14	8.15	0.39	1.22	5.17	0.57	Arenoso	0 - 10	0 - 10
15	7.50	0.25	1.82	2.40	0.65	Migajón-arenoso	0 - 20	0 - 20

Cuadro N° 2. Características físico-químicas del suelo en los sitios de muestreo.

solubles excepto en los sitios 5 y 13 (Cuadro N° 2). Al tratar de relacionar el nivel de salinidad (C.E. mmhos/cm) con características de la población de jojoba se encontró que en el sitio 5 la densidad (individuos/Ha) fue la más alta de todos los sitios con 1,050 ind/Ha; por el contrario, el sitio 13 presentó 225 ind/Ha, con estos resultados se puede decir que la jojoba es tolerante a suelos salinos.

Factores Bióticos

Vegetación:

Los tipos de vegetación donde habita la jojoba, son: matorral crasicaule, matorral subinermes y matorral espinoso, de acuerdo a la clasificación de COTECOCA (1979)¹⁵. El matorral crasicaule se caracteriza por que sus componentes dominantes presentan tallos carnosos y gruesos como *Carnegiea gigantea* y *Lemairoceres* spp. y otros con corteza papirácea como *Jatropha* spp. y *Bursera microphylla*. Con respecto a los tipos de vegetación de matorral subinermes y matorral espinoso, el primero se caracteriza por que el 50% de las plantas presentan espinas y el otro 50% es inermes, mientras que en el matorral espinoso el 100% de las plantas presentan espinas. Rivera (*op. cit.*) reporta que la jojoba en el estado de Baja California se encuentra en los siguientes tipos de vegetación: matorral mediano esclerófilo, matorral mediano sarcófilo, matorral alto esclerófilo, matorral mediano subinermes y crasicaulescente, y matorral alto subinermes y crasicaulescente.

En este estudio el 67% de los sitios muestreados correspondió al matorral crasicaule; se puede considerar que la jojoba en el estado de Sonora se encuentra mejor representada en este tipo de vegetación. Las especies con frecuencia mayor al 40%, con las que se encuentra asociada la jojoba son: *Encelia farinosa*, *Opuntia cholla*, *Jatropha cuneata*, *Cercidium microphyllum*, *Larrea tridentata*, *Fouquieria splendens*, *Condalia warnockii*, *Ambrosia deltoidea* y *A. dumosa* (Cuadro N° 3). En un estudio similar realizado en el estado de Baja California Sur por Piña y Pérez (*op. cit.*), reportan especies diferentes asociadas a la jojoba, la única especie que se presenta con frecuencia mayor al 40% en Sonora y Baja California Sur es *Opuntia cholla*, la semejanza entre los dos estados es baja y sólo comparten el 22% de las especies, aunque se esperaba una mayor semejanza por formar parte de una misma región, el Desierto Sonorense. Burden (1970), citado por Rivera (*op. cit.*), encontró a *Franseria deltoidea*, *Erigonum fasciculatum* y *Encelia farinosa*, asociadas a jojoba en el Suroeste de los Estados Unidos de América.

¹⁵ COTECOCA. 1979. Coefficientes de Agostadero de la República Mexicana.

ESPECIE	NÚMERO DE SITIO DE MUESTREO															FREC.
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
<i>Jatropha cuneata</i>	x			x	x	x	x		x		x	x	x	x	x	73.3
<i>Opuntia cholla</i>	x	x		x					x	x	x	x	x			60.0
<i>Larrea tridentata</i>		x	x		x		x	x				x	x	x	x	60.0
<i>Bursera microphylla</i>			x	x	x	x	x				x	x	x	x		60.0
<i>Encelia farinosa</i>	x		x		x			x				x	x	x	x	53.3
<i>Ambrosia deltoidea</i>			x				x		x	x			x	x	x	46.6
<i>Ambrosia dumosa</i>						x	x	x				x	x	x		40.0
<i>Cercidium</i>																
<i>microphyllum</i>	x					x				x		x	x			40.0
<i>Fouquieria splendens</i>			x						x			x	x		x	33.3
<i>Lycium andersonii</i>						x		x	x			x		x		26.6
<i>Solanum eleagnifolium</i>			x						x			x		x		26.6
<i>Condalia warnokii</i>						x	x	x								20.0
<i>Ferocactus</i> spp.	x								x							13.3
<i>Opuntia tesajo</i>	x	x														13.3
<i>Calliandra</i> sp.			x						x							13.3
<i>Flourensia cernua</i>		x		x												13.3
<i>Jatropha cinerea</i>				x			x									13.3
<i>Erioneuron pulchellum</i>									x	x						13.3
<i>Cordia parvifolia</i>				x					x							13.3
<i>Olneya tesota</i>								x							x	13.3
<i>Opuntia</i> sp.						x									x	13.3
<i>Sapium biloculare</i>	x															6.6
<i>Acacia farnesiana</i>	x															6.6
<i>Condalia lycioides</i>				x												6.6
<i>Opuntia leptocaulis</i>				x												6.6
<i>Calliandra eriophylla</i>						x										6.6
<i>Acacia greggii</i>									x							6.6
<i>Prosopis juliflora</i>										x						6.6
<i>Koeberlinia spinosa</i>									x							6.6
<i>Celtis pallida</i>											x					6.6
<i>Carnegiea gigantea</i>	x															6.6

Cuadro N° 3. Frecuencia de las especies asociadas a jojoba en los sitios de estudio.

Los componentes estructurales de una comunidad como cobertura, densidad y frecuencia son importantes en la descripción de la comunidad, pero al utilizarse separadamente se puede caer en el error de sobreestimar o subestimar la importancia de una especie dentro de la comunidad, por lo que es más confiable utilizar el valor de importancia el cual agrupa estas tres variables que representan una estimación del área, número y distribución, respectivamente. En este estudio interesa conocer qué especies se encuentran asociadas a la jojoba y cuáles son las áreas donde la jojoba presenta mejores posibilidades de desarrollo.

En el Cuadro N° 4 se presentan las especies que obtuvieron un valor de importancia (VI) mayor a 0.1; en los sitios 5 y 8 la jojoba tiene el VI más alto con 0.96 y 0.91, respectivamente. En los sitios 2, 7 y 11 la jojoba presentó el VI más bajo. Los sitios 5 y 8 al parecer son los más aptos para un óptimo desarrollo de la jojoba, los cuales presentan características bióticas y abióticas diferentes entre sí (Cuadro N° 6). El sitio 5 se encuentra a 20 msnm y el sitio 8 a 135 msnm. El sitio 5 se presenta en un matorral sarcocaula y el sitio 8 en un matorral subinermé. La semejanza entre los sitios de acuerdo al índice de Sørensen es de 25%, que es considerado bajo (Cuadro N° 7). El clima también es diferente, en el sitio 5 se presenta una precipitación de 100 a 200 mm anuales, en cambio, en el sitio 8 la precipitación total anual es menor a 100 mm. En el sitio 5 se encontró la mayor densidad de jojoba (1,050 ind/Ha) y el sitio 8 reporta una densidad de 150 ind/Ha. Los sitios 2, 7 y 11 no presentan relación entre ellos. Los sitios 6, 7 y 11 están ubicados a 620, 40 y 10 msnm. Es posible que se trate de diferentes ecotipos (Merlín, 1990)¹⁶ y por lo tanto las condiciones óptimas para su desarrollo son diferentes.

Las especies *Encelia farinosa*, *Opuntia cholla*, *Jatropha cuneata*, *Larrea tridentata* y *Bursera microphylla*, son las que presentaron los valores de importancia más altos en la mayoría de los sitios (Cuadro N° 4).

Diversidad de los sitios

Collins y Uno (1985)¹⁷ sugieren que la diversidad de plantas es más alta en áreas sujetas a disturbios frecuentes y severos. El sitio 9 fue el área con mayor disturbio por efecto del sobrepastoreo (observaciones visuales), este sitio se localiza en el municipio de Tubutama a 1,000 msnm., sin embargo, los sitios 6, 13 y 15 presentaron el mismo disturbio que el resto de los sitios (observaciones visuales), por lo que se puede inferir

¹⁶ Merlín, E. 1990. Efecto del calor y la sequía en plántulas de cuatro ecotipos de jojoba (*Simmondsia Chinensis* (Link) Schneider). 149 p.

¹⁷ Collins S., L. y G. E. Uno. 1985. Seed predation, seed dispersal, and disturbance in grasslands. pp. 827-866.

SITIO	ESPECIE	DENSIDAD	COBERTURA	FRECUENCIA	VI
1	<i>Simmondsia chinensis</i>	0.11	0.21	0.22	0.538
	<i>Encelia farinosa</i>	0.77	0.63	0.5	1.905
	<i>Opuntia cholla</i>	0.05	0.06	0.16	0.279
2	<i>Simmondsia chinensis</i>	0.05	0.05	0.12	0.181
	<i>Flourensia cernua</i>	0.85	0.76	0.62	2.235
3	<i>Simmondsia Chinensis</i>	0.21	0.17	0.21	0.286
	<i>Encelia farinosa</i>	0.43	0.08	0.21	0.720
	<i>Jatropha cuneata</i>	0.17	0.11	0.25	0.526
4	<i>Simmondsia Chinensis</i>	0.25	0.22	0.29	0.760
	<i>Opuntia cholla</i>	0.38	0.04	0.25	0.670
	<i>Jatropha cuneata</i>	0.09	0.20	0.11	0.400
	<i>Jatropha cinerea</i>	0.10	0.24	0.14	0.480
5	<i>Simmondsia chinensis</i>	0.29	0.32	0.35	0.960
	<i>Encelia farinosa</i>	0.32	0.01	0.06	0.392
	<i>Jatropha cinerea</i>	0.19	0.02	0.28	0.670
	<i>Bursera microphylla</i>	0.09	0.38	0.14	0.610
6	<i>Simmondsia chinensis</i>	0.11	0.37	0.13	0.610
	<i>Jatropha cuneata</i>	0.11	0.003	0.06	0.180
	<i>Bursera microphylla</i>	0.11	0.48	0.13	0.720
	<i>Lycium andersonii</i>	0.11	0.04	0.13	0.270
	<i>Condalia warnockii</i>	0.11	0.08	0.13	0.320
	<i>Hymenoea andersonii</i>	0.17	0.005	0.20	0.370
	<i>Ambrosia dumosa</i>	0.11	0.013	0.13	0.250
7	<i>Simmondsia chinensis</i>	0.07	0.11	0.035	0.220
	<i>Jatropha cuneata</i>	0.12	0.17	0.17	0.473
	<i>Larrea tridentata</i>	0.17	0.20	0.14	0.518
	<i>Ambrosia deltoidea</i>	0.22	0.17	0.28	0.675
	<i>Ambrosia dumosa</i>	0.15	0.08	0.14	0.377

Cuadro N° 4. Resumen parcial de los Valores de Importancia de las especies asociadas a jojoba (*Simmondsia chinensis*).

Continúa Cuadro N° 4 ...

Continuación del Cuadro N° 4

SITIO	ESPECIE	DENSIDAD	COBERTURA	FRECUENCIA	VI
8	<i>Simmondsia chinensis</i>	0.29	0.26	0.36	0.910
	<i>Lycium andersonii</i>	0.12	0.15	0.09	0.360
	<i>Condalia warnockii</i>	0.09	0.12	0.09	0.300
	<i>Ambrosia dumosa</i>	0.38	0.14	0.32	0.840
9	<i>Simmondsia chinensis</i>	0.08	0.13	0.11	0.324
	<i>Jatropha cuneata</i>	0.33	0.09	0.24	0.662
	<i>Calliandra eriophylla</i>	0.08	0.01	0.08	0.167
	<i>Fouquieria splendens</i>	0.22	0.17	0.05	0.445
	<i>Acacia gregii</i>	0.16	0.001	0.22	0.380
	<i>Prosopis juliflora</i>	0.03	0.34	0.05	0.423
10	<i>Simmondsia chinensis</i>	0.28	0.02	0.23	0.530
	<i>Cercidium microphyllum</i>	0.35	0.29	0.38	1.020
	<i>Prosopis juliflora</i>	0.25	0.61	0.27	1.130
11	<i>Simmondsia chinensis</i>	0.11	0.05	0.12	0.277
	<i>Jatropha cuneata</i>	0.11	0.29	0.12	0.520
	<i>Bursera microphylla</i>	0.13	0.23	0.09	0.450
	<i>Erioneuron pulchellum</i>	0.83	0.001	0.39	1.220
	<i>Jatropha cuneata</i>	0.16	0.26	0.15	0.590
12	<i>Simmondsia chinensis</i>	0.26	0.21	0.23	0.702
	<i>Encelia farinosa</i>	0.26	0.01	0.17	0.440
	<i>Jatropha cuneata</i>	0.13	0.026	0.12	0.276
	<i>Larrea tridentata</i>	0.09	0.12	0.14	0.350
	<i>Cercidium microphyllum</i>	0.07	0.25	0.08	0.406
13	<i>Simmondsia chinensis</i>	0.25	0.16	0.27	0.689
	<i>Opuntia cholla</i>	0.11	0.01	0.13	0.249
	<i>Jatropha cuneata</i>	0.21	0.03	0.17	0.417
	<i>Larrea tridentata</i>	0.11	0.07	0.10	0.278
	<i>Fouquieria splendens</i>	0.09	0.19	0.10	0.379
	<i>Cercidium microphyllum</i>	0.05	0.44	0.07	0.565

Continua Cuadro N° 4 ...

Continuación del Cuadro N° 4

SITIO	ESPECIE	DENSIDAD	COBERTURA	FRECUENCIA	VI
14	<i>Simmondsia chinensis</i>	0.11	0.34	0.18	0.630
	<i>Encelia farinosa</i>	0.75	0.32	0.55	1.620
	<i>Lycium andersonii</i>	0.05	0.08	0.10	0.230
	<i>Larrea tridentata</i>	0.03	0.14	0.03	0.205
15	<i>Simmondsia chinensis</i>	0.27	0.17	0.25	0.695
	<i>Encelia farinosa</i>	0.13	0.02	0.12	0.273
	<i>Olneya tesota</i>	0.04	0.25	0.05	0.340

que en este caso específico el disturbio no fue un factor determinante para el incremento de la diversidad. Otros factores que influyen en la diversidad de las especies es la topografía y la altitud (Krebs, *op. cit.*); en el presente estudio no se encontró relación alguna. Los sitios 1, 2 y 12 fueron los de menor diversidad, los primeros dos presentan características físicas y bióticas similares (Cuadro N° 5), sin embargo, el sitio 12 es diferente. Según el índice de Simpson, los sitios con mayor diversidad fueron: 6, 7, 9, 12, 13 y 15, pero no se encontró ninguna relación entre ellos.

Similitud entre sitios.

La similitud de los sitios fue considerada con respecto a la composición florística, es decir, cuántas especies son comunes a ambos sitios. La semejanza entre los diferentes sitios evaluados en general fue baja (< de 50%); los sitios con mayor número de especies compartidas fueron el 12 y 13 con 94.7% (Cuadro N° 7); otros sitios con similitud > de 50% son: 1 y 12, 3 y 12, 3 y 13, 6 y 7, 7 y 13, 7 y 14, 13 y 15; al analizar las características físicas y bióticas para tratar de relacionarlas se observan diferencias de suelo, clima y vegetación entre éstos sitios, lo que confirma la amplitud del hábitat de la jojoba.

SITIO	INDICE DE DIVERSIDAD	
	SHANNON-WIENER	SIMPSON
1	0.38	0.83
2	0.27	0.65
3	0.73	1.65
4	0.76	1.68
5	0.76	1.63
6	0.87	2.15
7	0.84	1.96
8	0.73	1.54
9	0.83	2.17
10	0.72	1.37
11	0.79	1.73
12	0.82	0.56
13	0.84	2.04
14	0.41	0.92
15	0.86	2.24

Cuadro N° 5. Indices de diversidad de Shannon-Wiener (H') y de Simpson (D) para cada uno de los sitios.

SITIO	LAT.	LONG.	SNM	POSICIÓN TOPOGRÁFICA	SUELO
1	31° 43'	112° 47'	695	Ladera pie de cerro	Regosol asociado. Litosol y Yermosol
2	31° 44'	112° 48'	620	Pie de monte	Yermosoles asociados. Regosol
3	30° 14'	112° 23'	460	Ladera	Regosoles
4	28° 57'	112° 04'	195	Pie de monte	Litosoles asociados a Regosoles
5	28° 16'	112° 23'	20	Plano	Litosoles asociados con Regosoles
6	29° 34'	112° 23'	55	Plano	Regosol asociado a Litosoles
7	29° 55'	112° 44'	40	Pie de monte	Regosoles
8	29° 51'	112° 34'	135	Plano pendiente	Regosol asociado a Litosoles
9	31° 09'	111° 23'	1000	Cima del cerro	Regosol asociado. Yermosol y Litosol

Cuadro N° 6. Concentrado de factores bióticos y abióticos de las comunidades vegetales donde se distribuye jojoba.

Continúa Cuadro N° 6...

Continuación del Cuadro N° 6.

SITIO	LAT.	LONG.	SNM	POSICIÓN TOPOGRÁFICA	SUELO
10	31° 23'	111° 32'	980	Entre dos sierras	Litosol asoc. Regosol y Regosol asoc. a Yermosoles
11	27° 56'	111° 05'	10	Ladera pie de cerro	Litosol asoc. Regosol y Regosol asoc. a Yermosoles
12	28° 08'	111° 18'	9	Lomerio	Litosol asoc. Regosol Calcárico
13	28° 21'	111° 27'	22	Loma	Regosol Calcárico
14	30° 17'	112° 50'	10	Plano	Yermosol asoc. con Regosol
15	30° 01'	112° 28'	330	Lomerio	Regosol y Litosol con Calcárico de textura gruesa

SITIO	TIPO DE VEGETACIÓN	CLIMA	PP (mm)	TEMP. °C	Dens/Ha			VI
					Dens/Ha	II	♀	
1	matorral subinerme	BWhw(X')	100-200	20-22	700	475	225	0.54
2	matorral subinerme	BWhw(X')	100-200	20-22	600	100	500	0.13
3	matorral subinerme	BWhw(X')	100-200	20-22	500	275	225	0.58
4	matorral sarcocaula	BWhw(X')	100-200	20-22	675	250	425	0.76
5	matorral sarcocaula	BW(h)hw(h)	100-200	22-24	1050	450	600	0.96
6	matorral sarcocaula	BWhw(X')	100-200	20-22	50	0	50	0.61
7	matorral sarcocaula	BWhw(X')	< 100	20-22	75	25	50	0.22
8	matorral subinerme	BWhw(X')	< 100	20-22	225	50	175	0.9
9	matorral espinoso	BSohw(X')	300-400	18-20	150	50	100	0.32
10	matorral crasicaula	BSohw(X')	300-400	10-20	200	75	125	0.53
11	matorral subinerme	BSohw(X')	100-200	20-22	100	25	75	0.27
12	matorral sarcocaula	BW(h')	100-200	22-24	400	125	275	0.44
13	matorral sarcocaula	BW(h)hw(x)	100-200	22-24	325	75	250	0.69
14	matorral sarcocaula	BWhw(X')	< 100	20-24	250	75	175	0.63
15	matorral sarcocaula	BWhw(X')	100-200	20-24	500	250	500	0.69

Nota.- II = machos; ♀ = hembras.

Cuadro N° 6a. Concentrado de factores bióticos y abióticos de las comunidades vegetales donde se distribuye jojoba.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1		28	55	37	35	35	25	13	36	30	40	58	55	25	50
2			25	28	13	13	28	30	27	18	30	40	37	28	30
3				44	42	42	33	11	33	26	47	73	70	33	54
4					35	35	50	13	27	15	53	47	44	25	30
5						33	40	25	17	14	37	55	52	35	38
6							58	50	26	28	37	55	42	47	28
7								53	27	28	40	55	66	62	30
8									9	16	14	37	35	53	31
9										42	28	34	40	27	38
10											16	28	40	15	35
11												50	47	26	31
12													94	58	73
13														66	72
14															40

Cuadro N° 7. Índice de similitud (%) entre los sitios, calculado con el índice de Sörensén

CONCLUSIONES

- La jojoba se encuentra ampliamente distribuida en el estado de Sonora bajo condiciones bióticas (asociaciones vegetales) y abióticas (clima, suelo, precipitación) muy diversas.
- En los sitios Bahía de San Agustín (5) y Ej. Victoria y Libertad (8) se presentaron los valores de importancia de jojoba más altos, al parecer estos sitios son los más aptos para un óptimo desarrollo de la jojoba.
- Los sitios Santa Rosa (6), El Alamito (9), Los Corralitos (13) y El Caracol (15) fueron los de mayor diversidad.
- La similitud entre sitios fue baja (< 50 %).

BIBLIOGRAFÍA

- Al-ani, H. A., B. R. Strain y H. A. Mooney. 1972. The physiological ecology of diverse populations of the desert shrub *Simmondsia chinensis*. *J. Ecol.* 60: 41-57
- Castellanos V., A. E. 1981. Ecología de poblaciones naturales de jojoba. *In* Primera Reunión Nacional sobre jojoba. La Paz, Baja California Sur. Publicación Especial No. 30. INIF-SARH. México. pp. 61-67.
- Collins, S. L. y G. E. Uno. 1985. Seed predation, seed dispersal, and disturbance in grasslands: A comment. *Nat.* 125: 827-866.
- COTECOCA. 1979. Coeficientes de Agostadero de la República Mexicana. Estado de Sonora. SARH, México.
- Fonseca, S y J.I. Sepúlveda. 1981. Diagnóstico ecológico de poblaciones de jojoba en el Campo Experimental Forestal "Todos Santos", Baja California Sur. *In*: Primera Reunión Nacional sobre Jojoba. Publicación Especial No. 30. INIF-SARH, México. pp 73-79
- Francis R., E. y E. F. Aldon. 1987. An ecological approach to classifying semiarid plant communities. *In*: Strategies for classification and management of native vegetation for food production in arid zones. 9-14 pp.
- Hogan, L.; Ch. W. Lee; D. A. Palzkill y W. R. Feldman. 1980. Jojoba a new horticultural crop for arid regions. *Hort. Science.* 15:114.
- Hogan, L. y W. P. Bemis. 1983. Buffalo gourd and jojoba: potential new crops for arid lands. *Adv. Agr.* 36: 317-349
- Krebs Ch., J. 1985. Estudio de la distribución y la abundancia. 2a. ed. Harla, México. 753 p.
- Lloyd, M. y R. J. Ghelardi. 1964. A table for calculating the "equitability" component of species diversity. *J. Anim. Ecol.* 33: 217-225.
- Merlín, E. 1990. Efecto del calor y la sequía en plántulas de cuatro ecotipos de jojoba (*Simmondsia chinensis* (Link) Schneider). Tesis Maestro en Ciencias. Colegio de Postgraduados, Montecillos. México. 149 p.

- National Research Council. 1985. Jojoba: New crop for arid lands, new material for industry. National Academy Press, Washington, D.C. 102 p.
- Piña, F. y J. Pérez. 1981. Estudio preliminar sobre localización y caracterización ecológica de poblaciones silvestres de jojoba (*Simmondsia chinensis*) en el estado de Baja California Sur. *In*: Primera Reunión Nacional sobre Jojoba. Publicación especial No. 30. INIF-SARH. México. pp 51-65.
- Quilantán-Villarreal, L. 1980. Proyección y logros de la investigación agronómica con jojoba (*Simmondsia chinensis* (Link) Schneider) del INIA en el CIANO de la Costa de Hermosillo, Sonora. *In*: Primera Reunión Nacional sobre Jojoba. Publicación Especial No. 30. INIF-SARH, México. pp. 37-42
- Rivera, J. 1981. Estudios preliminares para la localización de rodales silvestres de jojoba en el estado de Baja California. *In*: Primera Reunión Nacional Sobre Jojoba. Publicación especial N° 30. INIF-SARH. México. pp 67-72
- Ruppert J., N. y R. E. Francis. 1973. Interpretation of trend in range condition from 3-step data. Research Paper RM-103. USDA, Forest Service, Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station. Fort Collins, Co. 15 p.
- Rzedowski, J. 1982. Vegetación de México. Ed. Limusa. México. 432. p.
- Shiflet T., N. 1973. Range sites and soils in the United States. *In*: Hyder, D. N. ed. Arid Shrublands, Proceedings of the 3rd Workshop of the U.S. Australia Rangelands Panel; Mar 26 - Apr. 5.1973. Tucson, Arizona; Denver, Co: Society for Range Mangement: 26-33.
- Shreve, F. y I. L. Wiggins. 1964. Vegetation and flora of the Sonoran Desert. Stanford University Press. Stanford, Ca. Vol. I. 840 p.

DETERMINACIÓN DEL ESPACIO DE CRECIMIENTO ADECUADO PARA *Pinus douglasiana* Martínez EN EL CAMPO EXPERIMENTAL BARRANCA DE CUPATITZIO

Valencia Vargas Jorge*

RESUMEN

El estudio se llevó a cabo en noviembre de 1989 en el Campo Experimental Barranca de Cupatitzio, Uruapan, Michoacán, México. El campo cuenta con una superficie de 453 Ha, su vegetación es de pino y encino, constituida predominantemente por *Pinus douglasiana* Martínez, *P. lawsonii* Roehl, *P. michoacana* Martínez, *P. leiophylla* Schl. et Cham., *Quercus rugosa* Trel y *Q. obtusata* Humb. y Bonpl., entre otras especies. Se muestrearon 150 árboles de diferentes clases diamétricas (10 a 60 cm) en dos calidades de estación, con la finalidad de determinar el incremento en diámetro y el espacio de crecimiento adecuado de las diversas clases diamétricas, bajo distintos grados de competencia. Como resultado se encontró diferente comportamiento entre las masas jóvenes y maduras.

Palabras clave: Silvicultura, incremento de masas arboladas, *Pinus douglasiana*, Michoacán.

* Ingeniero, ex-Investigador del Campo Experimental Uruapan, Michoacán. INIFAP, SAGAR.

ABSTRACT

This study was made in november of 1989 in Barranca de Cupatitzio Experimental Field, Uruapan Michoacan, Mexico. The Experimental Field surface is 453 Ha and within pine-oak forest. Dominant species are *Pinus doglasiana* Martínez, *P. lawsonii* Roehl, *P. michoacana* Martínez, *P. leiophylla* Schl. et Cham., *Quercus rugosa* Trel, *Q. obtusata* Humb y Bonpl. It was sampling 150 trees of different diametric classes (10-60 cm) in two different site productivities and the objective was determine the diameter increase and growth space according to the different categories, under different competition levels. It was found a different behavoir between young and mature stands.

Key words: Silviculture, forest increment, *Pinus douglasiana*, Michoacan.

INTRODUCCIÓN

En los planes de ordenación de bosques se requiere definir el arbolado que se ha de dejar en pie, así como el espacio de crecimiento apropiado en el que se aprovechen de manera racional los nutrientes del suelo, el agua, así como la luz y se obtengan por lo tanto, al final del turno, individuos de calidad por su forma, vigor, tamaño, etc., sin que dichas labores afecten el suelo, agua, fauna y el clima, principalmente. Por lo anterior el presente trabajo tiene como objetivos:

Determinar el espacio de crecimiento adecuado para las diferentes clases diamétricas.

Definir la reacción (incremento en diámetro) bajo diferentes espacios de crecimiento.

ANTECEDENTES

Se han realizado experimentos relativos a los espacios necesarios para el desarrollo de los árboles tanto en bosques naturales como en plantaciones, de los que se pueden señalar los siguientes:

Vanselow (1950)¹, concluyó después de realizar diferentes experimentos en Alemania, que en el área del sur, donde la precipitación es alta, no hay efectos apreciables en el crecimiento en altura, debido a diferentes espaciamientos. En el norte, sin embargo, fuera del área de *Picea abies*, en donde la precipitación es baja y los suelos son más pobres, el crecimiento se retarda en plantaciones más densas, comparado con plantaciones con espacios más amplios.

Wiedemann (1950)², resumió su larga experiencia con respecto al crecimiento en altura de *Picea abies* y estableció que los aclareos fuertes en rodales jóvenes, pueden estimular el crecimiento en altura 20 años después del aclareo.

También determinó que en siembras densas y en regeneración natural, la competencia puede ser tan fuerte, que el desarrollo del rodal se retarda y que en los aclareos muy fuertes, las especies de *Fagus* pueden reducir la altura hasta 3.04m en comparación con aclareos moderados; un caso similar se presenta en los encinos.

Mackenzie (1951)³, mencionó que no existen diferencias entre el efecto del espaciamiento de 0.91 a 2.43m en la altura de coníferas en el Reino Unido, refiriéndose a plantaciones jóvenes.

Braathe (1952)⁴, en experimentos realizados en Noruega con espaciamientos de 1.40m a 3.50 x 3.50m, en sitios de buena calidad de estación, no encontró diferencias en incremento en altura a la edad de 44 años y a una altura de 21.94m.

Möller (1954)⁵, refirió que parece existir una tendencia hacia los bajos incrementos en altura derivado de los aclareos fuertes en los bosques de *Fagus* y para bosques mezclados de *Fagus*, *Acer* y *Fraxinus*.

Hay diferencia en cuanto al crecimiento en diámetro, presentándose en ocasiones en los mismos experimentos respuesta positiva a los aclareos, donde se tiene que:

Bornebusch (1933)⁶, obtuvo el incremento anual en diámetro de los últimos 10 años en un experimento en Dinamarca, los grados de aclareo coinciden con los establecidos por la Comisión Forestal de Gran Bretaña. El grado "L" es un aclareo fuerte y destacó una

¹ Vanselow, K. 1950. Einfluss des Pflanzenverbandes auf die Entwicklung reiner Fichtenbestände.

² Wiedemann, E. 1950. Ertragskundliche und waldbauliche Grundlagen der Forstwirtschaft, Teil I.J.D. pp. 128.

³ Mackenzie, A. M. 1951. Spacing experiments in conifers Report on Forest Research 1949/50. (59-61).

⁴ Braathe, P. 1952. The effect of different spacing upon stand development and yield in forests Norway spruce.

⁵ Möller, C. M. 1954. The influence of Thinning on volume increment I-III Denmark as an international testing area. (1-49).

⁶ Bornebusch, C. H. 1933. Et Udhugnings forsøg i Rødgran.

estimulación en el DAP. Lo anterior tanto en rodales jóvenes como en clases medias y con respuesta, aunque mínima, en rodales viejos. Estos resultados han sido confirmados universalmente, mediante los aclareos, por lo tanto no se profundiza más sobre ello.

METODOLOGÍA

El Campo Experimental Barranca de Cupatitzio está ubicado al noroeste de Uruapan, Michoacán, México. Su altitud varía de 1,690 a 2,114 msnm y se localiza a 19° 17' de latitud norte y 102° 05' de longitud oeste (Gómez-Tagle, 1985)⁷. La superficie total del campo es de 453 Ha, de las cuales, 428 Ha son arboladas, 17 Ha corresponden a terrenos no arbolados y las instalaciones y otros usos ocupan 8 Ha.

El clima es semicálido sub-húmedo, (w₂) (w) b (i) g, (Bello, 1983)⁸. La temperatura media anual es de 16.7°C, con precipitación media anual de 1,604 mm. La vegetación está constituida por bosques de pino y encino (*P. douglasiana*, *P. lawsonii*, *P. michoacana*, *P. leiophylla*, *Quercus rugosa* y *Q. obtusata*, entre otras especies).

Los suelos son de tipo Andosol Vitrico, migajón arenoso Cupatitzio, arena Cupatitzio, arena migajosa, unidad Litosol Drístico, y gravoso discontinuo, (Gómez-Tagle, *op. cit.*).

Se realizó un muestreo para seleccionar 150 árboles dentro de las clases diamétricas de 10 a 60 cm en dos calidades de estación, excepto el malpais.

Para cada árbol se tomaron los siguientes datos de campo: diámetro normal, incremento (últimos 15 años), edad y tiempo de paso. De los árboles vecinos se midió el diámetro normal, distancia y ubicación con respecto al del árbol centro de cada sitio (con brújula y cinta métrica).

Se determinó el Índice de Dominancia (ID), para obtener el espacio de crecimiento de los árboles del centro de cada sitio, lo cual consiste en la relación que guardan los árboles vecinos en diámetro o altura con respecto al árbol individual, por ejemplo si se

⁷ Gómez-Tagle, R. A. 1985. Levantamiento de suelos del Campo Experimental Forestal "Barranca de Cupatitzio y sus relaciones con la vegetación de coníferas.

⁸ Bello, G. M. 1983. Estudio fenológico de cinco especies de *Pinus* en la región de Uruapan, Michoacán.

consideran los diámetros, se divide la distancia proporcionalmente entre un árbol centro y su vecino como se indica en la Figura N° 1.

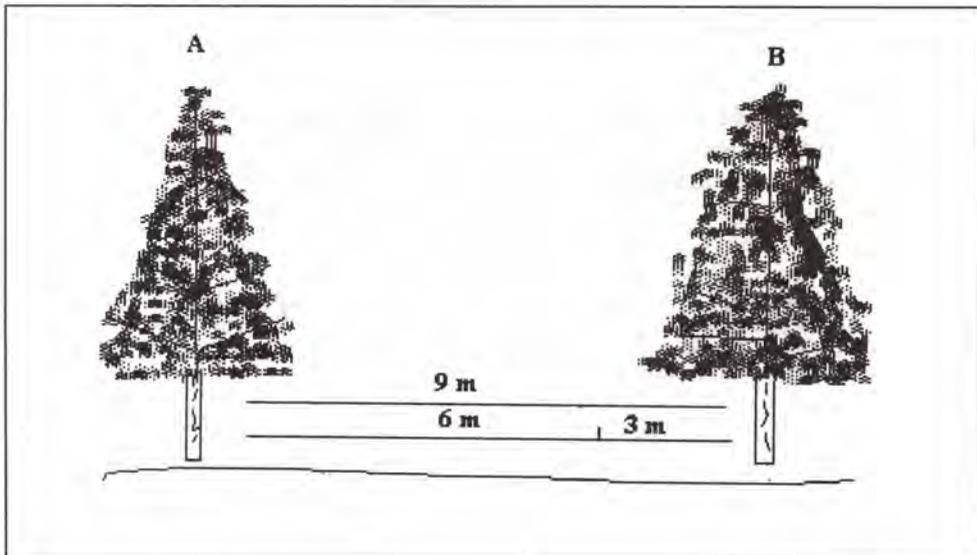


Figura N°1. Índice de dominancia.

Donde:

A = Árbol centro, con diámetro normal (D_c) de 30 cm.

B = Árbol vecino, con diámetro normal (D_v) de 15 cm.

La proporción entre diámetros y distancia se establece $D_c + D_v$ es a distancia, como el diámetro normal de árbol centro es a X. Al despejar.

$$X = \frac{(D_c) \text{ distancia}}{D_c + D_v}$$

$$X = \frac{(30) 9}{30 + 15} = 6 \text{ m}$$

Se establecieron áreas particulares poligonales, aplicando el concepto de ID al bosque, en donde un árbol centro está rodeado de varios vecinos. Las líneas perpendiculares al área de influencia a cada árbol, se prolongan hasta unirse, resultando un polígono que permite definir la superficie propia de cada árbol y el número de individuos que proporcionan alguna competencia, (Cano, 1985)⁹.

El espacio de crecimiento se obtuvo en gabinete mediante papel milimétrico, una vez recabada la información de campo de la distancia y ubicación de los árboles vecinos (rumbo y distancia), en el sentido de las manecillas del reloj, (*vid., infra.*, Figura N° 2).

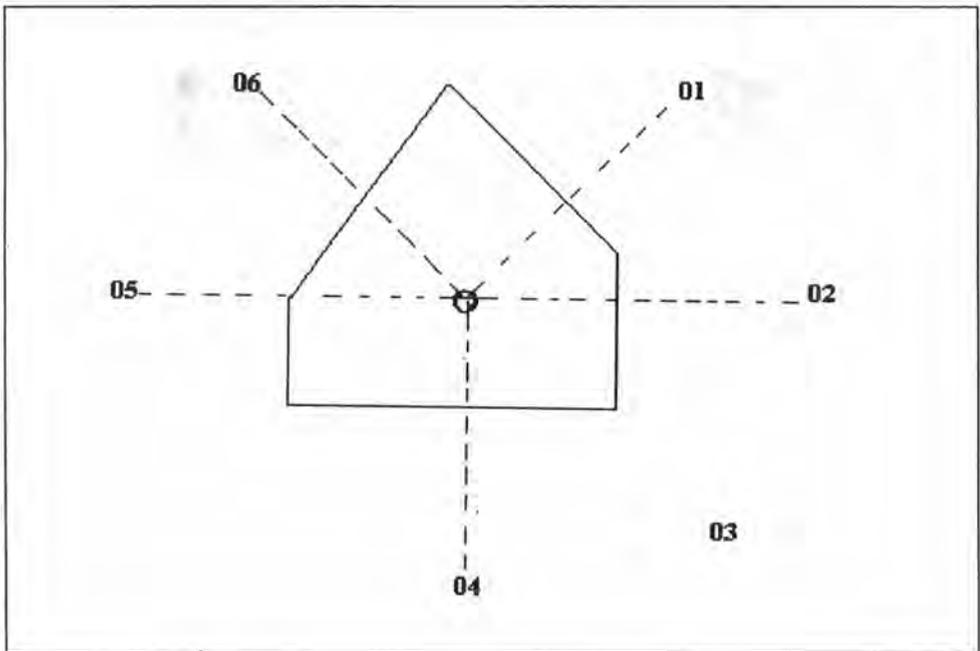


Figura N° 2. Espacio de crecimiento propio.

Donde:

Árbol centro tiene 15m² de espacio o área.

Los árboles que proporcionan competencia son (2 y 4).

⁹ Cano C., J. 1985. El sistema de manejo regular en los bosques de México.

Para realizar el análisis de regresión las masas arboladas jóvenes se separaron de las maduras (mayores de 3 años), por presentar diferente comportamiento al espacio de crecimiento.

Las masas presentan un comportamiento simoidal, por lo que el análisis de regresión se hizo con el modelo:

$$Y = \frac{K}{1 + e^{a+bx}}$$

Donde:

Y = variable dependiente

K = Máximo de Y

e = base de logaritmos (2.7)

a = intercepto

b = pendiente

x = variable independiente

RESULTADOS

Los espacios de crecimiento para masas maduras y jóvenes se presentan en el Cuadro N°1. Las masas maduras presentaron un poco más de espacio de crecimiento para su desarrollo, aún cuando coinciden algunas categorías diamétricas de las dos masas. Esto se aprecia en la Figura N° 3.

El incremento en diámetro de las masas maduras es menor, no obstante que tienen un poco más de espacio que las masas jóvenes (*vid., infra.*, Cuadro N° 2), además se mantiene más estable, (*vid., infra.*, Figura N° 4).

Diámetro (cm)	Espacio de Crecimiento Masa Joven (m ²)	Espacio de Crecimiento Masa Madura (m ²)
5	2.7	
10	4.8	
15	8.2	
20	13.3	
25	20.3	24.2
30	28.6	30.5
35	36.9	37.5
40	43.8	44.8
45	48.9	52.0
50	52.2	58.7
55		64.6
60		69.6

Cuadro N°1. Espacio de crecimiento de masas jóvenes y maduras.

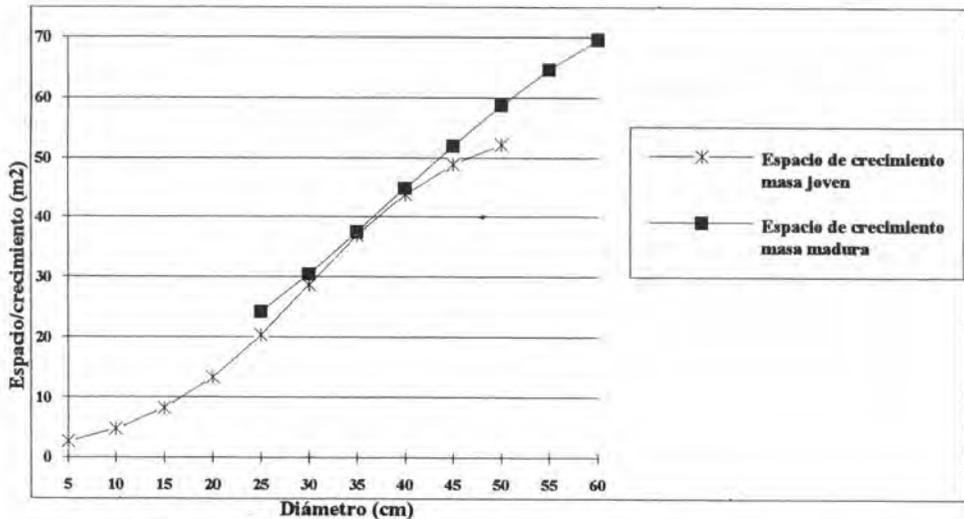


Figura N°3. Espacio de crecimiento de masas jóvenes y maduras.

Diámetro (cm)	Incremento Anual Masa Joven (m ³)	Incremento Anual Masa Madura (m ³)
5	0.003	
10	0.007	
15	0.015	
20	0.029	
25	0.046	0.023
30	0.060	0.027
35	0.068	0.030
40	0.072	0.034
45	0.074	0.037
50	0.075	0.039
55		0.041
60		0.043

Cuadro N°2. Incremento en diámetro en masas jóvenes y maduras.

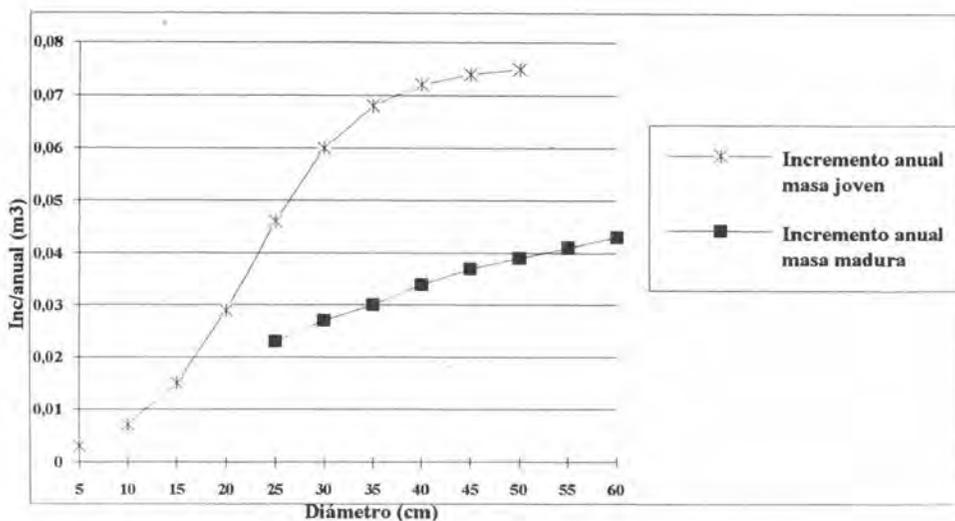


Figura N°4. Incremento en diámetro en masas jóvenes y maduras.

Con base en los espacios de crecimiento, se determinó el número de árboles por Ha para las dos condiciones, (Cuadro N° 3), mediante la fórmula:

$$N = \frac{10,000}{ec}$$

Donde:

N = número de árboles

ec = espacio de crecimiento

Diámetro (cm)	Árboles/Ha Masa Joven	Árboles/Ha Masa Madura
5	3,703	
10	2,083	
15	1,219	
20	751	
25	492	412
30	349	327
35	271	266
40	228	223
45	204	192
50	191	170
55		153
60		144

Cuadro N°3. Árboles por hectárea de masas jóvenes y maduras.

Las dos masas difieren en cuanto al número de árboles por hectárea (Figura N°5).

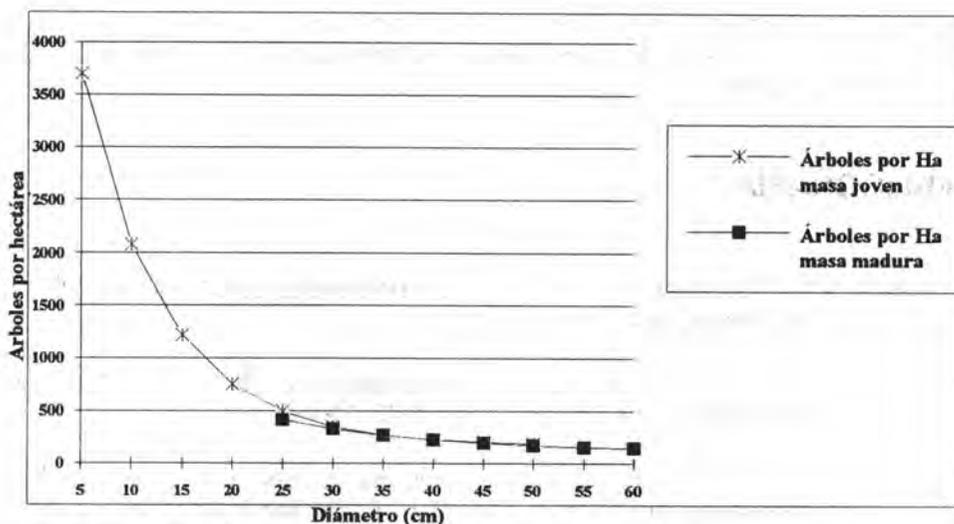


Figura N°5. Árboles por hectárea de masas jóvenes y maduras.

CONCLUSIONES

Los espacios de crecimiento son mayores en las masas maduras que en las jóvenes, sin embargo este espacio no se refleja en el incremento en diámetro.

El campo está constituido casi en su mayoría por masas maduras las cuales es necesario reemplazarlas bajo un plan de ordenación puesto que es arbolado que va en decremento y degradación.

El arbolado maduro impide el desarrollo de las pocas masas jóvenes mas sin embargo, éstas incrementan más que las primeras aún bajo las condiciones señaladas.

Si las masas del campo se sometieran a un manejo adecuado, no sería necesario que los ciclos de corta fueran tan amplios, puesto que se nota claramente que existe arbolado joven, que con turno de 30 años de turno alcanza dimensiones similares a los de turno de 50 años.

El número de árboles por hectárea a dejar en pie, es un punto de partida que se debe tomar en cuenta en las labores de aclareo, el cual se establece para cada clase

diamétrica, sin embargo, es necesario establecer sitios permanentes de aclareo para corregir la densidad residual por clase, dependiendo del crecimiento del arbolado y de su calidad de estación.

BIBLIOGRAFÍA

- Braathe, P. 1952. The effect of different spacing upon stand development and yield in forests Norway spruce. Noruega.
- Bello, G. M. 1983. Estudio fenológico de cinco especies de *Pinus* en la región de Uruapan, Michoacán. Bol. Téc. N° 96. INIF. México.
- Bornebush, C. H. 1933. Et Udhugnings for søg i Rød gran. Referat: Ein Durchforstungsversuch in Fichte. Beret. f. Det forstlinge forsøgsvaesen i Danmark., XII. Dinamarca.
- Cano C., J. 1985. El sistema de manejo regular en los bosques de México. DTF. Atenquique, Jalisco, México.
- Gómez-Tagle., R. A. 1985. Levantamiento de suelos del Campo Experimental Forestal Barranca de Cupatitzo y sus relaciones con la vegetación de coníferas. Tesis de maestría. Fac. Ciencias. UNAM. México. 135 p.
- Mackenzie, A. M. 1951. Spacing experiments in conifers Report on Forest Research 1949/50. Forestry Commission. (59-61). Gran Bretaña.
- Möller, C. M. 1954. The influence of Thinning on volume increment I-III Denmark as an international testing area. *In: Thinnings, problems an practice in Denmark.* Tech. Publication N° 76. State University of New York (1-49). USA.
- Vansenlow, K. 1950. Empluss des Pflanzenverbandes auf die entwicklung reiner fichtenbestande. II forst wissenschaftlinches centralblaff, 69. Alemania.
- Wiedemann, E. 1950. Ertragskundliche und waldbauliche grundlagen der fortwirtschaft, teil I.J.D. Saverlander's verlag. Frankfurt a.m. (pp. 128). Alemania.

COMPARACIÓN DE NUEVE MODELOS EMPÍRICOS PARA LA DETERMINACIÓN DE ÍNDICE DE SITIO EN MICHOACÁN.

Madrigal Huendo Salvador*
Ramírez Maldonado Hugo**

RESUMEN

Con la finalidad de tener un mayor conocimiento y poder tomar decisiones adecuadas sobre la bondad de ajuste de los modelos Schumacher, Chapman-Richards y Weibull, utilizados en diseño de sistemas de curvas de Índices de Sitio (IS), se probaron las metodologías: Curva Guía y Diferencia Algebraica, de la segunda, los tipos anamórficos y polimórficos. La información analizada fue procedente de análisis troncales de *Pinus douglasiana* Martínez y *P. lawsonii* Roehl del Campo Experimental Barranca de Cupatitzio, ubicado en Uruapan, Michoacán. Se empleó el paquete de computo SAS (Statistical Analysis System), aplicando el procedimiento no lineal (NLN) con el método DUD ó sin uso de derivadas. Se observó que la diferencia algebraica es la mejor metodología cuando se cuenta con remediciones y de ésta el tipo polimórfico. De los modelos probados el que mejor bondad de ajuste proporcionó fue el polimórfico de Schumacher, además de que es el mas parsimonioso o austero.

Palabras Clave: Índice de Sitio, Curva Guía, Diferencia Algebraica, Schumacher, Chapman-Richards, Weibull, Michoacán.

* Maestro en Ciencias, Investigador del Campo Experimental Barranca de Cupatitzio. CIR-Pacífico Centro, INIFAP, SAGAR.

** PhD, Profesor de Tiempo Completo, División de Ciencias Forestales y del Ambiente. UACH.

ABSTRACT

In order to have a logger knowledge to take decisions about the kindness of adjustment of the Schumacher, Chapman-Richards and Weibull models, utilized at designs of system Site Index (IS), were proved the methodologies: Guide Curve and Algebraic Difference; from the secondary, the anamorphic and polymorphic types. Information analyzed comes from trunk analysis of *Pinus douglasiana* Martinez and *Pinus lawsonii* Roehl. from the Experimental Station Barranca de Cupatitzio, located at Uruapan, Michoacan State, Mexico. Was employed the SAS (Statistical Analysis System) computer package, applying not line procedure (NLN) with the DUD or method without deriving use. It was observed that the algebraic difference is the better methodology when remeasurement is relied on, and of this, polymorphic type. The Algebraic Difference model was the better, in order of the most parsimonious or austere characteristics.

Key words: Site Index, Schumacher, Chapman-Richards, Weibull, Guide Curve, Algebraic Difference, Michoacan.

INTRODUCCIÓN

El conocimiento de las masas arboladas, permite al responsable del manejo forestal definir los niveles de producción que es posible esperar del bosque y las actividades silvícolas que permitan mantener la estructura deseada de cada una de las masas. Del conocimiento del bosque destaca aquel que da idea sobre el grado y la forma de ocupación del espacio disponible para el crecimiento de los árboles (estructura y densidad), la capacidad productiva de los sitios (calidad de sitio), las capacidades productivas de las masas (rendimiento) y algunos otros que auxilien en la prescripción de tratamientos silviculturales en general.

Los modelos para estimar la capacidad productiva de los terrenos forestales, son algunas de las herramientas sobresalientes, ya que pueden ser utilizados en el diseño de regimenes silvícolas biológicamente posibles, así como predecir el incremento y rendimiento de árboles y masas forestales, predicciones necesarias para la instrumentación de los esquemas de regulación. En general, tales herramientas son ecuaciones, o sus representaciones gráficas, de las relaciones existentes entre variables del ambiente.

Uno de los factores más importantes que influyen en el crecimiento de las masas arboladas, es la calidad de estación, definida como la capacidad potencial de producción de madera de un sitio para una especie en particular o para un tipo de bosque. En sí, es un índice relacionado a la máxima cantidad de volumen de madera que el suelo puede producir en cierto período (Clutter *et al.*, 1983¹; Davis y Jhonson, 1987²).

La calidad de estación frecuentemente ha sido evaluada a través de procedimientos indirectos como es el Índice de Sitio (IS); este índice en un principio se obtenía de la adaptación de datos de edad, altura de curvas de crecimiento de una tabla de rendimiento normal. Desafortunadamente, es difícil encontrar rodales puros, coetáneos, con una densidad completa y de diferentes edades, por lo que en la actualidad la información se obtiene por medio de análisis troncales.

Existe un gran número de modelos para determinar el IS y mediante diferentes técnicas que se emplean para su ajuste estadístico, otros más se pueden derivar de ellos. A través de un estudio comparativo, es factible determinar cual de ellos es el apropiado bajo ciertas condiciones y necesidades. Con este propósito, en el presente trabajo se hace la comparación de nueve modelos empíricos de crecimiento utilizados en la determinación del Índice de Sitio, bajo las consideraciones de exactitud y precisión obtenida en sus resultados, así como su parsimonia.

Los objetivos específicos del estudio fueron:

- Determinar el modelo de mejor bondad de ajuste según lo especificado anteriormente.
- Analizar el patrón de crecimiento en altura de las especies en diferentes sitios, para identificar anamorfismo o polimorfismo en sus correspondientes curvas de Índice de Sitio.
- Comparar las metodologías de Curva Guía y Diferencia algebraica, así como los modelos Schumacher, Chapman-Richards y Weibull.

ANTECEDENTES

En la actualidad, los modelos matemáticos son una de las herramientas analíticas más empleadas para la generación de conocimiento sobre el crecimiento y reproducción de

¹ Clutter, J. L.; J. C. Fortson; L. V. Pienaar y R. L. Bailey, 1983. Timber management: A quantitative approach.

² Davis, S. L. y K. N. Johnson. 1987. Forest Management.

masas forestales sujetas a un régimen de cultivo. La diversidad de modelos en cuanto a su estructura, componentes, construcción y propósitos de utilización, se debe a que el crecimiento y la reproducción son procesos complejos y por lo tanto han justificado gran número de proyectos de investigación (Mendoza, 1983³).

La cualidad de abarcar procesos dinámicos que implican un cambio continuo en el tiempo, ha sido uno de los puntos más relevantes para la adopción generalizada de los modelos matemáticos como herramienta de investigación biológica. Por lo que, Mendoza (*op. cit.*) especificó que para comprender mejor la forma en que los modelos abordan el carácter dinámico, es necesario abstraer del total de los elementos que conforman ese carácter, algunas cualidades que son comunes a casi todos los tipos de modelos. Así por ejemplo, este autor menciona que es posible abstraer el fenómeno del crecimiento de árboles en dos variables básicas, el tamaño y la edad.

Tales abstracciones, tanto en la operación administrativa como en la investigación, son modelos del sistema bajo análisis. Para modelar el crecimiento de árboles y masas forestales, necesariamente debe existir un motivo, que en este caso es la administración para la producción maderable y los medios para lograr su construcción (Ramírez, 1994⁴). Los medios para la construcción se configuran con base a los conceptos teóricos que sobre el crecimiento se tengan. Actualmente se discierne sobre dos corrientes principales: los modelos empíricos y los modelos de procesos.

Los modelos de Índice de Sitio se clasifican dentro de los denominados empíricos, ya que en ellos, los procesos biológicos no son considerados directamente; en cambio, el crecimiento se toma como la respuesta de un sistema complejo, sobre el que actúa un gran número de variables, pero pocas de ellas, frecuentemente solo una, la edad, se considera para el modelaje (Ramírez, *op. cit.*). Estos modelos son producto de la experiencia, tanto del modelador como aquella obtenida con la experimentación y pueden ser para árboles y masas forestales; en los primeros los más relevantes son para el crecimiento en altura.

El término Calidad de Sitio ó de Estación, se refiere a la capacidad que tiene un terreno forestal para favorecer el crecimiento de los árboles. Por lo tanto, la calidad del sitio estará determinada por la suma de los factores que afectan la productividad de un bosque, como son los climáticos, edáficos, topográficos y biológicos (Spurr y Barnes, 1982⁵; Musálem *et al.*, 1986⁶; Daniel *et al.*, 1982⁷; Pritchett 1986⁸).

³ Mendoza B., M. A. 1983. Conceptos generales sobre modelaje matemático. *In:* Primera Reunión sobre modelos de crecimiento de árboles y masas forestales. pp. 35-45.

⁴ Ramírez M., H. 1994. Construcción de modelos de crecimiento y su aplicación en el diseño de regímenes silvícolas. *In:* Memoria del Simposio de Manejo y Silvicultura. pp. 25-31.

⁵ Spurr, S. H. y B. V. Barnes. 1982. *Ecología Forestal*.

En dasonomía, el término sitio se utiliza en dos sentidos, ya sea como una posición geográfica o como las condiciones del ambiente físico asociado a un lugar. En este último sentido, el sitio puede definirse como un área en donde se combinan características de suelo, topografía, clima y factores bióticos (Clutter *et al.*, op. cit.).

Para la evaluación de la Calidad de Sitio, (Clutter *et al.*, op. cit.), clasificaron a los métodos en directos e indirectos; en los primeros consideran la estimación en función de datos dasométricos. Mientras que en los segundos la estimación es a partir de la relación que hay entre especies, características de la vegetación y factores topográficos, climáticos y edáficos.

Debido a que el conocimiento de las interacciones existentes entre las propiedades de los suelos y la capacidad de rendimiento de los terrenos forestales es insuficiente para la estimar la Calidad de Sitio, se han utilizado la altura dominante y los volúmenes totales que son características del crecimiento de los árboles que reflejen la respuesta de las plantas al nivel de la productividad del sitio en cuestión (Loetsch *et al.*, 1973⁹).

Davis y Johnson (op. cit.), mencionaron que se ha desarrollado un conjunto de métodos indicadores para medir la productividad del sitio ya que ésta, raramente se mide directamente a través del volumen del rodal, además de que dichos métodos procuran seleccionar medidas fáciles de las propiedades de la vegetación o del suelo; de esa forma, de todas las medidas que se han generado, la del crecimiento en altura es la más práctica, consistente y útil como indicador de la Calidad de Sitio. Se le ha utilizado también por considerar que es la variable dasométrica menos afectada por la densidad (Loetsch *et al.*, op. cit.)

Entre las ventajas que tiene el Índice de Sitio, se pueden mencionar las siguientes: es confiable porque se expresa en forma numérica se mide fácilmente y está libre de la influencia de la densidad del rodal (Curtis, 1964¹⁰; Spurr y Barnes, op. cit.; Hägglund, 1981¹¹). Al hacer una aclaración al último punto, algunos autores dicen que los extremos en densidad afectan al Índice de Sitio (Border *et al.*, 1984)¹². El Índice de

⁶ Musálem S., M. A.; C. Rodríguez, F. Carrillo y G. Vera. 1986. Proyecciones de la investigación silvícola en los suelos forestales de México.

⁷ Daniel, P. W.; U. W. Helms y F. S. Baker. 1982. Principios de Silvicultura.

⁸ Pritchett, L. W. 1986. Suelos forestales (propiedades, conservación y mejoramiento).

⁹ Loetsch, F.; F. Zährer y K. E. Haller. 1973. Forest inventory.

¹⁰ Curtis, R. O. 1964. A stem-analysis approach to site index curves. pp 241-256.

¹¹ Hägglund, B. 1981. Evaluation of forest site productivity. pp. 515-527.

¹² Borders, B. E.; R. L. Bailey y K. K. Ware. 1984. Slash pine site index from a polymorphic model by joining (splining) nonpolynomial segments with an algebraic difference method. pp. 411-423.

Sitiofrecuentemente sirve también como un criterio básico en el desarrollo y prueba de métodos alternativos para evaluar la Calidad (Jones, 1969¹³).

La forma más comúnmente empleada para estimar la productividad de los bosques constituidos por rodales coetáneos, es el método de Índice de Sitio, el cual consiste fundamentalmente en la construcción de un sistema de curvas de crecimiento en altura, que representen el comportamiento de esta variable durante la vida de los rodales en localidades diferentes (Stage, 1963¹⁴), de tal forma que al conocer la altura dominante y la edad de una masa coetánea, puede asignársele un Índice de Sitio de acuerdo a la altura que dicha masa alcance a una edad determinada (Alder, 1980¹⁵).

Las curvas de Índice de Sitio pueden derivarse de mediciones donde se toma la edad y la altura de los árboles elegidos en diferentes períodos de tiempo o de mediciones edad-altura en un tiempo y en un lugar, de un gran número de árboles de un rango de edades juveniles hasta maduros. La primera metodología utiliza análisis troncales o mediciones de árboles elegidos en sitios de muestreo permanentes y la segunda, utiliza sitios temporales (Brickell, 1968¹⁶).

Avery y Burkhart (1983¹⁷), Clutter *et al.*, (*op. cit.*), Rivero y Zepeda (1990¹⁸), señalaron que de acuerdo a las técnicas de construcción, las curvas de Índice de Sitio pueden ser anamórficas o polimórficas. Las últimas divididas en articuladas y desarticuladas (no cruzadas y cruzadas en el rango de edad de interés).

Las curvas anamórficas de Índice de Sitio, se caracterizan por presentar la misma forma, ya que son proporcionales, con pendiente constante entre ellas a una misma edad, pero con interceptadas al origen diferentes (Clutter *et al.*, *op. cit.*), lo cual provoca que el punto de inflexión de todas ellas ocurra a una misma edad (Zepeda y Rivero, 1990¹⁹).

Las curvas polimórficas, por su parte, son familias de líneas con pendiente variable, que generalmente no guardan una relación de paralelismo entre sí, no son

¹³ Jones, J. R. 1969. Review and comparison of site evaluation methods.

¹⁴ Stage, A. R. 1963. A mathematical approach polimorphic site index curves for grand fir. pp. 67-180.

¹⁵ Alder, D. 1980. Estimación del volumen forestal y predicción del rendimiento, con referencia especial a los trópicos.

¹⁶ Brickell, J. E. 1968. A method for constructing site index curves from measurements of tree age and height its application to inland douglas-fir.

¹⁷ Avery, T. E. y H. E. Burkhart. 1983. Forest measurements.

¹⁸ Rivero B., D. P. y E. M. Zepeda. 1990. Principios básicos de regulación forestal.

¹⁹ Zepeda B., E. M. y P. Rivero. 1984. Construcción de curvas anamórficas de índice de sitio: ejemplificación del método de la curva guía. pp. 3-38.

proporcionales al no depender unas de otras, por tal razón, sus puntos de inflexión ocurren en edades diferentes. En ellas se observa que el crecimiento en altura culmina más temprano en los sitios de mejor calidad (Assman, 1970²⁰; Clutter et al., *op. cit.*; Aguirre, 1984²¹; Arteaga, 1985²²; Davis y Jhonson, *op. cit.*; Rivero y Zepeda, *op. cit.*; Acosta, 1991²³).

La construcción de curvas de Índice de Sitio puede realizarse por métodos gráficos o analíticos; ambos procedimientos pueden emplearse tanto para curvas anamórficas como para polimórficas (Curtis, *op. cit.*; Alder, *op. cit.*; Arteaga, *op. cit.*).

El Índice de Sitio es una representación gráfica que describe la relación entre la altura y la edad de un rodal o árbol individual; para modelar dicha relación se han utilizado diferentes modelos y técnicas para ajustarlos. La mayoría de estas técnicas, según Clutter et al., (*op. cit.*), se encuadran en el método de la Curva Guía, el método de la Diferencia Algebraica y el método de la Predicción de Parámetros. Estos modelos pueden construirse con datos de altura-edad provenientes de:

- Parcelas temporales (método de la Curva Guía).
- Árboles muestra o parcelas permanentes.
- Análisis troncal.

Método de la Curva Guía. Este método es empleado para generar curvas anamórficas; representa una tendencia promedio de las alturas dominantes a partir de la cual se trazan curvas proporcionales por arriba y por abajo de tal curva guía. Es una cuantificación directa de los primeros métodos gráficos usados en la construcción de curvas de Índice de Sitio. Los datos de altura-edad son obtenidos de una gran variedad de rodales de diferentes calidades de estación y edades (Avery et al., *op. cit.*; Clutter et al., *op. cit.*).

Zepeda y Rivero (*op. cit.*), abordaron exhaustivamente este procedimiento y concluyeron que para definir la tendencia de la Curva Guía, las alternativas son en forma gráfica ó analítica. La primera de ellas ha sido ampliamente utilizada en

²⁰ Assman, E. 1970. The principles of forest yield study.

²¹ Aguirre C., O. A. 1984. Estimación de índice de sitio para *Pinus pseudostrabus* Lindl., en la región de Iturbide, Nuevo León.

²² Arteaga, M. B. 1985. Índice de sitio para *Pinus patula* Schl. et Cham., en la región Chignahuapan-Zacatlán, Puebla.

²³ Acosta M., M. 1991. Modelo de crecimiento para *Pinus montezumae* Lamb., en el CEF San Juan Tetla, Puebla.

México, según señalan Musálem (1977²⁴), Ramírez y Fierros (1989²⁵) y Rosales *et al.*, (1982²⁶); en cambio, la segunda, consiste en ajustar analíticamente un modelo matemático a los datos de edad-altura dominante, a fin de explicar funcionalmente la relación existente entre la altura dominante y la edad del arbolado, todo esto con el propósito de predecir la altura dominante en función de la edad.

Método de la Diferencia Algebraica. Para el ajuste de curvas de Índice de Sitio por el método de la Diferencia Algebraica, se requieren datos provenientes de sitios permanentes, de la remediación de árboles ó de análisis troncales y pueden ser aplicados a cualquier ecuación altura-edad para generar familias de curvas anamórficas o polimórficas (Acosta, *op. cit.*). El paso inicial en la aplicación de este método es el desarrollo de una fórmula de diferencia algebraica de la ecuación altura-edad ya ajustada. Esta fórmula de diferencia expresa la altura remediada (H_2) como una función de la edad de remediación (E_2), edad inicial (E_1) y altura inicial (H_1) (Clutter *et al.*, *op. cit.*; Ramírez *et al.*, 1988²⁷)

En general, una ecuación de diferencia algebraica tiene la forma:

$$Y_2 = f(y_1, E_2, E_1, \beta's)$$

Donde Y_2 es el valor de una variable continua definida sobre un árbol o un rodal en el período 2 de la medición, Y_1 es la misma variable medida en el período 1; E_2 y E_1 son las edades de los árboles o rodales en los períodos 2 y 1 respectivamente, β 's los parámetros que no fueron eliminados al formular la diferencia algebraica (Borders *et al.*, 1988²⁸)

Las ventajas de este enfoque de construcción con respecto a otros, son que no varía la edad base y que existe la posibilidad de construir sistemas polimórficos a anamórficos, según se requieran a partir del modelo ensayado (Rivero y Zepeda, *op. cit.*)

²⁴ Musálem L., F. J. 1977. Tablas de producción preliminar en Atenquique. *In: Memoria del curso de silvicultura en montes de coníferas*. pp. 409-432.

²⁵ Ramírez M., H. y A. M. Fierros. 1989. Estimación de crecimiento y rendimiento de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* a través de su distribución diamétrica. pp. 459-474.

²⁶ Rosales S., P.; M. A. Olayo; J. A. Morales; R. Álvarez D.; I. Martínez y S. Castro. 1982. El método de "Desarrollo Silvícola": Una alternativa en la silvicultura y ordenación de bosques.

²⁷ Ramírez M., H.; R. L. Bailey y B. E. Borders. 1988. Some implications of the algebraic difference approach for developing growth models. pp. 731-738.

²⁸ Borders, B. E.; R. L. Bailey y J. L. Clutter. 1988. Forest growth models: parameter estimation using real growth series. pp. 660-667.

Método de la Predicción de Parámetros. En el ajuste de curvas de Índice de Sitio por el método de Predicción de Parámetros, también se requieren datos de parcelas remedidas (permanentes) o datos de análisis troncales (Clutter *et al.*, *op. cit.*)

MÉTODOS Y RESULTADOS

Como se ha expuesto, el crecimiento en altura de los árboles dominantes y codominantes es considerado como indicador de la calidad de sitio; este indicador se deriva de la relación altura-edad, que puede ser obtenida de parcelas permanentes, parcelas temporales o de análisis troncales. Para el presente estudio se optó por los análisis troncales de 20 árboles por cada especie en estudio, *Pinus douglasiana* Martínez y *P. lawsonii* Roetzl, distribuidos en 4 tipos de suelos. Los árboles seleccionados fueron derribados y seccionados para la obtención de rodajas según la metodología propuesta por Mas (1970²⁹).

Para determinar la edad de cada árbol, se utilizó el número de anillos de crecimiento en la rodaja obtenida a 0.3 m de altura a nivel del suelo, más tres años, al considerar que estas especies crecen aproximadamente 30 cm en los primeros 3 años de vida. Estimada la edad del árbol, se contaron los anillos de la periferia al centro en cada rodaja sin tomar en cuenta, a partir de la corteza, un número de anillos igual al exceso de un múltiplo de cinco, para identificar los anillos correspondientes a 5, 10 15,.....años de edad.

En los análisis troncales se conoce la altura del árbol al ser cortado y las alturas donde fueron obtenidas las diferentes rodajas, pero se desconocen las alturas del árbol en edades anteriores. Esas alturas se obtuvieron tomando la altura de la última rodaja en que aparece esa edad, más la longitud de la punta. La longitud de la punta se puede estimar por varias metodologías: gráficamente por proyecciones, geoméricamente por las relaciones de las dimensiones de cuerpos dendrométricos y analíticamente por regresión; en este trabajo, se obtuvo geoméricamente por medio de las relaciones que guarda el área de dos secciones transversales del paraboloides con la altura de la sección menor y la altura total (Romahn *et al.*, 1987³⁰).

La teoría empírica del crecimiento y rendimiento fue desarrollada para los recursos naturales renovables, como los árboles y otros vegetales, los peces y las aves.

²⁹ Mas P., J. 1970. Instructivo para realizar análisis troncales.

³⁰ Romahn de la V., C. F.; H. Ramírez y J. L. Treviño. 1987. Serie de apoyo académico N° 26.

Inicialmente, partió de las relaciones alométricas, dando origen a los modelos Monomoleculares, Autocatalíticos y el de Gompertz (Roberson, 1923; ; Madawar, 1940; Von Bertalanffy, 1942 y 1957; Amer y Williams, 1957, citados por Richard, 1959³¹; Schumacher, 1939³²; Pienaar y Turnbull, 1973³³).

Al partir de la hipótesis de Von Bertalanffy (*cit. pos.* Richards, 1959³⁰), se tiene que el valor anabólico es proporcional al área superficial del organismo, mientras el valor catabólico es proporcional al volumen de la biomasa; esto en árboles es dado por la relaciones que existen entre las dimensiones del árbol (volumen, altura, diámetro) y el área fotosintética o el área del cambium en el tronco, que es representado por la ecuación:

$$P = cQ^a$$

Donde:

- P = Tamaño (ej. altura en metros)
- Q = Área fotosintética o área del cambium
- a = Relación alométrica (altura: área fotosintética o área del cambium)
- c = Constante de proporcionalidad.

Las representaciones matemáticas de las funciones de crecimiento, comúnmente son fórmulas en términos de tasas de crecimiento, por ejemplo alguna consideración del comportamiento de la tasa de crecimiento en el tiempo. Como otra alternativa, a menudo también se formulan en términos de tasa de crecimiento relativo, por ejemplo, una consideración de la relación entre la tasa de crecimiento y el tamaño, como Schumacher (*op. cit.*) presentó su modelo para *Pinus taeda*.

La forma generalizada del modelo de Chapman-Richards también fue derivada del modelo de Von Bertalanffy, en el cual se consideran las causas esenciales del fenómeno de crecimiento, con la finalidad de que los parámetros del modelo tengan al menos una burda interpretación fisiológica o biológica. Es un modelo determinístico ya que su respuesta está dada por la causa formulada; es un modelo realista, por integrar los supuestos biológicos en función del tiempo.

³¹ Richards, L. H. 1959. A flexible growth function for empirical use. pp. 290-300.

³² Schumacher, F. X. 1939. A new growth curve and its applications to timber yield studies. pp. 819-820.

³³ Pienaar, L. y K. Turnbull. 1973. The Chapman-Richards generalization of Von Bertalanffy's growth model based on basal area growth and yield in even age stand. pp. 2-22.

La función de distribución de probabilidad de Weibull, ha sido recientemente investigada para modelar el crecimiento en altura (Yang *et al.*, 1978³⁴). Esta función fue desarrollada originalmente por Weibull en 1951, para un estudio de probabilidad de material desapropiado; desde entonces se le han encontrado aplicaciones en diseño de crecimiento y rendimiento.

Esta distribución de probabilidad, puede ser fácilmente modificada para formular una función de crecimiento, que genere una amplia variedad de curvas de crecimiento sigmoidales. La analogía óptima entre el valor de una curva de crecimiento y una curva de densidad de probabilidad, fue reconocida por Prodan en 1968, concluyendo que es posible adaptar una función de probabilidad a estudios de rendimiento y crecimiento.

Una función de distribución probabilística tiene valores entre cero y uno. Por ello, para que esta función pueda describir los procesos del crecimiento biológico verdadero de un organismo, es necesario multiplicarla por un factor, que comúnmente es el valor máximo asintótico, determinado por la naturaleza genética y los factores ambientales impuestos sobre dicho organismo.

Al analizar las tres ecuaciones en estudio, Schumacher, Chapman-Richards y FPA-Weibull, se observa que son análogas, ya que son ecuaciones diferenciales de la misma forma. Por eso pueden ser empleadas para representar apropiadamente el crecimiento de árboles y masas forestales.

Con base en lo citado, en el presente estudio se probó la bondad de ajuste de los modelos de Schumacher, Chapman-Richards y el de la Función de Probabilidad Acumulativa de Weibull, desarrollados por los métodos de la Curva Guía y de la Diferencia Algebraica, para obtener curvas de Índice de Sitio anamórficas y polimórficas.

Curva Guía:

Modelo Schumacher

$$H = \beta_1 e^{-\beta_2 E^{-1}} \dots \dots \dots (1)$$

³⁴ Yang, R.C.; A. Kozar y J. H. Smith. 1978. The potential of Weibull-type functions as flexible growth curves. pp. 424-431.

Modelo Chapman-Richards

$$H = \beta_1 \left[1 - e^{-\beta_2 E} \right]^{\beta_3} \dots \dots \dots (2)$$

Modelo de Weibull

$$H = \beta_1 \left[1 - e^{-\beta_2 E^{\beta_3}} \right] \dots \dots \dots (3)$$

Donde:

H = altura dominante (m)

e = edad (años)

$\beta_1, \beta_2, \beta_3$ = parámetros

Diferencia Algebraica

Este método emplea pares de observaciones consecutivas de la variable a predecir; así que la altura de la segunda medición (H_2) es predicha en función de la medición inicial (H_1), la edad inicial (E_1) y la edad de la segunda medición (E_2). Este método reconoce la asociación entre dos mediciones del mismo individuo a diferentes edades (Borders *et al.*, 1984³⁵; Ramírez *et al.*, *op. cit.*).

Una ventaja importante que tiene este método, es que genera curvas que pasan por el punto en que la altura es igual al Índice de Sitio a la edad base seleccionada (Clutter *et al.*, *op. cit.*).

Como se sabe, los parámetros de los modelos son los que determinan el tipo de familias de curvas, anamórficas o polimórficas. La selección de estos parámetros, indudablemente, depende de las condiciones locales, las especies y la manera en que en una u otra familia de curvas pueda modelar el comportamiento de la variable a predecir en tales situaciones específicas. Por tal razón, los tres modelos propuestos se

³⁵ Borders, B. E.; R. L. Bailey y K. K. Ware. 1984. Slash pine site index from a polymorphic model by joining (splining) nonpolynomial segments with an algebraic difference method. pp. 411-423.

manipularon algebraicamente despejando el parámetro del valor asintótico, originando curvas anamórficas y el parámetro que da la forma dando curvas polimórficas, resultando los modelos:

Curvas Anamórficas:

Modelo Schumacher

$$H_2 = H_1 e^{\beta_2 \left[\frac{1}{E_2} - \frac{1}{E_1} \right]} \dots \dots \dots (4)$$

Modelo Chapman-Richards

$$H_2 = H_1 \left[\frac{1 - e^{-\beta_2 E_2}}{1 - e^{-\beta_2 E_1}} \right]^{\beta_3} \dots \dots \dots (5)$$

Modelo Weibull

$$H_2 = H_1 \left[\frac{1 - e^{-\beta_2 E_2^{\beta_3}}}{1 - e^{-\beta_2 E_1^{\beta_3}}} \right] \dots \dots \dots (6)$$

Curvas Polimórficas:

Como se mencionó, las curvas plimórficas pueden ser articuladas y desarticuladas; en las primeras, aun cuando la proporcionalidad no se mantiene, guardan cierta relación entre sí, porque no se cruzan o interceptan en el rango de edad de interés; en cambio

las desarticuladas se presentan como curvas independientes con patrones de forma muy diferentes y al menos alguna de las curvas puede interceptar a otra dentro del rango de edad de interés (Clutter et al., *op. cit.*).

Modelo Schumacher

$$H_2 = \beta_1 \left[\frac{H_1}{\beta_1} \right]^{\frac{E_1}{E_2}} \dots\dots\dots(7)$$

Modelo Chapman-Richards

$$H_2 = \beta_1 \left[\frac{H_1}{\beta_1} \right]^{\frac{\ln[1-e^{(-\beta_2 E_2)}]}{\ln[1-e^{(-\beta_2 E_1)}]}} \dots\dots\dots(8)$$

Modelo de Weibull

$$H_1 = \beta_1 \left[1 - e^{-\beta_2} \left[\frac{\ln \left(1 - \frac{H_2}{\beta_1} \right)}{-\beta_2} \right]^{\frac{\ln E_1}{\ln E_2}} \right] \dots\dots\dots(9)$$

Donde:

- H₁, H₂ = altura dominante a la edad 1 y 2 (m)
- E₁, E₂ = edad de la observación 1 y 2 (años)
- B₁, B₂, B₃ = parámetros

La dispersión de las mediciones de altura contra las de edad, muestra una tendencia definida para las dos especies, sugiere el ajuste de los modelos originales y los obtenidos por la diferencia algebraica.

Para realizar el ajuste sugerido, se empleó el paquete de computo SAS (Statistical Analysis System), aplicando el procedimiento no lineal (NLIN) con el método DUD o sin uso de derivadas; los resultados se muestran en el Cuadro N° 1. Los datos en el cuadro citado se obtuvieron a través del procedimiento NLIN, excepto las determinaciones de la pseudo R^2 y los coeficientes de variación de los estimadores, se anotan los intervalos asintóticos de confianza, dentro de los que se localizan los valores de los coeficientes de regresión o parámetros con un 95% de probabilidad. Estos intervalos fueron utilizados para probar la bondad de ajuste de las ecuaciones, ya que al ser más pequeños, el ajuste se considera mejor.

Ya que los procedimientos de estimación e inferencia en las técnicas de regresión no lineal, no son exactas sino aproximadas y como los estimadores obtenidos en este trabajo son muy similares, en cada metodología de ajuste (Curva Guía, anamórficos y polimórficos), es necesario considerar además la parsimonia o austeridad de los modelos.

Los resultados del análisis de regresión no lineal de los nueve modelos probados para las dos especies de pino, se presentan en el Cuadro N° 1, donde se observa que para la Curva Guía el mejor modelo es el de Schumacher por presentar coeficientes de variación bajos de los estimadores y uniformes en las dos especies, una F calculada mayor y ser el modelo más parsimonioso.

En el caso de la Diferencia Algebraica, tanto para los modelos anamórficos como para los polimórficos, se observa que la suma de cuadrados de los residuales disminuye un 90% aproximadamente. Esto es debido principalmente a la doble utilización de los parámetros, ya que en esta metodología el modelo se obtiene de dos ecuaciones simultáneas, además de que la altura que se predice es una función de otra altura, de la edad 1 y 2, en cambio en la metodología de la Curva Guía la altura se predice en función de la edad.

Como en los modelos anamórficos se considera implícito el asíntota (β_1), entonces se tiene que el parámetro de escala (β_2) y el de forma (β_3) son comunes para todos los sitios. Se observa en el Cuadro N° 1, que la menor variación de los parámetros y el mayor valor de F calculada lo presenta el modelo Schumacher, por lo que se considera el de mejor bondad de ajuste para las dos especies de pino.

MODELO	ESPECIE	G.L.	S. C. RESIDUAL	C.V. DE ESTIMADORES			INTERVALO ASINTÓTICO	FSEUDO	F
			β_1	β_2	β_3	INFERIOR SUPERIOR	R ²	CALCULADA	
Schumacher (Curva Guía (1))	1	198	4596.7942	4.16	6.47	42.2529	49.8174	0.746	2031.27
	2	190	5469.4998	4.98	8.18	32.9449	40.1278	0.625	1167.35
Chapman-Richards (Curva Guía (2))	1	197	4640.7244	9.29	25.58	21.40	42.1578	0.744	1333.96
	2	189	5317.8174	5.02	19.77	27.97	23.2806	0.635	798.02
Weibull (Curva Guía (3))	1	197	4668.2090	10.47	41.71	11.78	27.5801	0.742	1325.72
	2	189	5277.1626	4.29	66.40	11.85	22.8450	0.638	804.65
Schumacher (anamórfico (4))	1	180	410.1117		3.21			0.968	43062.58
	2	174	399.4048		4.13			0.964	31343.75
Chapman-Richards (anamórfico (5))	1	179	415.7139		7.68	7.49		0.967	21122.11
	2	173	377.5500		14.97	9.14		0.966	16448.34
Weibull (anamórfico (6))	1	179	445.5572		19.22	3.83		0.965	19701.56
	2	173	385.1340		20.18	5.66		0.965	16162.23
Schumacher (polimórfico (7))	1	180	347.1309	3.34		43.2979	49.4118	0.972	50908.35
	2	174	271.4389	3.63		40.0837	46.2784	0.975	46201.55
Chapman-Richards (polimórfico (8))	1	179	434.7349	4.25	10.47	33.8387	40.0411	0.966	20193.76
	2	173	309.7875	6.99	14.44	33.2456	43.8874	0.972	20113.94
Weibull (polimórfico (9))	1	179	519.3349	3.46	21.26	32.3820	37.1320	0.960	16889.77
	2	173	467.9705	9.82	21.69	27.6051	40.8729	0.957	13286.11

Espejo 1 = *Pinus douglasiana*. Espejo 2 = *Pinus insosmiti*. G.L. = grados de libertad. S.C. = suma de cuadrados.

Cuadro N° 1. Resumen de los análisis de regresión no lineal a datos de altura-edad de *Pinus douglasiana* (1) y *P. insosmiti* (2) para los modelos Schumacher, Chapman-Richards y Weibull.

Para los modelos polimórficos se tiene que la suma de cuadrados de los residuales sigue disminuyendo (Cuadro N° 1), por lo tanto la F calculada continua aumentando su valor y la menor variación de los parámetros la vuelve a presentar el modelo de Schumacher, por lo que se le considera el de mejor ajuste, además de que es parsimonioso.

En el presente trabajo, el análisis estadístico de las nueve ecuaciones de Índice de Sitio, mostró que las ecuaciones proporcionan rangos más reducidos en los intervalos asintóticos de confianza, coincidiendo con lo especificado por Rawat *et al.*, (1973)³⁶ y Aguirre (1987)³⁷. Estos autores señalan que el desarrollo altura-edad de los árboles dominantes es polimórfico, ya que las pruebas estadísticas indican que la dirección y sesgo producidos por las ecuaciones anamórficas son más grandes.

Con la finalidad de comparar el anamorfismo o el polimorfismo del crecimiento en altura de las especies de pino en estudio, se construyeron los sistemas de curva de Índice de Sitio, con sus respectivas curvas de incremento corriente (IC) e incremento medio (IM) para el modelo seleccionado, en los tipos anamórfico y polimórfico.

Las ecuaciones de tipo anamórfico obtenidas por medio del análisis de regresión no lineal para *Pinus douglasiana* y *P. lawsonii*, con las que se construyeron las curvas de IS, IC, e IM (10), (11) y (12) respectivamente; en las que se sustituyó E_1 por la edad base (EB) 50 años y H_1 por el valor del IS elegido (22, 25, 28, 31 y 34 para *P. douglasiana* y 18, 21, 24, 27 y 30 para *P. Lawsonii*) son:

$$H_2 = ise^{-22.2154 \left[\frac{1}{E_2^2} \frac{1}{HB} \right]} \dots \dots \dots (10)$$

$$IC = \frac{\partial H_2}{\partial E_2} = IS \left[e^{-22.21(E_2^{-1} - EB^{-1})} \right] \left[-22.21(-E_2^{-2}) \right] \dots \dots \dots (11)$$

³⁶ Rawat, A. S., *et al.* 1973. Detaile nonlinear asymptotic regression studies on tree and stand growth with particular reference to forest yield in Barbaria and India. pp. 182-221.

³⁷ Aguirre B., C. 1987. Stand average and diameter distribution growth and yield models for natural even-age stands of *Pinus cooperii*.

$$IM = \frac{H_2}{E_2} = \frac{ISe^{-22.21\left[\frac{1}{E_2^2} - \frac{1}{EB}\right]}}{E_2} \dots\dots\dots(12)$$

Donde:

H_1 = altura dominante de la primera medición

H_2 = altura dominante de la segunda medición

IS = Índice de Sitio

EB = edad base (50 años)

E_1 = edad de la primera medición

E_2 = edad de la segunda medición

∂ = derivada parcial

Las ecuaciones de tipo polimórfico, resultado del análisis de regresión no lineal para las mismas bases de datos, se describen a continuación, sobre las cuales se construyeron los sistemas de curvas de IS, IC é IM (13), (14), y (15) respectivamente, siguiendo la metodología utilizada en los modelos anamórficos:

$$H_2 = 46.18 \left[\frac{IS}{46.18} \right]^{\frac{EB}{E}} \dots\dots\dots(13)$$

$$IC = \frac{\partial H_2}{\partial E_2} = -\frac{46.18EB}{E_2^2} \ln \left[\frac{IS}{46.18} \right] \left[\frac{IS}{46.18} \right]^{\frac{EB}{E_2}} \dots\dots\dots(14)$$

$$IM = \frac{H_2}{E_2} = \frac{46.18 \left[\frac{IS}{46.18} \right]^{\frac{EB}{E_2}}}{E_2} \dots \dots \dots (15)$$

Para corroborar de manera analítica, si el crecimiento en altura de las especies de pino en estudio es de tipo anamórfico o polimórfico, se obtuvo la segunda derivada parcial con respecto a E_2 de los modelos de crecimiento seleccionados y se igualaron a cero, con la finalidad de obtener la edad de culminación del IC (tangente igual a cero) para cada IS. Observándose que la culminación IC para las funciones anamórficas es la misma edad para todos los IS 10.35 y 11.12 años para *P. douglasiana* y *P. lawsonii* respectivamente. En cambio el máximo IC para los modelos polimórficos es diferente para cada IS, resultando 7.75, 10.06, 12.60, 15.44 y 18.63 años para en los IS 22, 25, 28, 31 y 34 m y de 9, 10, 11.74, 14.68, 18.02 y 18.86 años para *P. lawsonii* en los IS 18, 21, 24, 27 y 30 m respectivamente.

Con lo anterior, se confirma el marcado polimorfismo del crecimiento en altura de las dos especies de pino y que los máximos crecimientos en los sitios de buena calidad se dan hasta los 10 años aproximadamente y después de los 12 años en los terrenos de mediana y baja calidad, esto para *P. douglasiana*. En cambio para *P. lawsonii* el mayor crecimiento se presenta antes de los 12 años en los terrenos de buena calidad y después de los 14 años para los de mediana y baja calidad, coincidiendo con lo expuesto por Asmman (*op. cit.*), Aguirre (*op. cit.*) y Zepeda *et al.*, (*op. cit.*), con respecto a que el punto de inflexión ocurre a diferentes edades.

El marcado polimorfismo en las curvas IS, indica que el crecimiento en altura, se comporta de manera diferentes en los sitios de buena, mediana y baja calidad. También puede interpretarse que en los lugares de buena calidad, el turno es más corto que en los lugares de mediana y baja calidad, por lo que el IS debe ser considerado en el manejo forestal principalmente en la regulación.

CONCLUSIONES

- El modelo de crecimiento de mejor bondad de ajuste por sus estadísticos presentados y su parsimonia fue el polimórfico de Schumacher para las dos especies.
- El crecimiento en altura de las especies en estudio es polimórfico.
- El plan de manejo debe ser diseñado en función de los Índices de Sitio presentes en el área a manejar ya que cada calidad presenta diferente turno.
- Los resultados de los modelos por la Curva Guía y los anamórficos se consideran aceptables pero no tan confiables como los obtenidos con los polimórficos.
- Cuando se cuenta con información de análisis troncales o de parcelas permanentes(remediciones), es mejor utilizar la metodología de la Diferencia Algebraica que la de la Curva Guía.

BIBLIOGRAFÍA

- Acosta M., M. 1991. Modelo de crecimiento para *Pinus montezumae* Lamb., en el CEF San Juan Tetla, Puebla. Tesis de Maestro en Ciencias Forestales. DiCiFo, UACH., México. 88 p.
- Aguirre B., C. 1987. Stand average and diameter distribution grown and yield models for natural even-age stands of *Pinus cooperii*. In partial fulfillment of requirements for the degree of doctor philosophy. Colorado State University. Fort Collins, Colorado. 120 p.
- Aguirre C., O. A. 1984. Estimación de índice de sitio para *Pinus pseudostrobus* Lindl., en la región de Iturbide, Nuevo León. Tesis profesional. DiCiFo, UACH., México 71 p.
- Alder, D. 1980. Estimación del volumen forestal y predicción del rendimiento, con referencia especial a los trópicos. Vol. TT2. Estudios FAO Montes 22/2. Roma. 198 p.

- Arteaga, M. B. 1985. Índice de sitio para *Pinus patula* Schl. et Cham., en la región Chignahuapan-Zacatlán, Puebla. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Montecillos, Méx. 181 p.
- Assman, E. 1970. The principles of forest yield study. Trans. by S. H. Gardiner. Pergamon. Oxford. 506 p.
- Avery, T. E. y H. E. Burkhardt. 1983. Forest measurements. 3a ed. McGraw-Hill, New York. 331 p.
- Borders, B. E.; R. L. Bailey y K. K. Ware. 1984. Slash pine site index from a polymorphic model by joining (splining) nonpolynomial segments with an algebraic difference method. *Forest Science* 30: 411-423.
- Borders, B. E.; R. L. Bailey y J. L. Clutter. 1988. Forest growth models: parameter estimation using real growth series. *In: Proceedings of IUFRO Forest Growth Modelling and Prediction Conference, Minneapolis, MN., August 24-28, 1987.* USDA, Forest Service, Gen. Tech. Rep. NC-120 Vol. 2, pp. 660-667.
- Brickell, J. E. 1968. A method for constructing site index curves from measurements of tree age and height its application to inland douglas-fir. USDA, Forest Service, Intermountain Forest and Range Experiment Station. Research Paper Int-47. 23 p.
- Clutter, J. L.; J. C. Fortson; L. V. Pienaar y R. L. Bailey. 1983. Timber management: A quantitative approach. Wiley. New York. 333p.
- Curtis, R. O. 1964. A stem-analysis approach to site index curves. *Forest Science*, 10 (2): 241-256.
- Daniel, P. W.; U. W. Helms y F. S. Baker. 1982. Principios de silvicultura. McGraw-Hill. México. 492 p.
- Davis, S. L. y K. N. Johnson. 1987. Forest management. 3ª ed. McGraw-Hill. USA. 730 p.
- Hägglund, B. 1981. Evaluation of forest site productivity. *Forestry* bs. 42 (11): 515-527.
- Jones, J. R. 1969. Review and comparison of site evaluation methods. USDA, Forest Service. Rocky Mountain Forest and Range Exp. Station Research Paper RM-51. 27 p.

- Loetsch, F., F. Zöhler y K. E. Haller. 1973. Forest inventory. Trans. by K. F. Panzer. Munchen, BLV. Vol. 469 p.
- Mas P., J. 1970. Instructivo para realizar análisis troncales. Bol. Div. N° 23, INIF-SFF. México. 23 p.
- Mendoza B., M. A. 1983. Conceptos generales sobre modelaje matemático. *In*: Primera Reunión sobre modelos de crecimiento de árboles y masas forestales. Pub. Esp. N° 44. INIF-SARH. México. pp. 35-45.
- Musálem L., F. J. 1977. Tablas de producción preliminar en Atenquique. *In*: Memoria del curso de silvicultura en montes de coníferas. SFF. México. pp. 409-432.
- Musálem S., M. A., C. Rodríguez, F. Carrillo y G. Vera. 1986. Proyecciones de la investigación silvícola en los suelos forestales de México. INIFAP. Inédito. 25 p.
- Pienaar, L. V. y K. Turnbull. 1973. The Chapman-Richards generalization of Von Bertalamffy's growth model based on area growth and yield in even age stand. *Forest Sci.* 19 : 2-22.
- Pritchett L. W. 1986. Suelos forestales (propiedades, conservación y mejoramiento). Ed. Limusa. México. 634 p.
- Ramírez M., H. 1994. Construcción de modelos de crecimiento y su aplicación en el diseño de regímenes silvícolas. *In*: Memoria del Simposio de Manejo y Silvicultura. Colegio de Postgraduados. México. pp. 25-31.
- Ramírez M., H., R. L. Bailey y B. E. Borders. 1988. Some implications of the algebraic difference approach for developing growth models. *In*: Proceedings of IUFRO Forest Growth Modelling and Prediction Conference, Minneapolis, MN., August 24-28, 1987. USDA. Forest Service, Gen. Tech. Rep. NC-120, Vol. 2. pp. 731-738.
- Ramírez M., H. y A. M. Fierros. 1989. Estimación de crecimiento y rendimiento de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* a través de su distribución diamétrica. *In*: Salazar, R. (ed.). 1989. Cuarta reunión del Grupo de Trabajo de IUFRO. Silvicultura en los Neotrópicos. Memoria. Antigua, Guatemala. CATIE. Costa Rica. pp. 459-474.

- Rawat, A. S., *et al.* 1973. Detailed nonlinear asymptotic regression studies on tree and stand growth with particular reference to forest yield in Barbaria and India. *In: Growth and Yield Models for Tree and Stand Simulation*. IUFRO. S. 4.01-4 Ed. by Jaran Fries. Stockholm, Sweden. pp. 182-221.
- Richards, L. H. 1959. A flexible growth function for empirical use. *Journal of Experimental Botany* 10: 290-300.
- Rivero B., D. P. y E. M. Zepeda. 1990. Principios básicos de regulación forestal. UACH. México. 261 p.
- Romahn de la V., C. F.; H. Ramírez y J. L. Treviño. 1987. Serie de apoyo académico N° 26. DiCiFo-UACH. México. 85 p.
- Rosales S., P.; M. A. Olayo; J. A. Morales; R. Alvarez D.; I. Martínez y S. Castro. 1982. El método de "desarrollo silvícola": Una alternativa en la silvicultura y ordenación de bosques. Tesis Ing. Agr. Esp. en Bosques. UACH. México. 406 p.
- Schumacher, F. X. 1939. A new growth curve and its applications to timber yield studies. *Journal of Forestry* 37: 819-820.
- Spurr, S. H. y B. V. Barnes. 1982. Ecología Forestal. A.G.T. Editor. México. 690 p.
- Stage, A. R. 1963 A mathematical approach polymorphic site index curves for grand fir. *Forest Science* 9(2): 67-180.
- Yang, R. C.; A. Kozar y J. H. Smith. 1978. The potential of Weibull-type functions as flexible growth curves. *Canadian Journal For.* 8: 424-431.
- Zepeda B., E. M. y P. Rivero. 1984. Construcción de curvas anamórficas de índice de sitio: ejemplificación del método de la curva guía. *Ciencia Forestal* 9 (51): 3-38.
- Zepeda B., E. M.; S. Veruette; O. Estrada; y S. Esparza. 1990. Curvas polimórficas de índice de sitio de edad base invariante, para tres especies de pino del Noroeste de Chihuahua. *In: Bol. Téc. N° 25, Serie Técnica*. DiCiFo, UACH. México. pp. 1-40.

1. The first part of the document discusses the importance of maintaining accurate records of all transactions.

2. It is essential to ensure that all entries are supported by proper documentation and receipts.

3. Regular audits should be conducted to verify the accuracy of the records and identify any discrepancies.

4. The second part of the document outlines the procedures for handling cash and credit transactions.

5. It is important to establish clear policies regarding the use of company funds and the approval process.

6. The third part of the document provides a detailed overview of the accounting system and the roles of the staff.

7. The final section discusses the reporting requirements and the preparation of financial statements.

8. It is crucial to ensure that all reports are prepared in a timely and accurate manner.

ÉPOCA DE SIEMBRA DE DOCE ESPECIES FORESTALES DE BAJA CALIFORNIA SUR

Fonseca Vera Salvador*
Meza Sánchez Rigoberto**

RESUMEN

El objetivo principal de este estudio fue determinar la época de siembra para doce especies forestales de la región de Baja California Sur (BCS), con el fin de contar con información para hacer más eficiente el uso de los recursos utilizados en la producción de planta de algunas especies forestales endémicas de este estado de la República. El trabajo se realizó en el vivero del Campo Experimental Todos Santos, en donde se efectuaron siembras quincenales a partir de julio de 1982 a diciembre de 1983, para un grupo de ocho especies y de agosto de 1984 a agosto de 1985 para las cuatro especies restantes; para el análisis estadístico se utilizó un diseño completamente al azar, evaluando el porcentaje de emergencia de plántulas mensual para cada especie y en la comparación de medias se utilizó la prueba de Tukey ($P < 0.01$). En todas las especies se encontró diferencia altamente significativa entre tratamientos (fechas de siembra). En general, las mejores épocas de siembra se presentaron en verano, otoño e inicios de invierno y sólo en tres de las doce especies se mantuvo un adecuado porcentaje de emergencia de plántulas después de dos años de haber colectado las semillas.

Palabras clave: Especies forestales, época de siembra, emergencia de plántulas, Baja California Sur, zonas áridas.

* GTF. Técnico del Campo Experimental "Todos Santos". INIFAP, SAGAR.

** M.C. Investigador del Campo Experimental "Todos Santos". INIFAP, SAGAR.

ABSTRACT

The main objective of this study was to determine the better time of sowing for twelve forest species of the region of Baja California Sur (BCS), Mexico, searching with this information to become more efficient the resources management on forest species plant production. The study was settled down on the Campo Experimental Todos Santos nursery on Baja California Sur state, Mexico, they were carried out sowings for a eight species group every fifteen days since July of 1982 to December of 1983 and for the other four, from August of 1984 to August of 1985. For the statistical analisis, was used a randomized experimental desing. For the emergency plant percentages evaluation and average comparation was applicated the Tukey test ($P < 0.01$) to each specie. In all the species there were found highly significant differences between treatments (sowing dates). The most better time of sowing were presented on summer, fall and winter beginings, only in three of the twelve species an adequate emergency percentage was maintained after two years of seed recollection.

Key words: Forest species, sowing better time, plant emergency, Baja California Sur, desert areas.

INTRODUCCIÓN

Uno de los primeros pasos al planear una plantación forestal, consiste en definir las especies y procedencias que mejor se adaptan a la región; el siguiente paso es obtener las semillas para producir las plántulas que habrán de establecerse en la plantación. Generalmente la base de la producción de planta de casi todas las especies forestales, es la semilla y esta puede obtenerse de las poblaciones silvestres o bien de plantaciones ya establecidas (Patiño *et al.*, 1983)¹.

La semilla constituye la principal unidad de reproducción y permite la perpetuación de las especies vegetales; por ello, ha sido el centro de atención de numerosos estudios cuya finalidad consiste en obtener los conocimientos necesarios de sus procesos internos y de los mecanismos que permiten la multiplicación de las especies, así como de los factores externos que influyen en estos procesos.

¹ Patiño V., F.; P. de la Garza; Y. Villagómez, I. Talavera A. y F. Camacho M. 1983. Guía para la recolección y manejo de semillas de especies forestales.

Una herramienta que se ha utilizado para estos fines, es el análisis de semillas; que permite conocer con bastante aproximación su comportamiento y con ello, programar adecuadamente la producción de planta en los viveros y así evitar pérdidas al momento de su reproducción (Patiño y Villagómez, 1976)².

Por lo anterior y con el fin de contar con información para hacer mas eficiente el uso de los recursos utilizados en la producción de plantas de especies forestales del estado de Baja California Sur, se realizó el presente trabajo; cuyo objetivo fue determinar la mejor época de siembra en vivero para doce especies forestales de la región.

REVISIÓN DE LITERATURA

La flora del desierto sonorenses esta compuesta por mas de 4,500 especies; una gran cantidad de estas plantas son endémicas y tradicionalmente han sido utilizadas para diversos fines por los pobladores de esta región. De 455 plantas útiles en el noroeste de México, el 20% se consideran como forrajeras e industrializables y muchas de ellas se encuentran en el estado de Baja California Sur (Piña, 1993)³. Sin embargo, también existen especies que son ampliamente utilizadas como energéticos (leña y carbón), postes para cercos y en la construcción de viviendas rústicas, entre otros usos.

Descripción, Distribución y Usos de las Especies

Familia LEGUMINOSAE

Palo escopeta (*Albizzia occidentalis* Brand.) Árbol de 5 a 20 m de altura, corteza lisa color blanco con manchas; las hojas son bipinadas y las flores pequeñas en cabezas paniculadas; sus semillas son lisas, aplanadas de forma oblonga y muy duras; florea de junio a julio. Se desarrolla en laderas y a orillas de arroyos. Se distribuye en la región de Los Cabos, en Baja California Sur, Islas Marias, Sinaloa, y Nayarit (Wiggins, 1980)⁴.

² Patiño V., F. y Y. Villagómez A. 1976. Los análisis de semillas y su utilización en la propagación de especies forestales.

³ Piña P., F. 1993. Catálogo de plantas útiles de Baja California Sur.

⁴ Wiggins, I. L. 1980. Flora of Baja California.

Se considera una especie forrajera, su madera se utiliza en la construcción de cerços, palapas y cabos de herramientas (González, 1979⁵ y Agredano, 1983)⁶.

Palo verde (*Cercidium floridum* Benth. ex A. Gray) Arbusto grande o árbol hasta de 12 m de altura; corteza lisa de color verde-azulada; las hojas son bipinadas, foliolos de 2 a 4 pares por pina de forma ovada; flores amarillas; los frutos son vainas de forma linear-oblonga de 2.5 a 5 cm de longitud; florea de marzo a junio. En el desierto Sonorense se distribuye en planicies arenosas y arroyos secos, ocasionalmente sobre laderas rocosas. En Baja California Sur se distribuye desde el municipio de Comondú hasta la región de Los Cabos (Shreve y Wiggins, 1964)⁷.

Se considera como una especie forrajera deseable en algunos sitios de matorrales y es utilizada en la dasonomía urbana y suburbana del estado (COTECOCA, 1975⁸ y Parrá, 1986)⁹.

Guajillo (*Leucaena leucocephala* (Lam) De Wit) Es un arbusto o árbol, sus hojas son bipinadas de forma oval, las flores son blancas en cabezuelas, su fruto es una vaina aplanada que mide de 12 a 18 cm de longitud y sus semillas son lisas y duras de forma lenticular (Wiggins, *op. cit.*). Especie introducida que se encuentra en casi todo el estado en poblados y rancherías.

Esta especie es considerada como forrajera, debido a su alto contenido de proteínas y buena digestibilidad (Álvarez, 1984)¹⁰.

Teso (*Acacia occidentalis* Rose,) Árbol hasta de 12 m de altura con ramas espinosas; sus hojas son bipinadas, pinas de 2 a 4 pares con foliolos de 5 a 15 pares de forma oblonga; las flores son casi sesiles de color blanquecino en cabezuelas; los frutos son vainas aplanadas de forma oblonga que miden hasta 7 cm de largo por 2 de ancho; florea de marzo a abril. Se distribuye a lo largo de las costas del Golfo de California principalmente en la parte sur del estado de Baja California Sur.

Esta considerada dentro de las especies forrajeras, puesto que hojas flor y vainas son consumidas por el ganado (Agredano, *op. cit.*).

⁵ González V., C. E. 1979. Prácticas silvícolas en la conservación de recursos forestales. pp. 55-60.

⁶ Agredano H., F. 1983. Especies forrajeras nativas de Baja California Sur. pp. 95-98.

⁷ Shreve, F. and I. L. Wiggins. 1964. *Vegetation and flora of the Sonoran Desert.*

⁸ COTECOCA. 1975. *Guía para la determinación de los coeficientes de agostadero en el estado de Baja California Sur.*

⁹ Parrá H., H. 1986. Utilización de especies nativas e introducidas para la arboricultura urbana y suburbana. pp. 108-122.

¹⁰ Álvarez F., F. S. 1984. *Utilización de la Leucaena como forraje para la alimentación de bovinos en México.*

Palo fierro (*Pithecellobium confine* Standley.) Es un arbusto de 4.0 m de altura; sus hojas son bipinadas con 2 a 5 pares de foliolos por pina; las flores son pequeñas en cabezuelas pedunculares de color púrpura pálido o lavanda a rosa; los frutos son vainas duras lignosas de 5 a 12 cm de longitud de color castaño oscuro, con semillas duras; florea de febrero a abril. Se desarrolla en planicies, orillas de arroyos secos y laderas cascajosas; desde el sur de Baja California hasta la región de los Cabos y sobre algunas islas del Golfo de California (Shreve y Wiggins, *op. cit.*).

Su madera es dura y se utiliza en la elaboración de artesanías, energéticos (carbón) y en la construcción de cercos y sus vainas se emplean para la tinsión de cueros (González, *op. cit.*; Patiño y Vela, 1981)¹¹.

Palo blanco (*Lysiloma candida* Brand.) Árbol hasta de 8 m de altura; corteza lisa de color blanco; las hojas son bipinadas con pinas de 1 a 2 pares; las flores son pequeñas cabezuelas; los frutos son vainas oblongas de 8 a 15 cm de longitud; la semilla es aplanada lisa y muy dura; florea de marzo a mayo. Se desarrolla en arroyos rocosos, colinas y valles; se encuentra distribuida en las regiones altas de la sierra de la Giganta, desierto del Vizcaino, región de Los Cabos e islas adyacentes en el estado de Baja California Sur.

Se utiliza en la construcción de viviendas rústicas y cercos; se considera planta medicinal, ya que su corteza se utiliza para combatir las infecciones de heridas y también como curtiente (Ordorica, 1980)¹².

Palo zorrillo (*Cassia emarginata* L.) Es un árbol hasta de 20 m de altura; sus hojas son pinadas; las flores de color amarillo profundo; sus frutos son vainas alargadas de color oscuro de 20 a 40 cm de longitud; la semilla es de textura lisa de color café; florea a lo largo del año. Se distribuye principalmente en la parte sur del estado de Baja California Sur.

La madera tiene alta durabilidad y se utiliza en la construcción de casas habitación, palapas, muebles, cercos, cabos de herramientas; así como combustible de buena calidad.

Palo brea (*Cercidium praecox* (R. et Pav.) Harms) Es un árbol de 9 m de altura, de corteza color verde amarillento y ramas espinosas; las hojas son bipinadas con 4 a 8 pares de foliolos de forma elíptica a oblonga; flores amarillas con manchas rojas; sus

¹¹ Patiño V., F. y L. Vela G. 1981. Criterios para el establecimiento de plantaciones forestales por área ecológica. pp. 101-144.

¹² Ordorica V., M. E. 1980. Algunas plantas medicinales del Municipio de La Paz, B.C.S. pp. 158-162.

frutos son vainas aplanadas y delgadas que miden de 5 a 8 cm de longitud; florea de marzo a mayo. En el estado se distribuye desde Comondú hasta la región de Los Cabos.

Sus hojas y vainas son consumidas por el ganado, por lo que es considerada como una especie forrajera.

Vinorama (*Acacia farnesiana* (L.) Wild.) Es un árbol espinoso de hasta 9 m de altura; hojas bipinadas; las flores en forma de pequeñas cabezuelas de color amarillo, su fruto es una vaina de forma cilíndrica y oscura; florea de abril a noviembre. En el estado se desarrolla principalmente a orillas de carreteras, caminos, arroyos y terrenos con disturbio.

Es una especie forrajera, industrializable en la obtención de gomas, resinas y taninos, sus flores son empleadas en la perfumería.

Dipua (*Cercidium microphyllum* Torr.) Árbol de tallo espinoso de color verde amarillento de 8 m de altura; las hojas son bipinadas con 1 ó 2 pares de pinas pequeñas; las flores son amarillas usualmente con pequeñas manchas rojas; los frutos son vainas ligeramente abultadas con 1 ó 2 semillas; florea de marzo a mayo. Se desarrolla principalmente al pie de las colinas de la sierra de la Giganta en la región de Loreto en el estado de Baja California Sur. A pesar de ser espinosa el ganado consume los brotes y vainas tiernas de esta especie.

Familia PHYTOLACCACEAE

Amole (*Stegnosperma halimifolium* Benth.) Arbusto de hasta 5 m de altura; sus hojas son alternas de forma elíptica. Las flores son perfectas con 5 pétalos de color verdoso teñidas de rojo, su fruto es una cápsula que se pone roja al madurar y su jugo de color café mancha en forma persistente; florea de octubre a mayo. Se desarrolla en planicies, a menudo cerca de las costas y partes bajas de las colinas. Se distribuye desde Santa Rosalía hasta la región de Los Cabos en el estado de Baja California Sur. También esta considerada dentro de las especies que consume el ganado.

Familia QUENOPODIACEAE

Saladillo (*Atriplex barclayana* (Benth.) Dietr.) Planta subarborescente con ramas leñosas en la base y herbáceas en la parte terminal; las hojas son alternas y las más bajas algunas veces opuestas; las flores son unisexuales en glomerulos y las semillas de color crema, miden de 1 a 2 mm aproximadamente; florea de febrero a junio. Se desarrolla cerca de las costas en suelos alcalinos y salinos, alrededor del Golfo de California, en

la región de los Cabos en Baja California Sur y Sinaloa. Esta especie es considerada como forrajera, ya que es muy consumida por el ganado y representa una buena alternativa para la producción de forraje bajo condiciones adversas de sequía y salinidad (Agredano, 1988)¹³.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización.- El presente trabajo se realizó en el vivero del Campo Experimental Todos Santos, el cual se localiza en la parte sur del estado de Baja California Sur (*vid., infra.*, Figura N° 1) a los 23° 23' de latitud Norte y 110° 09' de longitud Oeste.

Clima.- El clima en Todos Santos es BW (h') w (x') (e) y se considera como un clima muy seco o desértico, muy cálido; la temperatura media anual es de 22° C, la del mes más frío mayor a los 18° C, extremoso con oscilación entre 7 y 14° C. Régimen de lluvias en verano, pero con un porcentaje de lluvia invernal mayor de 10,2% respecto a la anual (García, 1981)¹⁴.

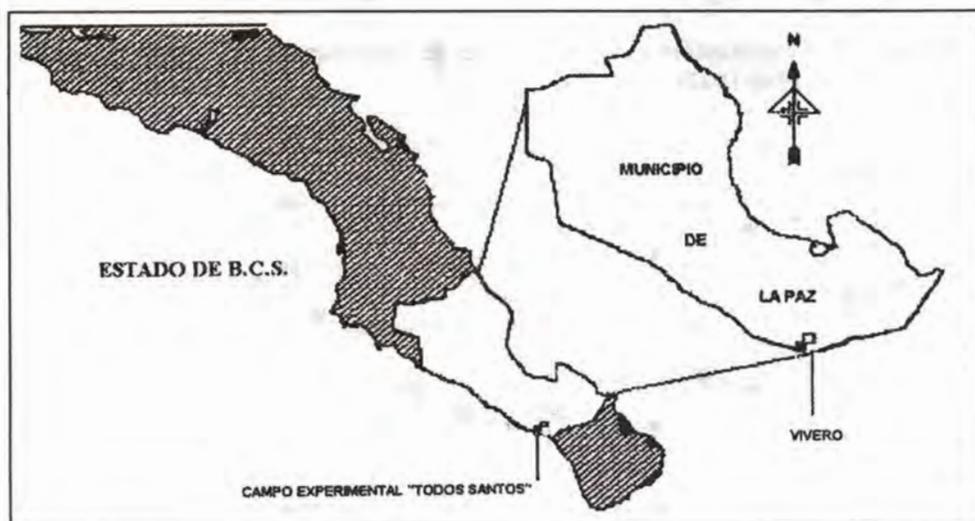


Figura N° 1. Localización del área de estudio.

¹³ Agredano H., F. 1988. Evaluación de tres densidades de población de *Atriplex barelayana* para producción de materia seca de forraje bajo cultivo de temporal y métodos de reproducción.

¹⁴ García E. 1981. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen.

Algunas características de las condiciones ambientales prevaletientes durante los periodos de estudio se presentan en las Figuras N° 2 y 3.

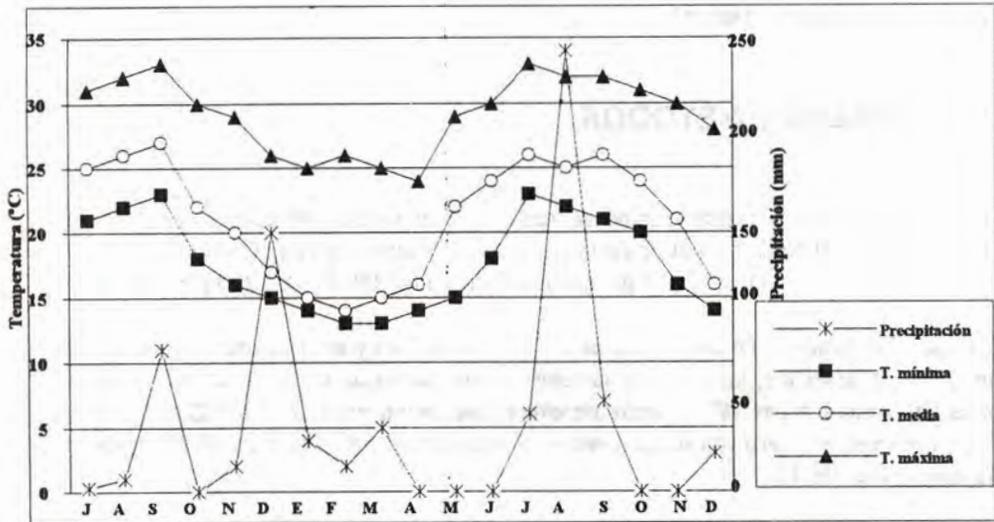


Figura N° 2. Temperaturas y precipitación en el área durante el periodo de estudio (1982-1983).

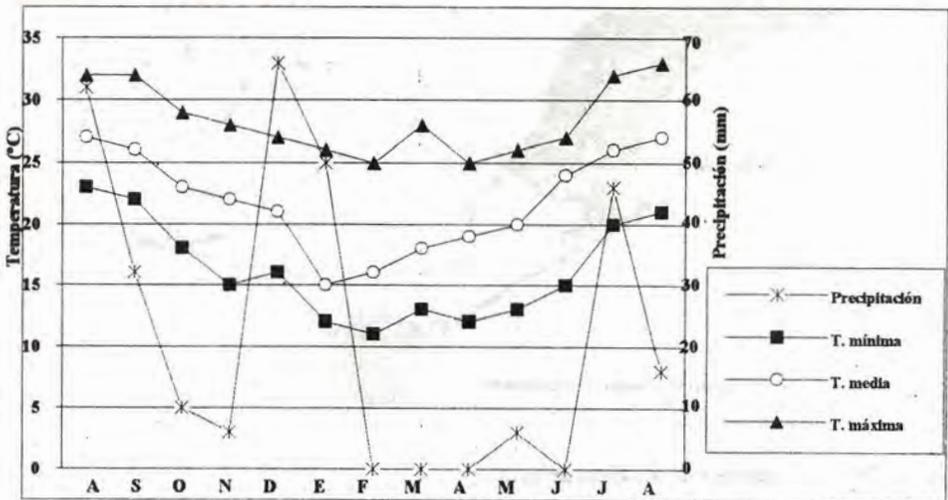


Figura N° 3. Temperaturas y precipitación en el área durante el periodo de estudio (1984-1985).

Métodos

Recolección de semillas.- La semillas se colectaron en rodales silvestres en los que se distribuyen las especies en estudio, principalmente en la parte sur del estado. Esta colecta se realizó en dos temporadas durante los años de 1982 a 1984, en la primera, se colectó la semilla de 8 especies y en la segunda las de las 4 restantes. Las especies forestales de la primera temporada fueron:

Palo escopeta (*Albizzia occidentalis* Brand.)

Palo verde (*Cercidium floridum* Benth. ex A. Gray.)

Guajillo (*Leucaena leucocephala* (Lam.) De Wit)

Teso (*Acacia occidentalis* Rose.)

Palo fierro (*Pithecellobium confine* Standley.)

Palo blanco (*Lysiloma candida* Brand.)

Palo zorrillo (*Cassia emarginata* L.)

Amole (*Stegnosperma halimifolium* Benth.)

Y las de la segunda temporada:

Palo brea (*Cercidium praecox* (R. et Pav.)

Vinorama (*Acacia farnesiana* (L. Wild)

Dipúa (*Cercidium microphyllum* (Torr.) Rose and Jhtn.)

Saladillo (*Atriplex barclayana* (Benth.) Dietr.)

Beneficio de semillas.- Este consistió en el secado de frutos, extracción de la semilla en forma manual, limpieza de impurezas, selección y tratamiento con fungicida; para su almacenamiento en frascos de vidrio en el laboratorio del Campo Experimental, bajo condiciones no controladas de temperatura hasta finalizar los trabajos.

Pruebas en vivero.- Después de 30 días de almacenamiento de la semilla, se realizaron siembras periódicas cada 15 días en el vivero, sobre camas semilleras de 10 X 1.0 X 0.50 m utilizando como sustrato un suelo de textura media. Del primer grupo de 8 especies se realizaron 36 siembras (julio de 1982 a diciembre de 1983) mientras que para el segundo grupo de 4 especies se realizaron solo 26 siembras (agosto de 1984 a agosto de 1985); se utilizaron 4 repeticiones, sembrando 100 semillas por repetición para ambos grupos; a cada siembra se le aplicaron 3 riegos por semana.

Las observaciones realizadas durante el período de estudio consistieron en la cuantificación del porcentaje de emergencia de plántulas por especie a los 15, 30 y 45 días después de cada siembra.

Diseño experimental.- El estudio se analizó bajo un diseño completamente al azar con 18 tratamientos (meses) para el grupo de 8 especies (julio de 1982 a diciembre de 1983) y de 13 tratamientos para las 4 especies restantes (agosto de 1984 a agosto de 1985), donde se utilizaron 4 repeticiones por tratamiento. Se evaluó el porcentaje de emergencia mensual, el cual se obtuvo al promediar las dos siembras quincenales para cada una de las especies. Se realizó el análisis de varianza respectivo y la comparación de medias se hizo mediante la prueba de Tukey ($P < 0.01$). También se realizó un análisis de correlación lineal simple, con el porcentaje de germinación y algunas variables ambientales como: temperatura media, máxima, mínima y precipitación.

RESULTADOS

En el cuadro N° 1 se presenta el porcentaje de emergencia de plántulas de *Cercidium floridum*, *Leucaena leucocephala*, *Cassia emarginata* y *Pithecellobium confine* durante el período de estudio. De manera consistente el análisis estadístico mostró diferencia altamente significativa entre tratamientos ($P < 0.01$), con Coeficientes de Variación (C.V.) de 17.91 a 29.04%.

En *Cercidium floridum*, el porcentaje de emergencia varió de 20.5 a 63.5% y no mostró una fecha de siembra bien definida (*vid., infra.*, Figura N° 4). En este caso, desde el punto de vista biológico se consideran las mejores fechas las que presentaron alrededor de un 60% de emergencia; siendo las de septiembre y noviembre del primer año, como también las de febrero y julio a septiembre del segundo año.

El porcentaje de emergencia de esta especie presentó una relación significativa y positiva con la precipitación. Dados los resultados obtenidos, puede considerarse que las semillas de *C. floridum* presentan una adecuada emergencia de plántulas después de 1.5 años de haber sido colectadas.

El porcentaje de emergencia de plántulas de *Leucaena leucocephala* varió de 3.5 a 47.5% y se consideraron las mejores fechas de siembra las que presentaron alrededor de un 40% o más; siendo estas las de octubre y noviembre del primer año y las de agosto y septiembre del segundo año. La emergencia de plántulas de esta especie mostró una relación positiva y significativa con la precipitación y se mantuvo durante el período de estudio (*vid., infra.*, Cuadro N° 1 y Figura N° 4).

En *Cassia emarginata* el porcentaje de emergencia de plántulas varió de 1.2 a 43.6%, se consideran las mejores fechas de siembra las de un porcentaje cercanas al 40%; siendo septiembre en el primer año y los meses de agosto y septiembre en el segundo. El porcentaje de emergencia de plántulas de esta especie presentó una relación significativa y positiva con la precipitación. Por los resultados obtenidos, se puede considerar que la emergencia de plántulas se mantuvo durante el período de estudio (*vid., infra.*, Cuadro N° 1 y Figura N° 4).

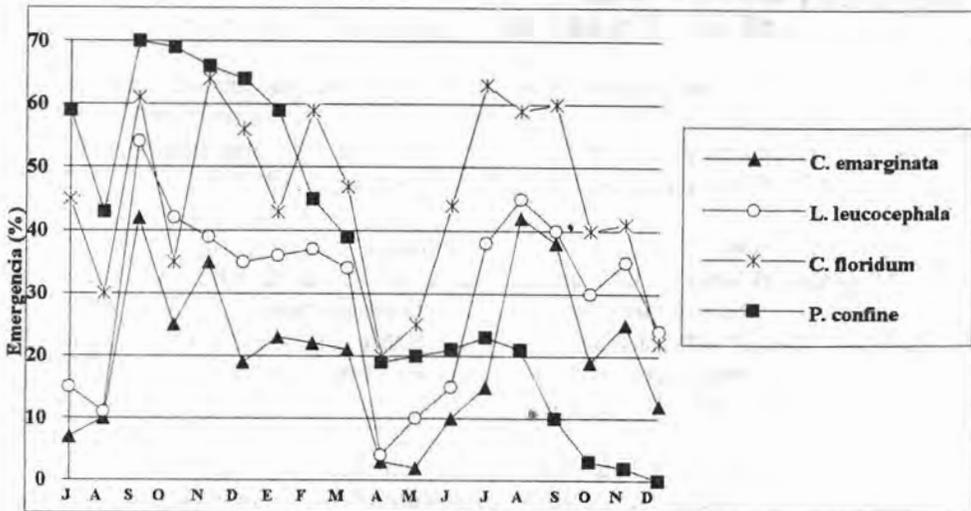


Figura N° 4. Emergencia de plántulas en vivero de cuatro especies forestales de Baja California Sur (julio de 1982 a diciembre de 1983).

MES	<i>Cercidium floridum</i>	<i>Leucaena leucocephala</i>	<i>Cassia emarginata</i>	<i>Pithecellobium confine</i>
Julio	45.5 ABCDE	15.2 DEF	7.3 FG	58.8 ABCD
Agosto	31.0 CDE	12.1 EF	10.2 EFG	44.1 CDE
Septiembre	62.5 A	33.8 ABC	43.1 AB	70.7 A
Octubre	35.6 BCDE	43.0 AB	25.5 BCDE	69.3 A
Noviembre	63.5 A	39.2 ABC	35.2 ABCD	65.1 AB
Diciembre	55.8 ABC	35.7 ABC	17.7 DEFG	64.5 ABC
Enero	43.1 ABCDE	36.2 ABC	24.5 CDEF	58.3 ABCD
Febrero	59.1 AB	37.0 ABC	23.5 CDEF	44.8 BCD
Marzo	47.5 ABCD	33.6 ABC	23.3 CDEF	39.3 DEF
Abril	20.5 E	3.5 F	2.2 G	18.7 GHI
Mayo	25.5 DE	8.2 F	1.2 G	20.0 FGHI
Junio	45.6 ABCDE	14.6 DEF	8.5 EFG	19.6 FGHI
Julio	64.0 A	37.8 ABC	15.2 EFG	23.8 EFG
Agosto	59.5 AB	47.5 A	43.6 A	20.7 FGH
Septiembre	59.2 AB	39.7 ABC	36.7 ABC	10.7 GHI
Octubre	40.3 ABCDE	29.0 BCD	17.8 DEFG	2.7 HI
Noviembre	40.3 ABCDE	33.3 ABC	26.2 ABCDE	1.3 HI
Diciembre	22.8 DE	24.5 CDE	10.7 EFG	0.0 I
CV*	18.86%	17.91%	29.04%	19.48%

Medias con diferente literal son estadísticamente diferentes ($P < 0.01$).

*Coeficiente de Variación.

Cuadro N° 1. Porcentaje de emergencia de plántulas en vivero de 4 especies forestales en diferentes fechas de siembra (julio de 1982 a diciembre de 1983).

En el Cuadro N° 2, se presenta el porcentaje de emergencia de plántulas promedio de *Albizzia occidentalis*, *Stegnosperma halimifolium*, *Lysilorna candida* y *Acacia occidentalis*, el análisis estadístico mostró una diferencia altamente significativa entre tratamientos ($P < 0.01$) con coeficientes de variación de 21.31 a 45.69%.

En este grupo, *Pithecellobium confine* presentó un porcentaje de emergencia de plántulas mayor al resto de las especies citadas; este varió de 0.0 a 70.7% y como mejores fechas se consideraron las que presentaron porcentajes de emergencia de plántulas mayores al 64%, siendo estas de septiembre a diciembre sólo en el primer año; ya que fue la única especie de este grupo en la que disminuyó su emergencia. (*vid., infra.*, Cuadro N° 1 y Figura N° 4).

El porcentaje de emergencia de plántulas en *Albizzia occidentalis* varió de 17 a 62% y se consideraron las mejores fechas las que presentaron cerca de un 60%, que fueron las de octubre a diciembre del primer año. En esta especie, el porcentaje de emergencia de plántulas fue disminuyendo a través del tiempo (*vid., infra.*, Figura N° 5).

En *Stegnosperma halimifolium* el porcentaje de emergencia de plántulas varió de 1.1 a 54%, las mejores épocas de siembra para esta especie fueron en los meses de noviembre y diciembre del primer año y en el mes de enero en el segundo. Después de estas fechas la emergencia de plántulas tiende a disminuir (*vid., infra.*, Cuadro N° 2 y Figura N° 5).

El porcentaje de emergencia de plántulas en *Lysiloma candida* varió de 0.0 a 75.7%, el mayor porcentaje lo presentó en los meses de agosto y septiembre hasta el segundo año, sin embargo, en el mes de octubre este porcentaje fue alto con respecto al resto de los meses (*vid., infra.*, Cuadro N° 2). En general la emergencia de plántulas fue bastante baja y nula antes y después de estas fechas (*vid., infra.*, Figura N° 5).

MES	<i>Albizzia occidentalis</i>	<i>Stegnosperma halimifolium</i>	<i>Lysiloma candida</i>	<i>Acacia occidentalis</i>
Julio	43.8 ABCD	6.5 FGH	8.3 C	31.6 A
Agosto	32.0 BCD	2.0 H	2.6 C	18.8 BC
Septiembre	44.3 ABCD	21.2 DEFG	3.3 C	28.5 AB
Octubre	60.8 A	32.8 BCD	1.2 C	25.2 AB
Noviembre	62.0 A	49.7 AB	1.1 C	35.0 A
Diciembre	58.6 AB	42.0 ABC	1.1 C	25.6 AB
Enero	53.1 AB	54.0 A	0.6 C	34.5 A
Febrero	46.0 ABC	31.3 BCDE	0.0 C	19.7 BC
Marzo	51.1 AB	27.3 CDE	0.0 G	20.2 B
Abril	17.0 D	1.7 H	0.0 C	6.1 D
Mayo	19.7 CD	1.1 H	0.0 C	5.0 D
Junio	45.6 ABC	13.3 EFGH	0.0 C	8.6 CD
Julio	52.0 AB	23.2 DEF	0.0 C	6.5 D
Agosto	50.1 AB	18.1 DEFGH	69.2 AB	6.5 D
Septiembre	47.2 ABC	33.5 BCD	75.7 A	3.3 D
Octubre	31.1 BCD	27.7 CDE	56.0 B	1.6 D
Noviembre	38.2 ABCD	13.7 EFGH	15.6 C	3.5 D
Diciembre	30.8 BCD	2.8 GH	0.0 C	2.6 D
CV*	21.31%	27.92%	45.69%	24.11%

Medias con diferente literal son estadísticamente diferentes ($P < 0.01$).

*Coeficiente de Variación.

Cuadro N° 2. Porcentaje de emergencia de plántulas en vivero de 4 especies forestales en diferentes fechas de siembra (julio de 1982 a diciembre de 1983).

En *Acacia occidentalis* el porcentaje de emergencia de plántulas varió de 1.6 a 35%; siendo las mejores fechas de siembra las del mes de noviembre del primer año y enero en el segundo, con un porcentaje de emergencia de alrededor de un 35%. Después de esta fecha, las semillas de esta especie comenzaron a perder su poder germinativo.

El porcentaje de emergencia de plántulas de *Cercidium microphyllum*, *Cercidium praecox*, *Acacia farnesiana* y *Atriplex barclayana* de agosto de 1984 a agosto de 1985 se aprecia en el Cuadro N° 3.

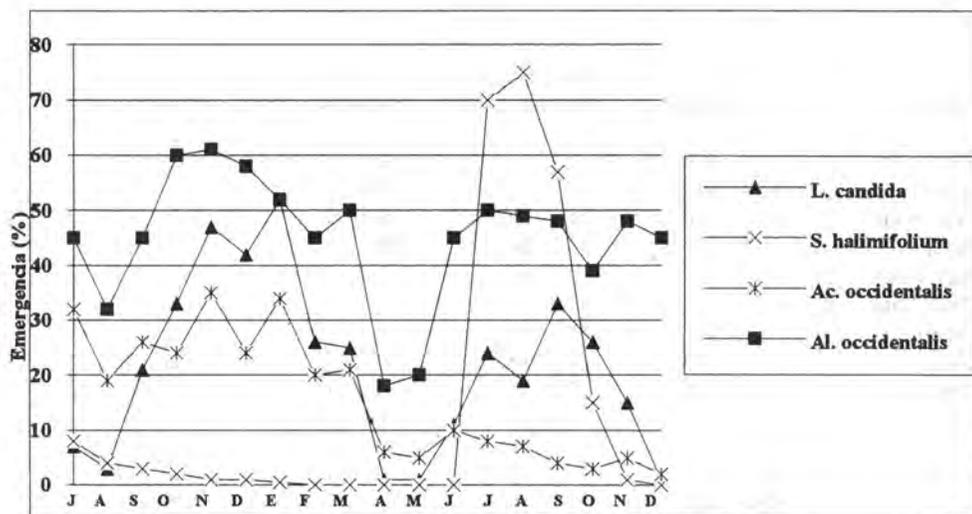


Figura N° 5. Emergencia de plántulas en vivero de cuatro especies forestales de Baja California Sur (julio de 1982 a diciembre de 1983).

El análisis estadístico arroja una diferencia altamente significativa entre tratamientos (meses) con Coeficientes de Variación (CV) de 25.68 a 153.42%.

El porcentaje de emergencia de plántulas de *Cercidium microphyllum* varió de 4.3 a 68.7%, los más altos porcentajes se obtuvieron en los meses de agosto y septiembre del primer año (*vid., infra.*, Cuadro N° 3) Después de estas fechas las semillas comenzaron a perder viabilidad (*vid., infra.*, Figura N° 6) hasta llegar a casi un 10% de emergencia de plántulas al transcurrir un año de ser colectadas.

Cercidium praecox presentó bajos porcentajes de emergencia de plántulas y variaron de 1.5 a 14.7%; los más altos porcentajes se registraron en los meses de agosto, septiembre y diciembre del primer año. Después de estas fechas las semillas de la especie tuvieron la tendencia a perder su poder germinativo (*vid., infra.*, Figura N° 6); la emergencia de plántulas de esta especie mostró una estrecha relación con la precipitación ocurrida durante el período de estudio.

Acacia farnesiana también presentó bajos porcentajes de emergencia de plántulas y variaron de 2.3 a 26.7%, el mayor porcentaje lo alcanzó en el mes de julio del segundo año (*vid., infra.*, Cuadro N° 3 y Figura N° 6); es decir, un año después de haber colectado la semilla.

En *Atriplex barclayana* la emergencia de plántulas fue nula en la mayoría de los meses, en el mes de enero fue de 1.1%. Este comportamiento de bajos porcentajes de emergencia de plántulas ha sido observado en esta y otras especies del mismo género, sólo si se presentan lluvias invernales.

MES	<i>Cercidium microphyllum</i>	<i>Cercidium praecox</i>	<i>Acacia farnesiana</i>	<i>Atriplex barclayana</i>
Agosto	68.7 A	12.7 AB	9.7 BCD	0.0 B
Septiembre	65.7 A	14.7 A	12.7 BC	0.0 B
Octubre	37.3 B	8.3 ABC	7.6 CD	0.0 B
Noviembre	10.6 D	7.3 BCD	9.1 BCD	0.0 B
Diciembre	33.8 BC	12.5 AB	17.6 B	0.0 B
Enero	14.0 CD	8.3 ABC	14.6 BC	1.1 A
Febrero	13.0 CD	5.2 CD	13.7 BC	0.0 B
Marzo	22.2 BCD	3.1 CD	10.1 BCD	0.0 B
Abril	32.1 BC	4.6 CD	7.2 CD	0.0 B
Mayo	20.3 BCD	2.6 CD	12.5 BC	0.0 B
Junio	15.6 CD	1.7 D	9.2 BCD	0.0 B
Julio	8.7 D	2.7 CD	26.7 A	0.0 B
Agosto	4.3 D	1.5 D	2.3 D	0.0 B
CV*	26.74%	33.58%	25.68%	153.42%

Media con diferente literal son estadísticamente diferentes ($P < 0.01$).

*Coeficiente de Variación.

Cuadro N° 3. Porcentaje de emergencia de plántulas en vivero de 4 especies forestales en diferentes fechas de siembra (agosto de 1984 a agosto de 1985).

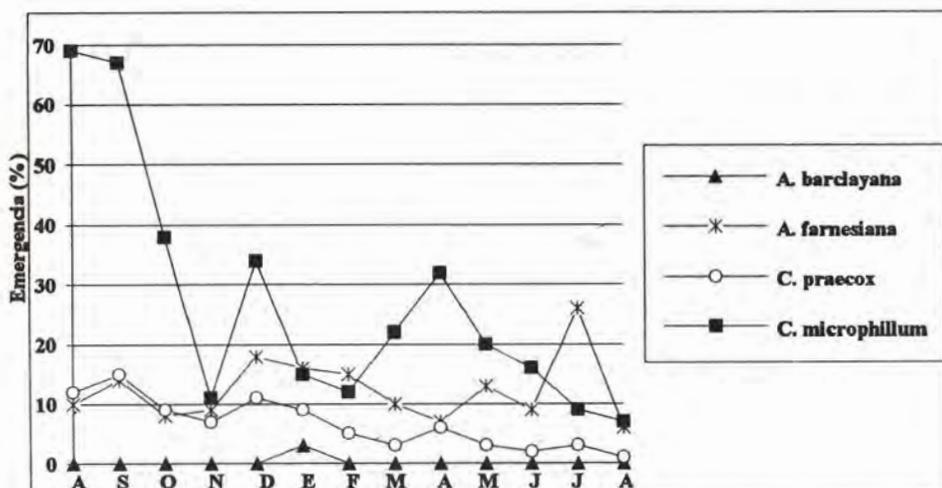


Figura N° 6. Emergencia de plántulas en vivero de cuatro especies forestales de Baja California Sur (agosto de 1984 a agosto de 1985).

DISCUSIÓN

En general el porcentaje de emergencia de plántulas en la mayoría de las especies fue bajo; ya que en muchas especies de leguminosas y quenopodiaceas las semillas presentan testas duras e impermeables; por ello se recomienda la escarificación o remojo de las semillas antes de la siembra (Daniel *et al.*, 1982¹⁵; Patiño *et al.*, *op. cit.* y Camacho, 1987¹⁶, *Cfr.* Ciencia Forestal N° 62).

El agua es uno de los factores del ambiente que afecta la germinación de las semillas y es el agente que mas influencia tiene sobre la proporción de semillas impermeables de un lote. Su efecto se manifiesta en los lotes almacenados, en los que el contenido de humedad de la semilla es bajo si el ambiente es seco, esto origina que las células del macroesclerenquima se compacten y generen presiones para el cierre de fisuras. Sin embargo, en los meses lluviosos la proporción de semillas con dormición física es

¹⁵ Daniel, W. T.; U. E., Helms y F. S., Baker. 1982. Principios de silvicultura.

¹⁶ Camacho M., F. 1987. Emergencia de plántulas de semillas de palo dulce (*Eysenhardtia polystachya*) (Ortega) Sarg. en siembras densas. Rev. Ciencia Forestal, N° 62 (12). pp.3-13.

menor; quizás debido a la entrada de humedad en las semillas, que reduce la compactación de su testa (Camacho, 1994)¹⁷. Esto explica porque la emergencia de plántulas se incrementó en los meses de mayor humedad.

Por otra parte, para que la germinación ocurra se requiere también que la temperatura sea la adecuada y en general la germinación es mayor cuando la temperatura fluctúa y no permanece constante; el efecto de estas fluctuaciones origina fisuras en la testa de las semillas y hacen que pierda su impermeabilidad y se ha determinado que para la mayoría de las especies la temperatura óptima debe fluctuar entre los 20 y 35° C. En esta localidad (Campo Experimental Todos Santos) las temperaturas no son extremosas (*vid., infra.*, Figuras N° 2 y 3), de ahí que el mayor porcentaje de emergencia de plántulas en la mayoría de las especies se presentó tanto en los meses calurosos como fríos.

El comportamiento en *Lysiloma candida* y *Acacia farnesiana* fue similar, ya que ambas especies presentaron sus más altos porcentajes de emergencia de plántulas al segundo año de estudio; lo anterior hace suponer que las semillas de estas especies mantienen su impermeabilidad; ya que se considera que la perforación manual de las semillas de *A. farnesiana*, es la única forma que existe para aprovechar al máximo su capacidad germinativa (Camacho, *op. cit.*).

Es necesario mencionar que se recomienda realizar las pruebas de germinación en cámaras germinadoras en donde se controla la temperatura, luz y humedad; estas proporcionan estimaciones reales de la capacidad germinativa de las semillas. Se considera también, que la germinación está completa cuando la plántula cuenta con suficiente superficie fotosintética para satisfacer sus necesidades de carbohidratos (Daniel *et al.*, *op. cit.*).

Esta suposición explica también porque la mayoría de las especies presentaron bajos porcentajes de emergencia; ya que estos requieren de un mayor crecimiento que la germinación para ser reconocidos y por consecuencia generalmente los porcentajes de emergencia son menores que los porcentajes de germinación (McDonough, 1977)¹⁸.

¹⁷ Camacho M., F. 1994. Dormición de semillas. Causas y tratamientos.

¹⁸ McDonough, W. T. 1977. *Seed physiology.* pp. 155-184.

CONCLUSIONES

Bajo las condiciones en las que se realizó el presente trabajo se concluyó lo siguiente:

La mejor época de siembra para *Cercidium floridum*, *Leucaena leucocephala* y *Cassia emarginata* fue en verano y al inicio de otoño; la emergencia de plántulas se mantuvo a los 2 años de haberse colectado las semillas.

En *Pithecellobium confine*, *Albizzia occidentalis*, *Stegnosperma halimifolium* y *Acacia occidentalis*, la mejor época de siembra fue en otoño y al inicio de invierno; la emergencia de plántulas disminuyó después de los 9 meses de colectadas las semillas.

La mejor época de siembra para *Cercidium microphyllum* y *Cercidium praecox* se observó a finales de verano, 2 meses después de colectadas las semillas y posteriormente se inició la disminución de la emergencia de plántulas.

Las semillas de *Lysiloma candida* y *Acacia farnesiana* presentaron el mayor grado de dormición física y las plántulas de estas especies emergieron en la época de verano, después de un año de haberse colectado las semillas.

La emergencia de plántulas en *Atriplex barclayana* fue muy baja y nula a lo largo de casi todo el período de estudio.

BIBLIOGRAFÍA

- Agredano H., F. 1983. Especies forrajeras nativas de Baja California Sur. *En: Publicación Especial N° 43. SARH-INIF. México. pp. 95-98.*
- Agredano H., F. 1988. Evaluación de tres densidades de población de *Atriplex barclayana* para producción de materia seca de forraje bajo cultivo de temporal y métodos de reproducción. Tesis Profesional. UAG. Guadalajara, Jal. México. 63 p.
- Álvarez F., F. S. 1984. Utilización de la *Leucaena* como forraje para la alimentación de bovinos en México. FIRA. Boletín Informativo N° 153 Vol. 16. México. 68 p.

- Camacho M., F. 1987. Emergencia de plántulas de semillas de palo dulce (*Eysenhardtia polystachya*) (Ortega) Sarg. en siembras densas. *En: SARH-INIFAP. Rev. Ciencia Forestal. México. N° 62 (12). pp. 3-13.*
- Camacho M., F. 1994. Dormición de semillas. Causas y tratamientos. Ed. TRILLAS. México.
- COTECOCA. 1975. Guía para la determinación de los coeficientes de agostadero en el estado de Baja California Sur. SAG. México.
- Daniel, W. T.; U. E., Helms y F. S., Baker. 1982. Principios de silvicultura. Mc. Graw Hill. México. 492 p.
- García E. 1981. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Ed. Larios. México.
- González V., C. E. 1979. Prácticas silvícolas en la conservación de recursos forestales. *En: Publicación Especial N° 14. SARH-INIF. México. pp. 55-60.*
- McDonough, W. T. 1977. Seed physiology. *In: Sosebee, E.R.(ed.). Rangeland plant physiology. Range Science Series. Vol.4. Society for Range Management. USA. pp. 155-184.*
- Ordorica V., M. E. 1980. Algunas plantas medicinales del Municipio de La Paz, B.C.S. *En: Publicación Especial N° 31. SARH-INIF. México. pp. 158-162.*
- Parra H., H. 1986. Utilización de especies nativas e introducidas para la arboricultura urbana y suburbana. *En: Avances de la investigación en el Estado de Baja California Sur. CIFNO-INIFAP-SARH. La Paz, B.C.S. México. pp. 108-122.*
- Patiño V., F.; P. de la Garza; Y. Villagómez; I. Talavera A. y F. Camacho M. 1983. Guía para la recolección y manejo de semillas de especies forestales. Boletín Divulgativo N° 63. SARH-INIF. México. 181 p.
- Patiño V., F. y L. Vela G. 1981. Criterios para el establecimiento de plantaciones forestales por área ecológica. *En: Publicación Especial N° 33. SARH-INIF. México. pp. 101-144.*

- Patiño V., F. y Y. Villagómez A. 1976. Los análisis de semillas y su utilización en la propagación de especies forestales. Boletín Divulgativo N° 40. SAG-INIF. México. 26 p.
- Piña P., F. 1993. Catálogo de plantas útiles de Baja California Sur. Folleto Técnico N° 2. SARH-INIFAP. CIRNO. Campo Experimental "Todos Santos". La Paz, B.C.S. México. 51 p.
- Shreve, F. and I. L. Wiggins. 1964. Vegetation and flora of the Sonoran Desert. Vol. 1. Stanford University Press. USA. 840 P.
- Wiggins, I. L. 1980. Flora of Baja California. Stanford University Press. Stanford, Ca. USA.

RESPUESTA DE *Salicornia subterminalis* A CUATRO NIVELES DE HUMEDAD APROVECHABLE DEL SUELO IRRIGADA CON AGUA SALINA.

Meza Sánchez Rigoberto*

RESUMEN

La salinización de las tierras de cultivo y la escasez de agua y forraje son problemas del sector agropecuario en el estado de Baja California Sur (B.C.S.), México. Por ello, las plantas forrajeras que puedan desarrollarse en estos medios son de gran importancia para la solución de estos problemas. La *Salicornia* es una planta halófila arbustiva que se desarrolla en algunas áreas costeras del estado y puede ser incorporada a la gama de especies que el ganado consume. El objetivo del presente estudio fue determinar el nivel de humedad en el suelo para el establecimiento, crecimiento y producción de materia seca de *Salicornia subterminalis* irrigada con agua salina. El experimento se estableció en la costa de la bahía de la ciudad de La Paz, B.C.S., en 1989, bajo un diseño experimental completamente al azar; los tratamientos consistieron en la aplicación de riegos con agua salina (C.E. 10.2 mmhos/cm) cuando existiera una humedad aprovechable del suelo de 10, 25, 40 y 55%. Se evaluó la sobrevivencia, altura, cobertura aérea, producción de materia seca y la eficiencia en el uso del agua (EUA) de las plantas en dos cortes realizados en 1990 y 1991. Los tratamientos no afectaron significativamente las variables citadas ($P \leq 0.05$). En promedio, la producción de materia seca en cada corte fue de 4.724 Ton/Ha y 7.404 Ton/Ha en plantas con una altura de 41.46 cm y 48.44 cm y una cobertura aérea de 0.730 m² y 0.873 m², la EUA fue de 0.797 Kg ms/m³ de agua y de 1.271 Kg ms/m³ de agua aplicada respectivamente. Para el crecimiento y producción de esta especie es suficiente una lámina anual de 58.0 cm, con riegos de 7.0 cm cuando exista un 10% de humedad aprovechable en el suelo.

Palabras Clave: *Salicornia subterminalis*, humedad aprovechable, riegos, agua salina, halófitas.

* Maestro en Ciencias, Investigador del Campo Experimental Todos Santos, CIR-Noroeste, INIFAP, SAGAR.

ABSTRACT

Cropland salination and water and forage shortage are agricultural problems in the Mexican state of Baja California Sur; thus, forage plants that can grow in this environment are important. *Salicornia* is a halophyte shrub of some coastal areas of the state and might be considered into the group of species that cattle take. The objective of this study was to determine the soil moisture for the establishment, growth and production of dry matter of *Salicornia subterminalis* irrigated with salt water. The experiment was made during 1989 at the bay coast of the city of La Paz in Baja California Sur, following a completely randomized experimental design. Treatments consist of the salt water irrigation (E. C. 10.2 mmhos/cm) when the available soil humidity was 10, 25, 40 and 55%. Survival rate, height, aerial cover, dry matter production and plant water use efficiency (WUE) were assessed by two harvestings made in 1990 and 1991. Treatments did not affect significantly the parameters stated above ($P \leq 0.5$). Average dry matter production in each harvest was 4.724 Ton/Ha and 7.404 Ton/Ha for each year of *Salicornia* plants, with average heights of 41.46 cm and 48.44 cm, average aerial covers of 0.730 m² and 0.873 m², and WUE 0.797 Kg ms/m³ and 1.271 Kg ms/m³ of water respectively. In order to achieve growth and production of this specie, an annual 0.58 m water table with 0.07 m irrigations is recommended when available soil humidity is 10%.

Key words: *Salicornia subterminalis*, available soil humidity, irrigations, saline water, halophytes.

INTRODUCCIÓN

La salinización de las tierras de cultivo es uno de los principales problemas para la producción de alimentos a nivel mundial; la elevada concentración de sales solubles en el suelo, origina altas presiones osmóticas que afectan el desarrollo de las plantas. Por este motivo, han adquirido gran importancia las plantas que puedan desarrollarse en estos suelos; tanto para la producción de alimentos como para la producción de forraje.

La *Salicornia subterminalis* es una especie halófito, de crecimiento arbustivo, se distribuye en las zonas costeras del estado de Baja California Sur (B.C.S.) y puede ser considerada como una especie con potencial forrajero; debido a que en estas áreas es utilizada por el ganado doméstico. Por ello, se presenta como una alternativa para incorporarse a la gama de especies que el ganado consume, para la recuperación de suelos altamente salinos, así como para la utilización de aguas con problemas de salinidad.

Por ello se considera conveniente determinar los requerimientos hídricos de esta especie, con el fin de obtener un buen establecimiento, crecimiento y producción al ser irrigada con agua salina. Por lo anterior, el objetivo del trabajo fue determinar el nivel óptimo de humedad en el suelo para el establecimiento, crecimiento y producción de *S. subterminalis* irrigada con agua salina.

REVISIÓN DE LITERATURA

El agua es el factor ecológico que determina la distribución de la vegetación debido a su importancia en la fisiología de las plantas. Su disponibilidad o escasez afecta los procesos bioquímicos, y fisiológicos en las plantas y en muchos de los casos altera su anatomía y morfología; como resultado, se afectan las tasas relativas del crecimiento (Brown, 1977¹ y Goodin, 1977²).

La mayoría de las plantas tienen un alto grado de eficiencia en la adquisición del agua del suelo si el nivel de humedad es alto. Al bajar este nivel, aumenta la tensión de la humedad del suelo y llega el momento en que la planta no puede extraer la suficiente humedad para su óptimo desarrollo; ésta comienza a marchitarse y el crecimiento se retarda o cesa por completo. Cuando se restablece el nivel de humedad por medio del riego, hay algunos cultivos que siguen su desarrollo, sin embargo, en otros los daños son permanentes (SCS, 1980)³.

Otro de los factores que se debe considerar al respecto, es la calidad del agua de riego. La salinidad excesiva es perjudicial para los cultivos, ya que la alta presión osmótica resultante puede obstaculizar la admisión del agua por las plantas y con ello se reduce el crecimiento; además del efecto tóxico de las mismas sales (Winter, 1981)⁴.

El empleo de aguas para riego con conductividad eléctrica mayor de 2,250 micromhos/cm es una excepción y raras veces se obtienen buenos resultados; solo los cultivos más tolerantes a las sales se pueden desarrollar bien cuando se irrigan con

¹ Brown, W. R. 1977. Water relations of range plants. In: Sosebee, E.R. (ed) Rangeland plant physiology. Range Science Series. N° 4. USA. pp. 97-140.

² Goodin, R. J. 1977. Salinity effects on range plants. In: Sosebee, E.R. (ed) Rangeland plant physiology. Range Science Series. N° 4. USA. pp.141-153.

³ S.C.S. 1980. Relación entre suelo-planta-agua. Servicio de Conservación de Suelos. USDA. Manual de Ingeniería de Suelos. Sección 15. Riego. 1ª edición, 6ª imp. Ed. DIANA. México. 99 p.

⁴ Winter, E. J. 1981. El agua, el suelo y la planta. 1ª edición, 3ª imp. Ed. DIANA. México. 232 p.

estas aguas, siempre y cuando se aplique en abundancia y el drenaje del subsuelo sea adecuado (Richards, 1973)⁵.

Sin embargo, existe un buen número de plantas que en condiciones naturales se desarrollan en estos medios y se les conoce como halófitas; estas plantas tienen una trayectoria metabólica muy diferente a las plantas que han evolucionado en ambientes de agua dulce. Sólo necesitan de una tercera o cuarta parte del agua que otras plantas y son capaces de procesar grandes cantidades de sal para obtenerla, además son resistentes a las altas temperaturas (ERL, 1987)⁶.

La importancia de algunas de estas plantas para el ganado se debe a su tamaño, sabor salino agradable, hábito siempre verde, alta disponibilidad de hojas y tallos comestibles, algunas semillas altamente palatables y sobre todo por su contenido nutricional (Selwyn, 1972 *cit. pos.* González, 1983)⁷, además de actuar como estabilizadores de suelos y proporcionar alimento y protección a la fauna silvestre.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del área de estudio.

Localización. La producción de planta se realizó en el vivero del Campo Experimental Todos Santos, ubicado a 5.0 Km al sur de Todos Santos, B.C.S., en las coordenadas 23 ° 23' de latitud norte y 110° 09' de longitud oeste.

La plantación se estableció en el área experimental del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNO), ubicado en el área costera de la bahía de la ciudad de La Paz, B.C.S. localizado a los 24° 08' de latitud norte y 110° 26' de longitud oeste.

Clima. Las condiciones climáticas durante el periodo de estudio registradas en la estación N° 90 de la ciudad de La Paz, localizada a los 24° 08' 05" de latitud norte y a los 110° 20' 10" de longitud oeste, a 16 msnm se muestran en la Figura N° 1. La temperatura media máxima mensual registrada fue de 34.05°C, la temperatura media

⁵ Richards, L. A. 1973. *Diagnóstico y rehabilitación de suelos salinos y sódicos*. USDA. 6ª edición. Ed. LIMUSA, México. 172 p.

⁶ E.R.L. 1987. *Costas Desérticas. Una visión integrada de comunidad, productividad y sustentabilidad*. Laboratorio de Investigaciones del Medio Ambiente. Universidad de Arizona. Tucson, Arizona. EUA.

⁷ González A., E. 1983. Las halófitas como una fuente de alimento. En: *Publicación Especial N° 43*. INIF, SARH. México pp. 69-71.

mínima de 11.64°C; mientras que la precipitación media anual registrada fue de 154.7 mm y la evaporación anual fue de 2,162,13 mm.

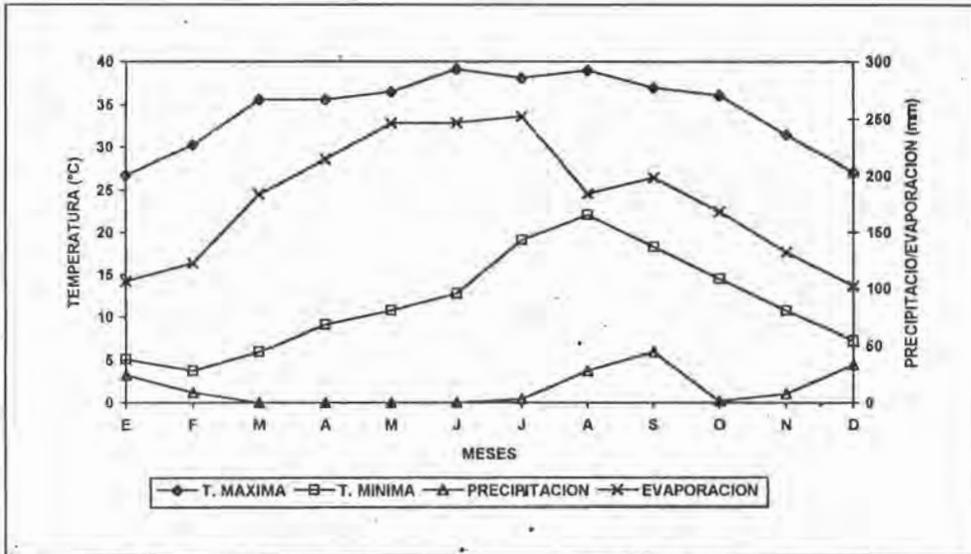


Figura N° 1. Condiciones climáticas en el área de La Paz, B.C.S., (1989-1991).

Suelo. El suelo en el sitio de plantación se clasifica como normal hasta los primeros 60 cm de profundidad y de los 60-120 cm es salino; la textura es de migajón-arenoso, el pH de mediano a moderadamente alcalino; alto en fósforo y potasio y bajo en nitrógeno y materia orgánica. La densidad aparente varía de 1.46 a 1.58 g/cm³, la capacidad de campo (CC) de 10.0 a 11.0 y el punto de marchitez permanente (PMP) de 5.4 a 5.9.

Métodos.

Producción de planta. La producción de planta se realizó asexualmente por medio de estacas; el medio de enraizamiento fue un suelo de textura media en envases de polietileno negro sin fondo de 10 X 18 cm, enterrando aproximadamente una tercera parte de cada estaca de 20 cm de longitud.

Plantación. La plantación se estableció el 28 de febrero de 1989; la preparación del

suelo se realizó con maquinaria e implementos agrícolas, realizando un paso de rastra, cruz y surcado. Se plantó en seco y de manera manual, enseguida se aplicó un riego de establecimiento y otro a los 15 días; 5 de los riegos posteriores se aplicaron cada mes.

Se establecieron 12 parcelas; con 4 surcos de 5.0 m de largo por parcela, utilizando 5 plantas por surco. La distancia entre surcos fue de 0.90 m y entre plantas de 1.0 m, esto representó una población de 11,111 individuos por hectárea. Como parcela útil se consideró a las 6 plantas centrales de cada parcela.

Diseño Experimental. El trabajo se estableció bajo un diseño completamente al azar, con cuatro tratamientos y tres repeticiones. Los tratamientos fueron cuatro niveles de humedad aprovechable (H.A.) del suelo en el perfil de 0-90 cm de profundidad y fueron: 10, 25, 40 y 55% H.A.

Cortes. Se realizaron dos cortes; el primero al año después de la plantación (febrero de 1990) y el segundo, un año después del primero (febrero de 1991); los cortes se realizaron a 20 cm sobre la superficie del suelo.

En cada corte se evaluó la altura y cobertura de las plantas, sobrevivencia, producción de materia seca y la eficiencia en el uso del agua al relacionar la producción de materia seca y el volumen de agua aplicado según Pasternak (1982)⁸. Cada variable se analizó estadísticamente ($P \leq 0.05$) de manera independiente para cada corte.

Riegos. Para definir el momento del riego en cada tratamiento, se realizaron muestreos de suelo cada semana en las capas de 0-30, 30-60 y 60-90 cm de profundidad; para la determinación del por ciento de humedad se utilizó el método gravimétrico, secando las muestras en un horno a 110°C durante 24 horas. Los riegos se aplicaron cuando la humedad aprovechable del suelo se encontró en los valores descritos para cada tratamiento (10, 25, 40 y 55% H.A.) aplicando una lámina para llevar a capacidad de campo al perfil de 0-90 cm de profundidad.

Inmediatamente después de cada corte y a los 15 días posteriores, se aplicó un riego general a toda la plantación; con el propósito de evitar el estrés hídrico y facilitar el rebrote de las plantas.

La extracción del agua de riego se realizó de un pozo a cielo abierto; para su conducción al sitio de la plantación se utilizó manguera hidráulica negra de 1.5 pulgadas de diámetro previa medición del gasto. El agua presentó una conductividad eléctrica de 10,200 micromhos/cm y una concentración de NaCl de 5,700 mg/litro.

⁸ Pasternak, D. 1982. Biosaline research in Israel: Alternative solutions to a limited fresh water supply. In: San Pietro, A. (ed.) Biosaline research. A look to the future. Plenum Press. USA. pp. 39-57.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Altura y cobertura aérea de las plantas.

En el Cuadro N° 1 y Figura N° 2 se presentan los promedios de la altura y cobertura aérea de las plantas para cada tratamiento y corte. El análisis de estas variables no mostró diferencia significativa entre los tratamientos ($P \leq 0.05$), obteniendo además bajos coeficientes de variación (C.V.).

TRATAMIENTOS	ALTURA (cm)		COBERTURA (cm ³)	
	1990	1991	1990	1991
10 % H.A.	39.77	52.05	0.713	0.950
25 % H.A.	42.63	47.72	0.852	0.931
40 % H.A.	42.05	48.30	0.624	0.819
55 % H.A.	41.37	45.71	0.732	0.792
MEDIA	41.46	48.44	0.730	0.873
C.V. (%)	9.44	4.76	25.92	21.86

Cuadro N° 1. Altura y cobertura aérea de *Salicornia subterminalis* en dos periodos de evaluación.

La altura promedio de las plantas al primer corte fue de 41.46 cm y al segundo se incrementó ligeramente a 48.44 cm. Estos resultados de bajo porte de las plantas, muy probablemente se deben a la alta succulencia que presenta esta especie, ya que debido a su edad tienen poco material de soporte lignificado, puesto que en condiciones naturales se han observado plantas de poco más de 1.0 m de altura.

La cobertura aérea de las plantas fue de 0.730 y 0.873 m² para cada corte. Respectivamente, esta superficie equivale a un 81.0% y un 97.0% del área disponible (0.9 m²) para cada planta en la plantación. Este incremento en la cobertura aérea de las plantas, se debe a que los primeros brotes crecen en dirección hacia la parte superior, siendo las plantas en sus inicios más altas que anchas. Sin embargo, conforme continúa el crecimiento y por el mismo efecto del corte, las plantas crecen más en cobertura aérea que en altura.

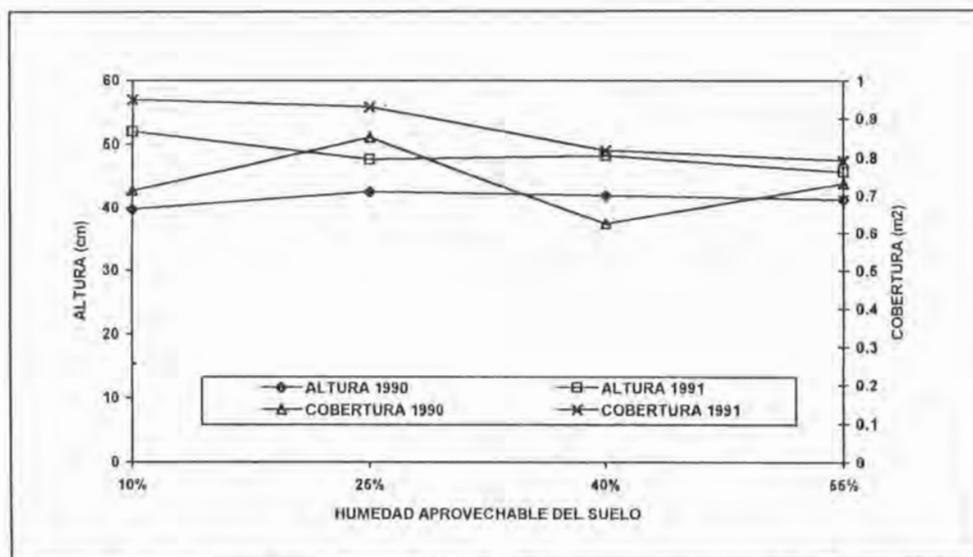


Figura N° 2. Altura y cobertura aérea de *Salicornia subterminalis* en diferentes condiciones de humedad en el suelo, en dos periodos de evaluación.

La cobertura aérea de las plantas fue de 0.730 y 0.873 m² para cada corte. Respectivamente, esta superficie equivale a un 81.0% y un 97.0% del área disponible (0.9 m²) para cada planta en la plantación. Este incremento en la cobertura aérea de las plantas, se debe a que los primeros brotes crecen en dirección hacia la parte superior, siendo las plantas en sus inicios más altas que anchas. Sin embargo, conforme continúa el crecimiento y por el mismo efecto del corte, las plantas crecen más en cobertura aérea que en altura.

Esto concuerda con otras observaciones en las que se menciona que al remover las yemas terminales, se rompe la dominancia apical; como consecuencia se activan las yemas laterales y se inicia la emisión de brotes (Holechek *et al.*, 1989⁹, Cabral, 1983¹⁰ y Roundy *et al.*, 1987¹¹).

⁹ Holechek, L. J., R. D. Pieper and C. H. Herbel. 1989. *Range management. Principles and practices*. Printice-Hall, Inc. USA. 501 p.

¹⁰ Cabral R., D. 1983. *Plant weight-density relationships on salt desert shrublands with differing range condition*. Thesis. Master of Science. Utah State University. Logan, Utah. USA. 72 p., Utah. USA. 72 p.

¹¹ Roundy, A. B., G. B. Ruyle, A. K. Dobrenz, V. Wilson and D. Floyd. 1987. Growth, nutrient and water status of jojoba (*Simmondsia chinensis*) in relations to livestock grazing. In: General Technical Report INT-222. USDA. Forest Service. USA. pp. 146-153.

Producción y eficiencia en el uso del agua

En el Cuadro N° 2 se presenta la producción de materia seca y la eficiencia en el uso del agua (EUA) de las plantas. El análisis de estas variables no mostró diferencia significativa entre tratamientos ($P \leq 0.05$) y se obtuvieron coeficientes de variación aceptables.

TRATAMIENTOS	M. S. (Ton/Ha ⁻¹)		EUA (Kg/ms/m ³ agua ⁻¹)	
	1990	1991	1990	1991
10 % H.A.	4.440	8.040	0.773	1.366
25 % H.A.	5.485	8.918	0.928	1.538
40 % H.A.	4.192	6.895	0.710	1.175
55 % H.A.	4.807	5.762	0.778	1.006
MEDIA	4.724	7.404	0.797	1.271
C.V. (%)	22.16	25.94	21.88	25.99

Cuadro N° 2. Producción de materia seca y eficiencia en el uso del agua de *Salicornia subterminalis* en dos periodos de evaluación.

En el primer corte la producción de materia seca varió de 4.192 Ton/Ha en el tratamiento de 40% H.A. a 5.485 Ton/Ha en el tratamiento de 25% H.A., con una media general de 4.724 Ton/Ha/año. Al segundo corte, la producción varió de 5.762 Ton/Ha en el tratamiento de 55% H.A. a 8.918 Ton/Ha para el tratamiento de 25% H.A. y una media general de 7.404 Ton/Ha/año; este incremento de la producción entre cortes es de casi un 57.0% (Figura N° 3).

En el segundo corte se observa un ligera diferencia de 2.27 y 3.15 Ton entre los tratamiento de menor humedad aprovechable en el suelo (10 y 25%) con relación al tratamiento de 55% H.A., sin embargo, esta diferencia no es significativa desde el punto de vista estadístico ($P \leq 0.05$).

Un comportamiento similar al de la producción, se observa en la eficiencia en el uso del agua por las plantas (Figura N° 3). Al primer corte, la EUA de las plantas fue de 0.797 Kg de ms/m³ de agua aplicado y al segundo corte se incrementó a 1.271 Kg de ms/m³ de agua; este incremento es de casi el 60.0% (Cuadro N° 2). En general, la

cantidad de agua para la producción de 1.0 Kg de materia seca fue de 1,254.7 litros para el primer corte; mientras que para el segundo corte disminuyó a 786.78 litros de agua.

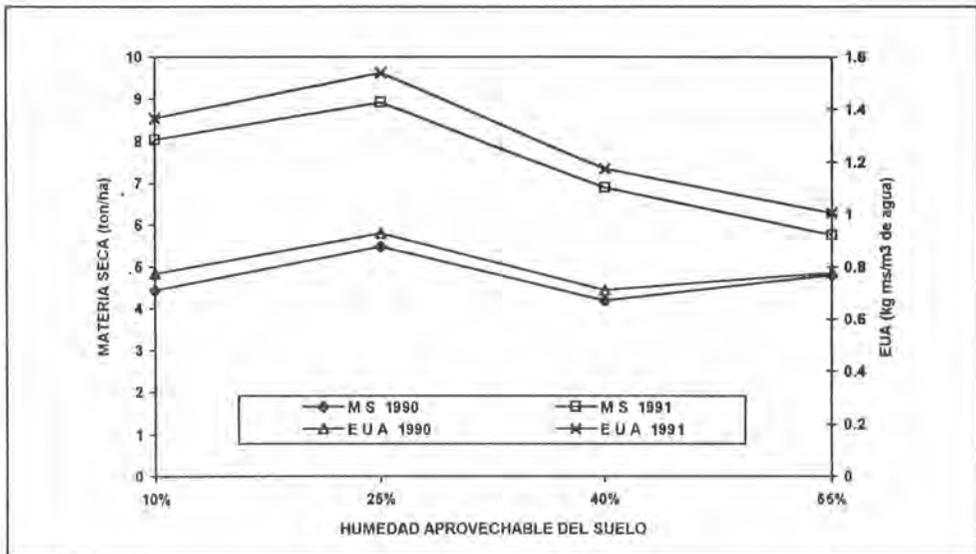


Figura N° 3. Producción de materia seca y eficiencia en el uso del agua de *Salicornia subterminalis* en diferentes condiciones de humedad en el suelo.

Estos incrementos entre cortes, tanto en la producción de materia seca como en la EUA, pueden ser debidos a que en el segundo corte, las plantas contaban con un sistema radical más desarrollado y eficiente para la adquisición de los recursos disponibles en el suelo con relación al de sus primeras etapas de crecimiento.

Sobrevivencia.

En el análisis de esta variable no se encontró diferencia significativa entre tratamientos ($P \leq 0.05$). Al primer corte, la sobrevivencia de las plantas varió de 88.8 a 100.0% con un promedio general de 97.2%; mientras que en el segundo corte disminuyó a un rango de 83.3 a 94.4%, con una media de 90.2%. Conviene mencionar que la mortandad de las plantas no se atribuye al efecto de los tratamientos o de los cortes; sino al ataque de tuzas.

Riegos y láminas aplicadas.

En el Cuadro N° 3 se presenta el número de riegos y láminas aplicadas en cada tratamiento, incluidos los de establecimiento y los aplicados al momento y después de realizar cada corte, en este cuadro no se aprecia una marcada diferencia en cuanto a las láminas de riego. Sin embargo, consistentemente se observa un menor número de riegos en el tratamiento de menor humedad aprovechable del suelo (10%) con relación al de 55% H.A., esto significa un menor costo para su aplicación.

TRATAMIENTOS	RIESGOS LÁMINA ¹ (cm)		RIESGOS LÁMINA ² + P (cm)	
	1990	1991	1990	1991
10 % H.A.	10	57.38	6	58.85
25 % H.A.	11	58.79	7	57.85
40 % H.A.	11	58.98	8	58.65
55 % H.A.	13	61.76	10	57.25

1. Febrero de 1989 a febrero de 1990. 2. Marzo de 1990 a febrero de 1991. P = Precipitación (19.25 cm)

Cuadro N° 3. Número de riegos y lámina aplicada a *Salicornia subterminalis* en los dos periodos de evaluación.

Los resultados obtenidos en el presente estudio indican que los tratamientos aplicados no tuvieron un efecto significativo sobre las plantas, ya que la *Salicornia subterminalis* presentó la misma respuesta a los diferentes niveles de humedad aprovechable del suelo al irrigarse con agua salina.

Por una parte, se debe a que este género es uno de los más resistentes a la salinidad y pueden incrementar la concentración de sales en sus vástagos, esto permite mayores potenciales osmóticos que ayudan al movimiento del agua del suelo a la planta. Estos potenciales pueden variar de 75 a 170 atmósferas para *Salicornia pacifica* var. *utahensis* (Weber, 1982)¹².

¹² Weber, J. D. 1982. Mechanism of salt tolerance in *Salicornia pacifica* var. *utahensis*. In: San Pietro, A. (ed.) Biosaline research. A look to the future. Plenum Press. USA. pp. 555-558.

CONCLUSIONES

En las condiciones de clima y suelo en las que se realizó el presente estudio se concluye lo siguiente:

- Los diferentes niveles de humedad aprovechable del suelo no afectaron el establecimiento, crecimiento, producción de materia seca y la eficiencia en el uso del agua de las plantas de *Salicornia subterminalis*.
- La humedad aprovechable en el suelo para la aplicación del riego puede ser del 10%, con láminas de agua salina de 7.0 cm en cada riego y una lámina total de 58.0 cm al año.
- La *Salicornia subterminalis* puede ser una alternativa para la producción de forraje, para la recuperación de suelos altamente salinos (salitres) y para la utilización de aguas con elevada concentración de sales.

BIBLIOGRAFÍA

- Cabral, R.D. 1983. Plant weight-density relationships on salt desert shrublands with differing range condition. Thesis. Master of Science. Utah State University, Logan, Utah. USA. 72 p.
- Brown, W.R. 1977. Water relations of range plants. *In*: Sosebee, E.R. (ed.) Rangeland plant physiology. Range Science Series. No.4. USA. pp. 97-140.
- E.R.L. 1987. Costas Desérticas. Una visión integrada de comunidad, productividad y sustentabilidad. Laboratorio de Investigaciones del Medio Ambiente. Universidad de Arizona. Tucson, Arizona. EUA.
- Goodin, R.J. 1977. Salinity effects on range plants. *In*: Sosebee, E.R. (ed.) Rangeland plant physiology. Range Science Series. No.4. USA. pp. 141-153.
- González A.,E. 1983. Las halófitas como una fuente de alimento. *En*: Publicación Especial No.43. SARH.SF.INIF. México. pp. 69-71.

- Holechek, L.J., R.D. Pieper and C.H. Herbel. 1989. Range management. Principles and practices. Prentice-Hall, Inc. USA. 501 p.
- Pasternak, D. 1982. Biosaline research in Israel: Alternative solutions to a limited fresh water supply. *In*: San Pietro, A. (ed.) Biosaline research. A look to the future. Plenum Press. USA. pp. 39-57.
- Richards, L.A. 1973. Diagnóstico y rehabilitación de suelos salinos y sódicos. USDA. 6ª edición. Ed. LIMUSA. México. 172 p.
- Roundy, A.B., G.B. Ruyle, A.K. Dobrenz, V. Wilson and D. Floyd. 1987. Growth, nutrient and water status of jojoba (*Simmondsia chinensis*) in relation to livestock grazing. *In*: General Technical Report INT-222. USDA. Forest Service. USA. pp. 146-153.
- S.C.S. 1980. Relación entre suelo-planta-agua. Servicio de Conservación de Suelos. USDA. Manual de Ingeniería de Suelos. Sección 15. Riego. 1ª edición, 6ª impresión. Ed. DIANA. México. 99 p.
- Weber, J.D. 1982. Mechanism of salt tolerance in *Salicornia pacifica* var. *uthaensis*. *In*: San Pietro, A. (ed.) Biosaline research. A look to the future. Plenum Press. USA. pp. 555-558.
- Winter, E.J. 1981. El agua el suelo y la planta. 1ª edición, 3ª impresión. Ed. DIANA. México. 232 p.

LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA EN LA ADMINISTRACIÓN DE RECURSOS NATURALES: RECOMENDACIONES DE LAS EXPERIENCIAS DEL INIFAP

Moreno Sánchez Rafael*
Moreno Sánchez Francisco**

RESUMEN

El presente artículo tiene como objetivo presentar los conceptos básicos sobre los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y las recomendaciones que se pueden derivar de algunas de las experiencias del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (INIFAP) con estos sistemas. Se indican las precauciones principales que se deben de tener en la selección y establecimiento de un SIG. Finalmente, se enumeran algunas perspectivas para el futuro de estos sistemas en México.

Palabras clave: Sistemas de Información Geográfica.

ABSTRACT

The purpose of this article is to present the basic concepts of Geographic Information Systems (GIS), and the recommendations derived from the Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (INIFAP), experiences with these systems. The main precautions that must be taken in the selection and establishment of these

* PhD., ex-Investigador del Centro de Investigación Disciplinaria en Conservación y Mejoramiento de Ecosistemas Forestales, Coyoacán, D.F., INIFAP, SAGAR.

** Ingeniero, Investigador del Centro de Investigación de la Región Centro, Toluca, México, INIFAP, SAGAR.

systems are presented. Finally, perspectives for the future of these systems in Mexico are outlined.

Key words: Geographic Information Systems.

INTRODUCCIÓN

En las dos décadas pasadas y actualmente en nuestro país, ha surgido una mayor necesidad de identificar y considerar varios factores en el espacio y el tiempo en forma simultánea, para el análisis y solución de problemas en la administración de los recursos naturales. La tecnología de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) ofrece un importante medio crítico para entender y enfrentar algunos de los problemas más apremiantes de nuestros tiempos: la deforestación de áreas tropicales, el futuro del clima mundial, la necesidad de desarrollo con conciencia ecológica de los recursos naturales, el efecto de la contaminación atmosférica y la rápida urbanización, sólo por mencionar algunos (Dangermond, 1989)¹.

La tecnología de los SIG tuvo su inicio en la década de los sesentas. Durante la siguiente década sus aplicaciones se diversificaron y se avanzó significativamente en su tecnología, hasta alcanzar ambas su madurez en la década de los ochentas. En la década actual ya no se cuestiona el uso de los SIG, sino como pueden ser empleados de la manera más eficiente (Frank *et al.*, 1991)².

Desde mediados del año de 1991, el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (INIFAP), ha realizado investigaciones a nivel nacional con la aplicación y uso de los SIG. Los Estudios de Potencial Productivo de Especies Vegetales y posteriormente el proyecto de investigación 618, denominado Enriquecimiento y Uso de la Base de Datos Geográfica del INIFAP, que se desarrolla actualmente en el Centro de Investigación Disciplinaria en Conservación y Mejoramiento de Ecosistemas Forestales (CENID-COMEF), han generado resultados para apoyar la toma de decisiones en la planeación del uso del suelo. Actualmente dentro del INIFAP, se realizan diversos esfuerzos a nivel regional, lo que refleja la propagación del uso de esta tecnología dentro del Instituto.

¹ Dangermond, J. 1989. Foreword for the book: *Geographic information systems: A management perspective by Stan Aronoff*.

² Frank, A.U.; M.J. Egenhofer and W. Khun. 1991. A perspective on GIS technology in the nineties. 57(11):1431-1436.

El objetivo de este artículo es presentar los conceptos básicos de los SIG y como han sido usados dentro del INIFAP. Derivadas de estas experiencias, señalar algunas de las precauciones que se deben de tomar al seleccionar y establecer un SIG y finalmente, mencionar algunas perspectivas para el uso de estos sistemas en el futuro.

¿Qué es un Sistema de Información Geográfica?

La función de los sistemas de información es mejorar la habilidad de las personas para tomar decisiones. Un sistema de información, integra la serie de operaciones que van desde planear la observación y colección de datos, el almacenamiento y análisis de los mismos, hasta el uso de la información derivada en algún proceso de decisión (Calkins y Tomlinson, 1977)³.

Un SIG, es un sistema de información que está diseñado para trabajar con datos que están referenciados a coordenadas espaciales o geográficas (Star y Estes, 1989)⁴. En otras palabras, un SIG es un sistema con capacidades específicas para realizar operaciones de captura, almacenaje, manejo, análisis y presentación de datos espacialmente referenciados.

Los SIG, son una revolución en la estructura, contenido y uso de la cartografía. Los puntos, líneas y áreas de los mapas elaborados sobre papel, están representados por números, en el caso de un SIG, estos números representan coordenadas y atributos de los objetos. Dada esta nueva estructura, es posible dar un manejo a los mapas que no es factible cuando se encuentran en papel, por ejemplo: hacer operaciones matemáticas y algebraicas con mapas (Berry, 1988)⁵.

También los SIG son una herramienta para crear y actualizar mapas, se puede efectuar esta operación con gran facilidad y velocidad. Para su actualización, basta con cambiar la información en la base de datos del SIG e imprimirlos en un graficador. Estos y otros procesos de actualización que podían tomar días y meses se pueden llevar a cabo en minutos. En un SIG se pueden crear nuevos mapas con partes o combinaciones de los mapas e información contenida en la base de datos (Berry, 1989a)⁶.

Los SIG aportan tecnología para combinar e interpretar mapas. Se pueden combinar

³ Calkins, H.W. and R.F. Tomlinson. 1977. Geographic Information Systems: Methods and Equipment for land use planning.

⁴ Star J. and J. Estes, 1989. Geographic Information Systems: An introduction.

⁵ Berry, J. K. 1988. Maps as data: computer-assisted map analysis.

⁶ Berry, J. K. 1989a. Introduction to GIS technology: A short course for resource managers.

y/o sobreponer mapas o parte de ellos con gran facilidad y velocidad. La información contenida en la base de datos y el conjunto de funciones analíticas del SIG, permiten realizar nuevas y creativas interpretaciones de la información contenida en los mapas y la base de datos (Berry, 1989b)⁷.

Funciones de un SIG

Actualmente, existen alrededor de 177 diferentes paquetes de cómputo relacionados con los SIG en el mercado a nivel mundial, lo que nos habla de una amplia variedad de productos con este tipo de sistemas (GIS World Inc., 1991)⁸. Las especificaciones y capacidades de cada programa varían sustancialmente, además, el desarrollo de las técnicas de los SIG, provee una gama siempre creciente de funciones de análisis, por ésta razón es difícil hacer una enumeración exhaustiva de todas las funciones existentes; sin embargo, se pueden mencionar grandes divisiones dentro de las cuales se agrupan las funciones de los SIG. Dangermond (1983)⁹, propuso una clasificación y presentó ejemplos gráficos claros de cada una de éstas funciones.

Aronoff (1989)¹⁰, presentó una de las mejores clasificaciones de las funciones de un SIG. Dividió las funciones en cuatro grandes rubros: 1) mantenimiento y análisis de datos espaciales; 2) mantenimiento y análisis de atributos (datos no espaciales), 3) análisis integrado de datos espaciales y atributos, y, 4) formato de productos.

Las funciones de un SIG pueden dar respuesta a preguntas como las siguientes, (Burrough, 1986)¹¹.

- a) ¿Dónde está el objeto A (punto, línea, área)?
- b) ¿Qué características tiene A?
- c) ¿Cuánto existe de A (área, distancia, conteo)?
- d) ¿Dónde está A en relación a un lugar M?
- e) ¿Cuántas ocurrencias de A existen dentro de una distancia X del lugar M?

⁷ Berry, J.K. 1989b. Notas de clase para el curso: "Introducción a los Sistemas de Información Geográfica".

⁸ GIS World Inc. 1991. 1991-1992 International GIS sourcebook.

⁹ Dangermond, J. 1983. A classification of software components commonly used in geographic information systems, pp 70-91.

¹⁰ Aronoff, S. 1989. Geographic Information Systems: A management perspective.

¹¹ Burrough, P.A. 1986. Principles of geographic information systems for land resources assessment.

- f) ¿Cuál es el valor de la función $Z [Z=f(A)]$ en el lugar M?
- g) ¿Cuál es el resultado de intersectar varios tipos de datos referenciados espacialmente?
- h) ¿Cuál es la ruta de menor costo, resistencia o distancia entre los lugares M y N?
- i) ¿Qué se encuentra en el lugar M?
- j) ¿Qué objetos se encuentran junto o cercanos a objetos que reúnen ciertas características?
- k) Reclassificar objetos con ciertas características.
- l) Usar la base de datos en el SIG como un modelo de la realidad para simular los efectos del proceso P actuando durante un tiempo T dado un escenario S.

Las respuestas a estas preguntas proporcionan elementos poderosos para la toma de decisiones en la conservación, manejo y fomento de los recursos naturales.

Aplicaciones de los SIG en la Administración de Recursos Naturales

Los SIG han tenido una amplia variedad de aplicaciones en el área de los recursos naturales, entre otras se pueden citar:

- a) **Manejo de recursos naturales:** análisis de procesos de deforestación (Hutachareon, 1988)¹², cambio de uso del suelo (Howard y Barr, 1991)¹³, planeación (Moeller, 1991)¹⁴.
- b) **Inventario de recursos:** inventario forestal (Murphy, 1990)¹⁵, inventario de recursos múltiples (Hegyi y Walker, 1991)¹⁶, inventarios regionales (Hegyi, 1990)¹⁷.

¹² Hutachareon, M. 1988. Application of Geographic Information Systems technology to the analysis of deforestation and associated environmental hazards in northern Thailand. pp 509-518.

¹³ Howard, D. C. and C. J. Barr. 1991. Sampling the countryside of Great Britain: GIS for the detection and prediction of rural change. pp 217-222.

¹⁴ Moeller, J. 1991. Natural resources planning at the Bureau of Land Management. GIS World 4(3): 117-121

¹⁵ Murphy, D. L. 1990. Implementing GIS technology in a forest inventory system. pp 305-306.

¹⁶ Hegyi, F. and P. Walker. 1991. Multi-resource inventories with air- and space-borne digital remote sensing, GIS and video imaging; Tomorrow's vision, a reality today. pp 315-318.

y evaluación de recursos (Tosta y Davis, 1986)¹⁸.

- c) **Manejo de fauna silvestre:** manejo de habitat de fauna silvestre (Scepan *et al.*, 1987¹⁹; Gagliuso, 1990²⁰; Holt, 1990²¹; Eng *et al.*, 1990²²; Munroe y Decker, 1991²³; Stutheit, 1991²⁴).
- d) **Protección:** incendios forestales (Wells y McKinsey, 1990²⁵; Harrison, 1990²⁶; Wertz, 1991²⁷), control y combate de plagas y enfermedades (Jordan y Vietinghoff, 1987²⁸; Van Sickle, 1989²⁹), y estudios de impacto ambiental (Gros *et al.*, 1988³⁰; Moreno, 1991³¹).
- e) **Aprovechamientos forestales:** Bobbe (1987)³², Dippon y Cadwell (1991)³³, Jordan y Baskent (1991)³⁴ y Dippon *et al.* (1989)³⁵.
- f) **Sistemas computacionales de manejo integrado:** Riekema (1991)³⁶, McDonald y

¹⁷ Hegyi, F. 1990. The role of GIS in provincial inventories. pp 307-310.

¹⁸ Tosta, N. and L. Davis. 1986. Utilizing a Geographic Information System for statewide resource assessment: The California case. pp 147-154.

¹⁹ Scepan, J.; F. Davis and L. L. Blum. 1987. A Geographic Information System for managing California Condor habitat. pp 476-486.

²⁰ Gagliuso, R. A. 1990. Remote sensing and GIS technologies: An example of integration in the analysis of cougar habitat utilization in southwest Oregon. pp 323-330.

²¹ Holt, S. 1990. Human encroachment on bear habitat. pp 319-322.

²² Eng, M. A.; R. S. McNay and R. E. Page. 1990. Integrated management of forestry and wildlife habitat with the aid of GIS-based habitat assessment and planning tool. pp 331-336.

²³ Munroe, L. S. and E. Decker. 1991. GIS use by wildlife resource agencies surveyed. GIS World 4(3):60-69.

²⁴ Stutheit, J. 1991. Database tracks California's endangered species. GIS World 4(3): 38-47.

²⁵ Wells, L. M. and D. E. McKinsey. 1990. Using geographic information systems for prescribed fire management at Cuyamaca Rancho State Park, California. pp 337-342.

²⁶ Harrison, S. S. 1990. Post-fire recovery of riparian resources on the Idaho Batholith: A geographic information system analysis. pp 343-348.

²⁷ Wertz, W. 1991. Dynamic fire simulation for training and prediction. GIS World 4(3):78-85.

²⁸ Jordan, G. and L. Vietinghoff. 1987. Fighting budworm with a GIS. pp 492-499.

²⁹ Van Sickle, G. A. 1989. GIS-A tool in forest pest management. pp 349-354.

³⁰ Gros, S.L.; T.H.L. Williams and G. Thompson. 1988. Environmental impact modelling of oil and gas wells using GIS. pp 216-225.

³¹ Moreno D., D. 1991. GIS supports SWIP environmental decisions. GIS World 4(1): 28-33.

³² Bobbe, T.J. 1987. An application of Geographic Information Systems to the timber sale planning process on the Tongass National Forest - Ketchikan Area. pp 554-562.

³³ Dippon, D. and C. Cadwell. 1991. Resource management planning- Linking a land information system to a harvest scheduling model. pp 355-364.

³⁴ Jordan, G. A. and E. Z. Baskent. 1991. GISFORMAN: A next generation wood supply model. pp 365-372.

³⁵ Dippon, D.; R. Wright and R. Metzger. 1989. Defining the operational forest inventory for harvest planning with Geographic Information System. pp 373-380.

³⁶ Riekema, J. K. 1991. The CAMAS project: Building a computer-assisted management and analysis system for natural resource managers. pp 241-244.

Smith (1991)³⁷, Leggat y Buckley (1991)³⁸.

Aplicaciones de los SIG en el INIFAP

A principio de 1992, el Gobierno Federal de México anunció los cambios constitucionales más drásticos desde la revolución de 1910, entre los que destacan, las modificaciones que se hicieron al artículo 27 Constitucional sobre legislación agraria y en los esquemas para la producción en el sector rural.

Desde mediados de 1991, la entonces Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH), encomendó al INIFAP, la creación de una herramienta que de manera rápida y eficiente, permitiera identificar a nivel nacional las áreas con el potencial físico-climático natural para el desarrollo de especies vegetales, consideradas estratégicas en cada estado de la República. Con este fin, el INIFAP procedió a formar un equipo interdisciplinario en las Divisiones Agrícola, Forestal y en menor medida en la Pecuaria.”

Durante el período de agosto 1991 a septiembre 1992, las propuestas del INIFAP para llevar a cabo este trabajo estuvieron en revisión. Para septiembre de 1992, la SARH aprobó el proyecto después de evaluar una prueba piloto realizada en el estado de Puebla. Se requirió que la misma metodología, que sería conocida posteriormente como los Estudios de Potencial Productivo de Especies Vegetales, fuera aplicada y los resultados se generaran para algunas especies vegetales de cada estado de la República, con la expectativa de concluir estos trabajos para el mes de diciembre de 1992, lo cual no fue posible. Sin embargo, para marzo de 1993, se cumplió con este requerimiento, se elaboraron análisis de 10 a 15 especies vegetales consideradas estratégicas en cada entidad de la República.

Debido a las severas restricciones de tiempo y presupuesto, la metodología se simplificó en extremo. Esta consistió en combinar información de clima, suelo y topografía para identificar las áreas antes mencionadas. Se realizaron procesos de selección de las condiciones físico-climáticas consideradas ideales para el desarrollo de

³⁷ McDonald, W. S. and S. M. Smith. 1991. An integrated national land resource coverage: New Zealand experiences. pp 245-250.

³⁸ Leggat, K and D. Buckley. 1991. Implementing GIS into Alberta's integrated resource planning program. pp 251-258.

³⁹ Los Drs. Ramón Martínez Parra y Rodrigo Avendaño Salazar fueron coordinadores generales del proyecto. Los Drs. John Corbett (CIMMYT), Marcial Ortiz y Rafael Moreno Sánchez fueron coordinadores nacionales en el desarrollo del trabajo. Un numeroso grupo de investigadores del INIFAP participó en la digitalización y combinación de las capas de información, entre ellos los autores del artículo.

la especie vegetal de interés. Esta información se reclasificó con valores de cero para las áreas que no reunían las características y de 1, para las que sí lo hacían. Estos mapas *booleanos* se sobrepusieron para identificar las áreas que reunían todas las características ideales en forma simultánea.

Es importante mencionar, que para poder llevar a cabo esta metodología, hubo necesidad de crear la cartografía digital de las tres capas de información utilizadas (suelo, clima y topografía). En la fecha de realización de los estudios no existía este tipo de cartografía excepto por el Modelo de Elevación Digital del Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). Para una explicación detallada de la creación de las capas de información, la metodología y las experiencias derivadas de éstos estudios, se puede consultar el trabajo realizado por Moreno *et al.*, (1995)³⁹.

Al terminar los estudios en marzo de 1993, quedó claro que eran necesarias dos rutas de desarrollo de estos esfuerzos. Una sería la revisión de la información existente y la incorporación de nuevas capas de información al mismo nivel de resolución. La otra, aumentar el nivel de resolución de la información y hacer corroboraciones de campo a nivel regional.

El Proyecto 618, del Centro de Investigación Disciplinaria en Conservación y Mejoramiento de Ecosistemas Forestales (CENID-COMEF), dependiente de la División Forestal del INIFAP, desarrolló la primera ruta de las antes mencionadas. Se corrigieron los errores de digitalización de la información edafológica, se procesó el modelo de elevación digital del INEGI a su máxima resolución (un dato cada 3"segundos de grado), y se interpoló la información de las normales climatológicas mensuales para el período 1951-1981, mediante el método de Spline.

La información anterior se transformó a formatos compatibles con los resultados del Inventario Nacional Forestal (INF), realizado por la entonces Subsecretaría Forestal y de Fauna Silvestre (SFFS) y el Instituto de Geografía de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), en 1994. Como resultado de lo anterior, se cuenta con una base de información cartográfica digital que incluye:

- a) **Suelos** (unidad de suelo, textura y presencia de fases físicas y químicas).
- b) **Clima** (promedios mensuales de temperatura mínima, máxima, precipitación y evaporación).
- c) **Topografía** (un dato de elevación cada 3" de grado).

³⁹ Moreno S., R.; F. Moreno S.; G. Cruz B. y D. Reygadas P. 1995a. Los Estudios de Potencial Productivo de Especies Vegetales del INIFAP: Experiencias, observaciones y perspectivas para el futuro.

- c) **Topografía** (un dato de elevación cada 3" de grado).
- d) **Vegetación** (áreas arboladas clasificadas en 36 clases).
- e) **Imágenes de satélite LANDSAT TM** (7 bandas).

Precauciones en el Proceso de Selección y Establecimiento de un SIG

De las experiencias del INIFAP en el uso y aplicación de los SIG, se pueden derivar las siguientes recomendaciones generales. Los SIG tienen características especiales que los hacen propicios a convertirse en inversiones altamente costosas, no redituables, es decir "elefantes blancos", y entre ellas se menciona que:

Es una tecnología cara. Existe una amplia variedad de productos en el mercado, se pueden encontrar SIG que varían de menos de \$1,000 US Dólares hasta más de \$30,000.00 tan solo por el software. Muchos SIG pueden funcionar en microcomputadoras, pero para ser eficientes éstas requieren ser de alta capacidad de procesamiento, con muy buen monitor y discos duros de alta capacidad, lo cual a la fecha (primavera 1995) está en el rango de \$ 3,000.00 a \$7,000.00 US Dólares por una de estas máquinas. Además, dependiendo del volumen de información a manejar y la complejidad de los procesos, se puede requerir como plataforma para el SIG una estación de trabajo operada bajo UNIX, que dependiendo de la configuración, puede costar entre entre \$15,000 y \$50,000 US Dólares.

El costo de la compra del programa y el equipo de cómputo representan solo la "punta del iceberg", entre el 15% y el 25% del costo total de tener el sistema totalmente operando (Berry, *op. cit.*). El costo más grande es la construcción de la base de datos necesaria para operar el sistema. De acuerdo con Antenucci (1991)⁴⁰ este costo representa el 50% del costo total de tener el sistema operando. El "cuello de botella" en el desarrollo de un SIG, es el proceso de alimentar datos, en especial la digitalización de la información cartográfica existente (Frank *et al.*, *op. cit.*). El siguiente costo en orden de magnitud es la capacitación del personal, el cual representa aproximadamente el 25% (Antenucci, *op. cit.*). Finalmente, existen una serie de costos ocultos que van apareciendo en el proceso de establecimiento y operación del SIG. Entre ellos: tecnología de apoyo (instalaciones especiales, equipo extra, etc.) cambios operativos e institucionales necesarios para la eficiente operación del sistema.

⁴⁰ Antenucci, J.C. 1991. Risk GIS?. pp. 58-60.

Debido al tiempo necesario para construir la base de datos, no se pueden dar resultados rápidamente. Esta situación puede provocar frustración y el retiro del apoyo económico para los proyectos relacionados con los SIG.

Para minimizar las sorpresas y riesgos en la selección y puesta en marcha de un SIG se recomienda:

- Hacer un inventario detallado de las necesidades del usuario.
- Elaborar una lista minuciosa de toda la información existente con la que se alimentará al sistema, indicando cantidad, tipo y calidad de la misma.
- Contar con una lista detallada de la información que no está disponible y que será necesario recolectar indicando cantidad, tipo y calidad de la misma.
- Con los tres puntos anteriores preparar un concurso entre vendedores de SIG y llevar a cabo pruebas de comparación.
- Una vez seleccionado el sistema, obtener del vendedor los requerimientos necesarios para el lugar donde se instalará el SIG. Entre otros: espacio, temperatura, humedad, energía eléctrica, condiciones del edificio (sin alfombra, ventilación, sin sol, protección contra variaciones de energía eléctrica, robo, etc).
- Tomar provisiones en cuanto a tiempo y dinero para la capacitación del personal.
- Establecer prioridades para la captura de la información.
- Contemplar planes piloto para la aplicación del SIG para tener resultados en poco tiempo y mantener el interés y apoyo económico, para este tipo de proyectos.
- Contar con tablas de tiempo realistas para la captura, procesamiento, análisis y obtención de resultados. Esto es para no tener falsas expectativas que al no cumplirse provocan frustración y descontento.
- Elaborar una cuidadosa planeación financiera. La construcción de la base de datos debe considerarse como una fuerte inversión de capital que tiene que ser planeada mesuradamente.
- Prever los cambios operacionales e institucionales que serán necesarios al desarrollar el SIG. La introducción de un SIG a una institución altera los flujos de

información dentro de la organización, así como su estructura. Con un SIG, se genera la misma información como antes de tenerlo, pero con la ventaja de obtenerla de manera más rápida y eficaz. La información seguirá diferentes rutas dentro de la institución, por lo que un SIG representa una tecnología que requiere de personal capacitado que debe ser bien pagado y respetado.

- Se deben hacer previsiones para determinar mecanismos de control y establecimiento de derechos de acceso a la información contenida en el SIG. En los Estados Unidos de América (EUA), se han presentado problemas legales sobre quien tiene acceso a la información, por ejemplo de ingresos económicos, valor catastral de propiedades, número de hijos, grupos étnicos, etc., dado que esta información se puede usar para hacer discriminaciones de diversos tipos sin el conocimiento de los individuos afectados.

- A partir del diseño del sistema se deben de prever los mecanismos y subsistemas para hacer la información accesible a usuarios y funcionarios sin entrenamiento en SIG. El impacto final de un proyecto de SIG depende en gran medida de contar con una interfase amigable que permita hacer uso de la información para apoyar la toma de decisiones (Moreno *et al.* 1995b). Se recomienda seguir una estrategia de base de datos distribuidas con el grueso del volumen de información en un servidor UNIX, la cual puede tener acceso a una red local por terminales de PC. La ventaja de esta estrategia es que facilita el desarrollo de interfases en computadoras personales (PC) en ambiente Windows o con software de simulador de terminales gráficas tal como el PC-XWARE.

Perspectivas Futuras

Los Sistema de Información Geográfica son una tecnología que ofrece un gran potencial para enfrentar los retos de la administración de los recursos naturales en un mundo en el que ya no se puede hacer uso extensivo de los mismos. Por otra parte, México llega al encuentro de los SIG cuando esta tecnología se encuentra lo suficientemente madura (tanto en software, hardware y aplicaciones) para obtener el mayor provecho de ella. Algunas perspectivas de esta tecnología en México son:

- Con el desarrollo tecnológico, los precios del hardware disminuirán constantemente, esto hará factible que más gente tenga acceso a los SIG. La combinación de estos factores hace posible prever que los SIG tendrán una amplia difusión en la década de los noventas en México. Sin embargo, esta difusión puede ser retrasada significativamente si no se contemplan las precauciones que con anterioridad se mencionaron, lo que provocaría comenzar a tener experiencias negativas.

- En su desarrollo, los SIG de bajo costo diseñados principalmente con fines educativos son cada vez más sofisticados, reduciéndose la brecha entre éstos y los SIG profesionales de alto costo.

- Habrá la necesidad de crear un respaldo importante de literatura en teoría, metodologías de aplicación y experiencias prácticas en la administración de los recursos naturales de México. Esto puede ser parte importante de la creciente necesidad de capacitación que se tendrá. Aquellas instituciones que apliquen esta tecnología en forma consistente y exitosa, obtendrán relevancia científica, especialmente al atacar problemas como: producción de alimentos, degradación ecológica (contaminación, deforestación, cambio de uso del suelo, etc.), producción de agua, crecimiento urbano y planeación de la instalación de servicios (agua, electricidad, comunicaciones, oleoductos), entre otros.

- Será necesario llevar registros detallados de los costos del proceso de selección y establecimiento de un SIG y después registrar los beneficios en términos de reducción de costos y mayor eficiencia, para poder hacer análisis de costo/beneficio de estos sistemas en las condiciones existentes en el país. Estos estudios marcarán la pauta para todos aquellos que contemplen establecer un SIG.

- Un factor clave para la adopción de los SIG y para realizar el máximo impacto de su aplicación, es el hacerlos accesibles a personal sin entrenamiento así como a funcionarios a bajo costo. A nivel mundial existen grandes esfuerzos en este sentido por parte de investigadores y de las compañías de software. Flores *et al.* (1995)⁴¹ y Moreno *et al.* (1995b)⁴² presentaron el desarrollo de una interface para facilitar las funciones de despliegue, análisis y mantenimiento de la cartografía digital del INIFAP. Compañías como Environmental Systems Research Institute (ESRI) productores de ARC/INFO han desarrollado el ARCVIEW 2; un programa de bajo costo y operación en ambiente de Windows para PC lo que permite facilitar las búsquedas y análisis de cartografía digital.

- Cada vez será más común el uso de bases de datos distribuidas en las que los grandes volúmenes de información se almacenarán en un servidor central operando bajo UNIX y esta información será accesada a través de redes desde terminales de PC operando en Windows con software extremadamente barato y de fácil operación y aprendizaje.

⁴¹ Flores S., M.; E. Sánchez T. y R. Moreno S. 1995. El Arc Macro Language (AML) de ARC/INFO en la creación de interfaces para la visualización y modelaje de cartografía digital.

⁴² Moreno S., R.; M. Flores S. and E. Sánchez T. 1995b. User interface for visualization and modeling of a nationwide database in México. pp 1007-1010.

- Conforme los SIG se adopten cada día más en las operaciones cotidianas de instituciones educativas, gubernamentales y privadas, será necesario establecer estándares para asegurar la compatibilidad de la información que se generará.

- Es necesario diseñar un esquema bajo el cual, eventualmente, se pueda crear un consorcio de instituciones con información cartográfica digital. Mediante dicho consorcio se podría poner a la disposición del público y funcionarios la totalidad de la información digital disponible a nivel nacional. En dicho consorcio, cada institución sería responsable del mantenimiento y enriquecimiento de la información con que ya cuenta.

BIBLIOGRAFÍA

- Antenucci, J.C. 1991. Risk GIS?. *Geo Info Systems*. October 1991: 58-60.
- Aronoff, S. 1989. Geographic Information Systems: A management perspective. WDL Publications. Ottawa, Cañada. 294 p.
- Berry, J. K. 1988. Maps as data: computer-assisted map analysis. Spatial Information Systems, Inc. Springfield, VA. USA. 157 p.
- Berry, J. K. 1989a. Introduction to GIS technology: A short course for resource managers. Notes for a short course sponsored by the USDA Forest Service. Fort Collins, CO. USA. 72 p.
- Berry, J.K. 1989b. Notas de clase para el curso: "Introducción a los Sistemas de Información Geográfica". Colorado State University, Fall 1989. Fort Collins, Colorado, USA.
- Bobbe, T.J. 1987. An application of Geographic Information Systems to the timber sale planning process on the Tongass National Forest - Ketchikan Area. *In: Proceedings of the GIS '87 Symposium*. American Society for Photogrammetry and Remote Sensing. Falls Church, Virginia, USA. pp 554-562.
- Burrough, P.A. 1986. Principles of geographic information systems for land resources assessment. Claredon Press. Oxford, England. 189 p.

- Calkins, H.W. and R.F. Tomlinson. 1977. Geographic Information Systems: Methods and Equipment for land use planning. International Geographic Union Commission on Geographic Data Sensing and Processing, Resource and Land Investigations (RALI) Program. U.S. Geological Survey, Reston, Virginia, USA.
- Dangermond, J. 1983. A classification of software components commonly used in geographic information systems. *In: Design and implementation of computer-based geographic information systems*. Peuquet, D. J. and J. O'Callaghan Eds. IGU Commission on Geographical Data Sensing and Processing, Amherst, NY, USA. pp 70-91.
- Dangermond, J. 1989. Foreword for the book: Geographic information systems: A management perspective by Stan Aronoff. WDL Publications, Ottawa, Canada. 294 p.
- Dippon, D. and C. Cadwell. 1991. Resource management planning- Linking a land information system to a harvest scheduling model. *In: GIS applications in natural resources* (Heit, M. and A. Shortreid Eds.). GIS World Inc. Fort Collins, Colorado, USA. pp 355-364.
- Dippon, D.; R. Wright and R. Metzger. 1989. Defining the operational forest inventory for harvest planning with Geographic Information System. *In: GIS applications in natural resources* (Heit, M. and A. Shortreid Eds.). GIS World Inc. Fort Collins, Colorado, USA. pp 373-380.
- Eng, M. A.; R. S. McNay and R. E. Page. 1990. Integrated management of forestry and wildlife habitat with the aid of GIS-based habitat assessment and planning tool. *In: GIS applications in natural resources* (Heit, M. and A. Shortreid Eds.). GIS World Inc. Fort Collins, Colorado, USA. pp 331-336.
- Flores S., M.; E. Sánchez T. y R. Moreno S. 1995. El Arc Macro Language (AML) de ARC/INFO en la creación de interfaces para la visualización y modelaje de cartografía digital. Aceptado para publicación. Revista: Investigaciones Geográficas. Instituto de Geografía de la UNAM. México
- Frank, A.U.; M.J. Egenhofer and W. Khun. 1991. A perspective on GIS technology in the nineties. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 57(11):1431-1436.

- Gagliuso, R. A. 1990. Remote sensing and GIS technologies: An example of integration in the analysis of cougar habitat utilization in southwest Oregon. *In: GIS applications in natural resources* (Heit, M. and A. Shortreid Eds.). GIS World Inc. Fort Collins, Colorado, USA. pp 323-330.
- GIS World Inc. 1991. 1991-1992 International GIS sourcebook. GIS World Inc. Fort Collins, Colorado, USA. 603 p.
- Gros, S.L.; T.H.L. Williams and G. Thompson. 1988. Environmental impact modelling of oil and gas wells using GIS. *In: Proceedings of the 1988 ACSM-ASPRS Annual Convention. American Society for Photogrammetry and Remote Sensing*. Falls Church, Virginia, USA. Vol. 5:216-225.
- Harrison, S. S. 1990. Post-fire recovery of riparian resources on the Idaho Batholith: A geographic information system analysis. *In: GIS applications in natural resources* (Heit, M. and A. Shortreid Eds.). GIS World Inc. Fort Collins, Colorado, USA. pp 343-348.
- Hegyí, F. 1990. The role of GIS in provincial inventories. *In: GIS applications in natural resources* (Heit, M. and A. Shortreid Eds.). GIS World Inc. Fort Collins, Colorado, USA. pp 307-310.
- Hegyí, F. and P. Walker. 1991. Multi-resource inventories with air- and space-borne digital remote sensing, GIS and video imaging: Tomorrow's vision, a reality today. *In: GIS applications in natural resources* (Heit, M. and A. Shortreid Eds.). GIS World Inc. Fort Collins, Colorado, USA. pp 315-318.
- Holt, S. 1990. Human encroachment on bear habitat. *In: GIS applications in natural resources* (Heit, M. and A. Shortreid Eds.). GIS World Inc. Fort Collins, Colorado, USA. pp 319-322.
- Howard, D. C. and C. J. Barr. 1991. Sampling the countryside of Great Britain: GIS for the detection and prediction of rural change. *In: GIS applications in natural resources* (Heit, M. and A. Shortreid Eds.). GIS World Inc. Fort Collins, Colorado, USA. pp 217-222.
- Hutachareon, M. 1988. Application of Geographic Information Systems technology to the analysis of deforestation and associated environmental hazards in northern Thailand. *In: Proceedings of the GIS '87 Symposium. American Society for Photogrammetry and Remote Sensing*. Falls Church, Virginia.

USA. pp 509-518.

- Jordan, G. and L. Vietinghoff. 1987. Fighting budworm with a GIS. *In: Proceedings of the Eighth International Symposium on Automated Cartography*. American Society of Photogrammetry and Remote Sensing, Falls Church, Virginia, USA. pp 492-499.
- Jordan, G. A. and E. Z. Baskent. 1991. GISFORMAN: A next generation wood supply model. *In: GIS applications in natural resources* (Heit, M. and A. Shortreid Eds.). GIS World Inc, Fort Collins, Colorado, USA. pp 365-372.
- Leggat, K'and D. Buckley. 1991. Implementing GIS into Alberta's integrated resource planning program. *In: GIS applications in natural resources* (Heit, M. and A. Shortreid Eds.). GIS World Inc, Fort Collins, Colorado, USA. pp 251-258.
- McDonald, W. S. and S. M. Smith. 1991. An integrated national land resource coverage: New Zealand experiences. *In: GIS applications in natural resources* (Heit, M. and A. Shortreid Eds.). GIS World Inc, Fort Collins, Colorado, USA. pp 245-250.
- Moeller, J. 1991. Natural resources planning at the Bureau of Land Management. *GIS World* 4(3): 117-121
- Moreno D., D. 1991. GIS supports SWIP environmental decisions. *GIS World* 4(1): 28-33.
- Moreno S., R.; F. Moreno S.; G. Cruz B. y D. Reygadas P. 1995a. Los Estudios de Potencial Productivo de Especies Vegetales del INIFAP: Experiencias, observaciones y perspectivas para el futuro. Aceptado para publicación, revista: Investigaciones Geográficas. Instituto de Geografía de la UNAM, México.
- Moreno S., R.; M. Flores S. and E. Sánchez T. 1995b. User interface for visualization and modeling of a nationwide database in México. *Proceedings GIS 95*, Vancouver, Canada. March 20-23. pp 1007-1010.
- Munroe, L. S. and E. Decker. 1991. GIS use by wildlife resource agencies surveyed. *GIS World* 4(3):60-69.

- Murphy, D. L. 1990. Implementing GIS technology in a forest inventory system. *In: GIS applications in natural resources* (Heit, M. and A. Shortreid Eds.). GIS World Inc. Fort Collins, Colorado. USA. pp 305-306.
- Riekena, J. K. 1991. The CAMAS project: Building a computer-assisted management and analysis system for natural resource managers. *In: GIS applications in natural resources* (Heit, M. and A. Shortreid Eds.). GIS World Inc. Fort Collins, Colorado. USA. pp 241-244.
- Scepan, J.; F. Davis and L. L. Blum. 1987. A Geographic Information System for managing California Condor habitat. *In: Proceedings of the GIS '87 Symposium*. American Society for Photogrammetry and Remote Sensing. Falls Church, Virginia. USA. pp 476-486.
- Star J. and J. Estes. 1989. Geographic Information Systems: An introduction. Prentice Hall. Englewoods Cliffs, New Jersey. USA, 303 p.
- Stutheit, J. 1991. Database tracks California's endangered species. *GIS World* 4(3): 38-47.
- Tosta, N. and L. Davis. 1986. Utilizing a Geographic Information System for statewide resource assessment: The California case. *In: Proceedings of the 1986 Geographic Information Systems Workshop*. American Society of Photogrammetry and Remote Sensing. Falls Church, Virginia. USA. pp 147-154.
- Van Sickle, G. A. 1989. GIS-A tool in forest pest management. *In: GIS applications in natural resources* (Heit, M. and A. Shortreid Eds.). GIS World Inc. Fort Collins, Colorado. USA. pp 349-354.
- Wells, L. M. and D. E. McKinsey. 1990. Using geographic information systems for prescribed fire management at Cuyamaca Rancho State Park, California. *In: GIS applications in natural resources* (Heit, M. and A. Shortreid Eds.). GIS World Inc. Fort Collins, Colorado. USA. pp 337-342.
- Wertz, W. 1991. Dynamic fire simulation for training and prediction. *GIS World*, 4(3):78-85.

ENSAYOS DE ESPECIES Y PROCEDENCIAS DE ÁRBOLES EN EL CAMPO EXPERIMENTAL BARRANCA DE CUPATITZIO.

Mas Porras Javier*
García Magaña J. Jesús**
Cervantes Sánchez Martha A.***

RESUMEN

En el presente trabajo se analizan los resultados de varios ensayos de especies y procedencias de coníferas (principalmente del género *Pinus*) y de latifoliadas (la mayor parte del género *Eucalyptus*), algunas de las cuales fueron establecidas en el año de 1967, en el Campo Experimental Barranca de Cupatitzio, ubicado en Uruapan, Michoacán.

No obstante hubo algunas fallas en el establecimiento de estos experimentos, se considera que la información del crecimiento de las especies y procedencias es de gran valor para futuros trabajos en la región.

Los resultados obtenidos, con las consideraciones antes mencionadas, han mostrado que las especies y procedencias más prometedoras para áreas de ecología semejante a las de Barranca de Cupatitzio son: *Pinus herrerae* (L-75) del paraje La Nieve, camino Apatzingán a Dos Aguas, Michoacán; *P. herrerae* (L-74) del paraje Robleros, Dos Aguas, Michoacán; *P. patula* (L-198) de Aquixtla-Tetla, Puebla, Km 58; *P. greggii* (L-170) de la carretera Atezcan y Molango, Hidalgo, Km 2; y *P. greggii* (L-84) carretera México-Laredo, antes de Jacala, Hidalgo, Km 261; así como los híbridos: *P. patula* x *P. patula* (H-5) de Placerville, California, EUA; *P. patula* x *P. teocote* (H-7) de Placerville, California, EUA; y la especie *Cupressus lusitanica* (S/N), los cuales alcanzaron valores de Incrementos Medios Anuales en Volumen arriba de 0.01380 metros cúbicos por árbol. Entre los eucaliptos que tuvieron mayores incrementos se

* Ing. Agrónomo Forestal, ex-investigador del CIR-Pacífico Centro, INIFAP, SAGAR.

** Ing. Agrónomo Forestal, investigador del CIR-Pacífico Centro, INIFAP, SAGAR.

*** Bióloga, investigadora del CIR-Centro, INIFAP, SAGAR.

encuentran: *E. globulus* (INIF-4), *E. botryoides* (CH-28) de Bodalla NSW Australia, *E. camaldulensis* (CH-11) de Nundivindi, WA Australia y *E. tereticornis* (CH-39) de Grafton SNW, Australia, los cuales alcanzaron valores de Incremento Medio Anual en altura de 0.84 a 1.45 m.

Palabras clave: Ensayos de especie y procedencias, *Pinus*, *Eucalyptus*, *Cupressus*, plantaciones forestales, Michoacán.

ABSTRACT

In the present work are analyzed the results of several species and origin trials of coniferous (mainly of the genus *Pinus*) and broad-leaves (the greater part of the genus *Eucalyptus*), some of those which were established from 1967 in the Experimental Station of Barranca de Cupatitzio, that is found near the city of Uruapan, Michoacán.

Though there were some problems in the establishment of these experiments, it is considered that the information of the growth of the species and origins is of great value for the future trials of plantation in the region.

The obtained results, with the considerations mentioned above, have shown that the species and origins more promising for ecological areas similar to Barranca de Cupatitzio are: *Pinus herrerae* (L-75) from La Nieve place, sited on the Apatzingan-Dos Aguas road, Michoacán; *P. herrerae* (L-74) from Robleros place, municipality of Dos Aguas, Michoacán State; *P. patula* (L-198) sited on the Km 58 Aquixtla-Tetla road, Puebla State; *P. greggii* (L-170), located on the Km 2 Atezcan-Molango road, Hidalgo State; and *P. greggii* (L-84), sited on Km 261 Mexico-Laredo highway, Hidalgo State; as soon as the hybrid: *P. patula* x *P. patula* (H-5) from Placerville, California, USA; *P. patula* x *P. teocote* (H-7) from Placerville, California, USA; and the specie *Cupressus lusitanica* (SN), which reached means anual increase average volume up to 0.01380 cubic meters per tree.

Among the *Eucalyptus* that had greater increment are: *E. globulus* (INIF-4), and *E. botryoides* (CH-28) of Bodalla NSW Australia, *E. camaldulensis* (CH-11) of Nundivindi, W Australia and *E. tereticornis* (CH-39) of Grafton SNW, Australia, which reached middle anual increase in height of 0.84 to 1.45 m.

Key words: Species and origin trials, *Pinus*, *Eucalyptus*, *Cupressus*, forest plantations, Michoacán.

INTRODUCCIÓN

La carencia de información experimental sobre el comportamiento de un gran número de especies forestales en una localidad representativa de la zona purépecha, Michoacán y la conveniencia de seleccionar las especies más prometedoras para reforestaciones en esta región, fue lo que motivó al personal técnico del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (INIFAP) a comenzar a establecer una serie de ensayos de especies y procedencias en el Campo Experimental Barranca de Cupatitzio.

En 1967 se estableció un ensayo de 6 especies y 12 procedencias del género *Pinus*. Posteriormente durante el período de 1970 a 1973 se inició un *arboretum*, habiendo quedado formado por 5 ensayos, en los que se plantaron 22 especies y 51 procedencias del género *Eucalyptus*, así como 53 especies de coníferas con 66 procedencias (principalmente del género *Pinus*), incluyendo 9 híbridos.

No obstante las fallas en el manejo de la planta, porque esta fue trasladada desde el vivero del ex-Instituto Nacional de Investigaciones Forestales en México, D.F., ya que en esa época no se producía planta en el Campo Experimental Barranca de Cupatitzio, se ha considerado conveniente analizar los resultados de los ensayos debido a los pocos trabajos de este tipo existentes a la fecha, con el fin de obtener información sobre el crecimiento en altura y diámetro, así como del incremento en volumen de algunas de las especies con mayor potencial para futuras reforestaciones en la región.

En vista de la importancia del ensayo de introducción de especies, el propósito de este trabajo es el de presentar los resultados de 14 años de los ensayos de especies establecidas en Barranca de Cupatitzio, que constituyen la primera etapa en la selección de las especies y procedencias más prometedoras para la zona purépecha de Michoacán.

ANTECEDENTES

Existen pocos datos sobre mediciones anteriores realizadas en los diversos ensayos de especies de Barranca de Cupatitzio. Por lo que se refiere al ensayo de 6 especies y 12 procedencias del género *Pinus* (Experimento PF-1), los resultados hasta el mes de agosto de 1977 se resumen en el Cuadro N° 1.

ESPECIE	LOTE	SOBREVI- VENCIA (%)	DAP (cm)	IMAD (m)	ALTURA MEDIA (m)	IMAA (m)
<i>Pinus patula</i>	198	11	18.8	1.9	11.9	1.19
<i>P. greggii</i>	170	52	16.4	1.6	10.4	1.04
<i>P. herrerae</i>	74	15	19.2	1.9	10.1	1.01
<i>P. herrerae</i>	75	29	20.1	2.0	10.0	1.00
<i>P. patula</i>	142	4	15.9	1.6	10.0	1.00
<i>P. greggii</i>	84	55	17.7	1.8	9.2	0.92
<i>P. lawsonii</i>	88	18	7.3	0.7	4.9	0.49
<i>P. teocote</i>	111	22	10.9	1.1	4.3	0.43
<i>P. teocote</i>	141	11	10.6	1.1	3.8	0.38
<i>P. oocarpa</i>	185	11	5.6	0.6	3.0	0.30
<i>P. oocarpa</i>	136	7	7.2	0.7	2.6	0.26
<i>P. lawsonii</i>	123	0	---	---	---	---

IMAD: Incremento Medio Anual en Diámetro. IMAA: Incremento Medio Anual en Altura.

Nota: Medición realizada en agosto de 1977 a 9.9 años de establecimiento.

Cuadro N° 1. Datos de sobrevivencia, crecimiento en altura y DAP de 6 especies y 12 procedencias de *Pinus*, en el C.E. Barranca del Cupatitzio, Uruapan, Michoacán. (Fecha de plantación:septiembre de 1967).

En el Cuadro N° 1 se puede observar el bajo índice de sobrevivencia en todas las especies y procedencias, debido principalmente a los daños que sufrió la planta durante el transporte.

Las especies más sobresalientes en incremento en altura hasta 1977 eran: *Pinus patula*, *P. greggii* y *P. herrerae*, las que exhibían incrementos anuales de más de 1.00 m, mientras que las especies *P. lawsonii*, *P. teocote* y el *P. oocarpa*, presentaban valores muy bajos, al considerar que a la edad de 9 años, se tiene la mayor velocidad de crecimiento en altura en la mayoría de las especies de pino de la región.

ESPECIE	LOTE	PROCEDENCIA	SOBREVIVENCIA (%)		ALTURA (m)		IMAA (m)
			1974	1977	1974	1977	1977
<i>Eucalyptus botryoides</i>	CH-28	Bodalla NSW, A.	44	24	2.5	6.5	0.93
<i>E. camaldulensis</i>	CH-4	Katherine, NT, A.	68	40	2.1	5.3	0.76
<i>E. camaldulensis</i>	CH-95	Australia	44	40	1.3	4.5	0.64
<i>E. punctata</i> DC.	CH-76	Queensland, A.	92	28	1.9	4.2	0.60
<i>E. camaldulensis</i>	CH-5	Petford, Qld., A.	84	36	2.1	3.7	0.53
<i>E. camaldulensis</i>	CH-9	Little, Samp., A.	68	48	2.4	3.6	0.51
<i>E. camaldulensis</i>	CH-3	Yapeet, Vic., A.	69	60	1.5	3.2	0.46
<i>E. camaldulensis</i>	CH-13	Derby, WA, A.	64	36	1.1	3.0	0.43
<i>E. elliodora</i>	INIF-1		68	46	1.3	2.4	0.34

IMAA: Incremento Medio Anual en Altura.

NOTA: Medición realizada en 1974 y 1977 a los 4 y 7 años de edad, respectivamente.

Cuadro N° 2. Datos de sobrevivencia y crecimiento en altura de las especies y procedencias de *Eucalyptus* más sobresalientes en el arboreto de Barranca de Cupatitzio, Uruapan, Michoacán. Fecha de plantación: julio de 1970.

Con respecto a los antecedentes del arboreto (Experimento PF-2) establecido en Barranca de Cupatitzio en 1970, siete años después de haberse iniciado estas plantaciones, se presentó un informe general sobre el comportamiento de las especies más sobresalientes de *Eucalyptus*, respecto al porcentaje de sobrevivencia y crecimiento en altura de los árboles con base en las mediciones realizadas durante los años de 1974 a 1977. Estos resultados se presentan en forma resumida en el Cuadro N° 2.

Hasta esa fecha, las especies de *Eucalyptus* más prometedoras en lo referente a crecimiento en altura eran: *E. botryoides*, *E. camaldulensis*, *E. punctata* y *E. elliodora*.

En el Cuadro N° 2 se observa que *E. camaldulensis* fue la especie que mostró mayor porcentaje de sobrevivencia. Es importante señalar que los valores de sobrevivencia son en general muy bajos para todas las especies, observándose una fuerte reducción de 1974 a 1977, lo que probablemente se debió, tanto al deficiente manejo en el transporte de la planta, como a los daños causados por las tuzas, conejos, venados y ganado durante los primeros años de la plantación, así como a las fuertes heladas que se

presentaron en diciembre de 1976, fecha en que la temperatura descendió excepcionalmente hasta -6°C .

Las especies de coníferas plantadas en el *arboretum* que ya habían desaparecido en el año de 1977 son: *Pinus cooperi*, *P. walliciana*, *P. rzedowski*, *P. herrerae* y *P. douglasiana*. Quedaban pocos individuos de *P. halepensis* y las especies de *Pinus* más sobresalientes en por ciento de sobrevivencia y crecimiento en altura se presentan en el Cuadro N° 3.

Un antecedente importante en México, que han servido de comparación para el análisis del presente trabajo, lo constituye el *arboretum* del Área Experimental Cuauhxinachtli, estado de México, de la Universidad Autónoma Chapingo. Este *arboretum* fue establecido durante los años de 1968 a 1969, habiéndose plantado 50 especies y 96 procedencias de *Eucalyptus*, 16 especies de coníferas (de las cuales, 12 corresponden al género *Pinus*), 6 especies de *Acacias*, 3 de *Casuarina*, *Schinus molle* L. y *Fraxinus udhei*.

ESPECIE	LOTE	PROCEDENCIA	SOBREVI- VENCIA (%)	ALTURA (m)	I.M.A.A. (m)
<i>Pinus greggii</i>	170	Atezca, Molango, Hidalgo.	53	2.69	0.45
<i>P. patula</i>	216	Carr. Zacualtipan- Molango,Hgo.Km 6	19	2.57	0.49
<i>P. tenuifolia</i>	155	Pino gordo, Cd. Hidalgo, Mich.	39	2.33	0.39
<i>P. pseudostrabus</i>	124	Llano Flores, Carr. Oax.-Tuxtepec Km 81	61	2.11	0.35
<i>P. leiophylla</i>	192	Carr. Fed. Méx.- Cuernavaca Km 60	68	2.00	0.33

IMAA: Incremento Medio Anual en Altura.

Nota: Medición realizada en 1977 a los 6 años de edad.

Cuadro N° 3. Datos de sobrevivencia y crecimiento en altura de las especies y procedencias más sobresalientes de *Pinus*, en el *arboretum* de Barranca de Cupatitzio, Uruapan, Michoacán. (Fecha de plantación: julio de 1971).

ESPECIE	PROCEDENCIA	SOBREVI- VENCIA (%)	IMAD (cm)	IMAA (m)
<i>E. tereticornis</i> Sm.	Cooktown, Qld., A.	96	1.8	1.76
<i>E. grandis</i> Hill ex Maiden.	Atherton, Qld., A.	68	1.2	1.57
<i>E. botryoides</i> Sm.	Bodalla, NSW, A.	44	1.2	1.56
<i>E. globulus</i> Labill.	Chapingo, México	84	1.3	1.55
<i>E. botryoides</i> Sm.	Bodalla, NSW, A.	76	1.1	1.47
<i>E. dunnii</i> Maiden.	Acacia Creek, NSW, A.	84	1.2	1.46
<i>E. botryoides</i> Sm.	Bodalla, NSW, A.	52	1.1	1.46
<i>E. grandis</i> Hill ex Maiden.	Bulahdelah, NSW, A.	76	1.1	1.44
<i>E. camaldulensis</i> Denh.	Mildura, NSW, A.	96	1.1	1.38
<i>E. tereticornis</i> Sm.	Cooktown, Qld., A.	100	1.1	1.32
<i>E. botryoides</i> Sm.	Bodalla, NSW, A.	76	1.0	1.28
<i>E. exserta</i> F. Muell.	Glenmorgan, Qld., A.	64	1.3	1.19

IMAD: Incremento Medio Anual en Diámetro. IMAA: Incremento Medio Anual en Altura.

Nota: Medición realizada en mayo de 1977.

Cuadro N° 4. Datos de sobrevivencia, incremento en altura y DAP. de las especies y procedencias de *Eucalyptus* más sobresalientes en el *arboretum* Cuauhxinachtli, México. (Fecha de plantación: 1968).

Los resultados de este ensayo fueron analizados a los 9 años de edad de la plantación y se publicaron en la memoria de la primera Reunión de Plantaciones Forestales (Musálem *et al.* 1978)¹. Algunos de los resultados más interesantes fueron los siguientes:

- Las 50 especies y 96 procedencias de *Eucalyptus* plantadas originalmente, se habían reducido a 40 especies y 81 procedencias para 1977. Las especies

¹ Musálem S., M. A.; B. R. Bbonilla y A. M. Fierros. 1978. *Arboretum* de la Escuela Nacional de Agricultura. Memoria de la Primera Reunión Nacional de Plantaciones Forestales. 122-141 p.

eliminadas fueron *E. striatocalix*, *E. microcorys*, *E. gummifera*, *E. brockwayi*, *E. patellaris*, *E. erythrocorys*, *E. delegatensis*, *E. dichromophloia*, *E. ficifolia* y *E. citriodora*.

- Las 12 especies y procedencias de *Eucalyptus* más sobresalientes en incremento medio anual en altura, diámetro y con sobrevivencia superior al 40%, se observan en el Cuadro N° 4.

Con este ritmo de incremento anual se estima que estas especies alcanzarían entre 11 y 17 m de altura y entre 10 y 18 cm de DAP a la edad de 10 años, lo cual es un crecimiento bastante bueno.

- De las especies de coníferas plantadas, en 1977, habían desaparecido *Cryptomeria japonica*, *Abies religiosa*, *Pinus strobus chiapensis*, *P. caribaea* var. *hondurensis*, *P. tenuifolia*, *P. jeffreyi*, *P. maximartinezii*, *P. oocarpa* y *P. cembroides* (éste último debido principalmente al vandalismo por ser un pino piñonero).
- De las 5 especies restantes de *Pinus*, la situación en sobrevivencia e incremento medio anual, en altura y diámetro hasta 1977, se resume en el Cuadro N° 5.

ESPECIE	PROCEDENCIAS	EDAD (meses)	SOBREVIV. (%)	IMAD (cm)	IMAA (m)
<i>Pinus radiata</i> Benth.	-- --	94	84	1.2	1.33
<i>P. patula</i> Schl.et Cham.	s/n	94	80	1.1	0.99
<i>P. pseudostrobus oaxacana</i> Martz.	Ixtlán Oaxaca	106	84	1.3	0.94
<i>P. ponderosa</i> Dougl.	-- --	94	64	1.3	0.77
<i>P. montezumae</i> Lindl.	s/n	94	48	0.9	0.55

IMAD: Incremento Medio Anual en Diámetro. IMAA: Incremento Medio Anual en Altura.

Nota: Medición realizada en mayo de 1977.

Cuadro N° 5. Datos de sobrevivencia, incremento en altura y DAP de las especies de coníferas más sobresalientes del arboretum Cuauhxinachtli, México. (Fecha de plantación: 1968-1969).

Al comparar los valores de *P. patula* con los obtenidos en el *arboretum* de Barranca de Cupatitzio, se observan resultados más consistentes en sobrevivencia y mucho mayores incrementos en altura. Sin embargo, al hacer la misma comparación con los resultados del primer ensayo de especies (PF-1) de este Campo Experimental, el valor del incremento en altura de *P. patula* es menor.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización.

Las coordenadas geográficas que corresponden al Campo Experimental Barranca de Cupatitzio son 19° 26' de latitud norte y 102° 06' longitud oeste. La altitud de las dos áreas experimentales que se describen en este trabajo, va de los 1,760 a los 1,850 msnm.

Clima.

De acuerdo con la clasificación de Köppen modificado por E. García (1964)² y tomando en cuenta un período de 3 años (1978 a 1980), el tipo de clima que corresponde a la estación de Barranca de Cupatitzio es templado subhúmedo, con lluvias en verano, C(w₂)b(i'), el cual presenta la temperatura media del mes más frío en enero con 14.1° C; el mes más caliente se presenta en junio con 19.4° C, la temperatura media anual es de 17.1° C con una máxima extrema de 32° C en el mes de mayo y una mínima extrema de 0.0° C en enero.

La precipitación media anual es de 1,538.76 mm y la época de lluvia abarca de junio a septiembre, siendo el porcentaje de lluvia invernal de 6.8% de la anual (Cuadro No. 6).

Suelos.

Para la descripción del suelo se realizó un perfil en el *arboretum*; de acuerdo a las características más importantes del mismo y según el sistema de clasificación de suelos FAO-UNESCO modificada por CETENAL (1970)³, es del grupo de los

² García, E. 1964. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). 71 p.

³ FAO-UNESCO. 1970. Unidades de suelo del sistema FAO-UNESCO. Modificada por CETENAL. 20 p.

Andosoles, derivado de cenizas volcánicas recientes, de textura ligera, con alta capacidad de retención de agua y nutrientes y con una fuerte fijación de fósforo. Corresponde al subgrupo Vitrico, por su textura gruesa y presencia de fragmentos de vidrio volcánico, de la serie: Cupatitzio; tipo Arenoso; fase Profundo (Cuadros N° 7 y 7a).

MES	TEMP. MÁX. (°C)	TEMP. MÍNIMA (°C)	TEMP. MEDIA (°C)	TEMP. MÁX. EXTER. (°C)	TEMP. MÍNIMA EXTER. (°C)	PRECIPITACIÓN (mm)	EVAPORACIÓN (mm)
Enero	23.0	4.2	14.1	26.0	0.0	81.8	87.8
Febrero	23.0	6.4	14.8	28.0	2.0	6.2	82.8
Marzo	25.9	6.3	16.1	30.0	2.0	2.2	138.2
Abril	27.6	8.2	17.9	30.0	4.0	12.2	158.8
Mayo	28.5	10.1	19.2	32.0	3.0	21.8	186.1
Junio	26.0	12.8	19.4	31.0	9.0	215.2	112.2
Julio	24.2	12.7	18.5	29.0	7.0	316.8	164.4
Agosto	23.7	12.8	18.2	27.0	10.0	368.3	88.3
Septiembre	23.1	12.7	17.9	26.0	6.0	400.6	78.0
Octubre	24.5	10.5	17.5	28.0	5.0	83.4	111.7
Noviembre	23.3	8.1	15.7	27.0	3.0	22.2	77.9
Diciembre	23.0	7.2	15.1	26.0	1.0	8.0	68.0

Promedio anual de temperatura = 17.1 °C; Precipitación total = 1538.7 mm; Cociente P/T = 89.98.

Cuadro N° 6. Resumen de datos climáticos de la estación metereológica de Barranca de Cupatitzio, Uruapan, Michoacán, 1978 a 1980. Tipo de clima: C(w2)b(i'). Ubicación geográfica: 19° 26' latitud norte y 102° 06' longitud oeste.

Vegetación.

Las dos áreas experimentales se encuentran rodeadas del bosque natural formado por las especies *Pinus douglasiana*, *P. lawsoni* y *P. michoacana*; los árboles de estas especies alcanzan 25 a 30 m de altura, 40 a 50 cm de DAP con edades de 50-60 años y volúmenes de 250 a 300 m³/Ha.

Entre las especies de latifoliadas más comunes se encuentra el encino (*Quercus* spp.), el madroño (*Arbutus xalapensis*), la pacata (*Clethra mexicana*) y arbustivas como la jarilla (*Baccharis* sp.) y la siempreviva (*Clusia* sp.).

Fauna silvestre.

Las especies de mamíferos que se han observado en el área y que afectan a las plantaciones son el venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*), ardilla gris (*Sciurus* sp.), la tuza (*Geomys* sp.) y la rata de campo (*Dipodomys* sp.).

Descripción de los experimentos.

Experimento PF-1.- Ensayo de 6 especies y 12 procedencias del género *Pinus*, establecido en septiembre de 1967. Este estudio quedó integrado por las especies y procedencias descritas en el Cuadro N° 8.

Diseño experimental del experimento PF-1.- Este ensayo se estableció bajo el diseño de bloques al azar con 12 tratamientos (6 especies con 2 procedencias de cada una) y 3 repeticiones o bloques. Las unidades experimentales o parcelas fueron cuadros de 3 x 3 plantas, espaciadas a 3 m y sin faja de aislamiento entre parcelas. En los 3 bloques se plantaron 27 individuos de cada procedencia, dando un total de 324 plantas para el experimento.

La superficie de cada parcela es de 7.5 x 7.5 m y el número de parcelas es de 36; el área efectiva del experimento es de 2,005 m², y el área total tomando en cuenta las calles entre los bloques es de 3,718 m².

FÍSICAS	HORIZONTE				
	A11	A12	B	B/C	C
Profundidad (cm)	0-24.5	24.5-54.0	54-77	77-140	140-200
Arena (%)	83	82	86	88	93
Limo (%)	14	13	10	8	5
Arcilla (%)	3	5	4	4	2
Textura	are-mig	are-mig	are-mig	arenosa	arenosa
Color seco	10YR5/3 café.	10YR4/2 café-gris.	10YR5/3 café.	10YR3/2 café.	10YR5/3 café.
Color húmedo	7.5YR3/2 café muy oscuro.	10YR3/1 gris muy oscuro.	7.5YR3/2 café muy oscuro.	7.5YR5/3 café muy oscuro.	7.5YR3/2 café muy oscuro.
Estructura tipo	friable	friable	friable	friable	friable
Porosidad (%)	58.95	58.17	58.51	57.40	52.89
Densidad aparen.	1.10	1.10	1.12	1.18	1.30
Densidad real	2.68	2.63	2.70	2.77	2.76
Punto de satur.	5.3	5.9	5.2	4.6	4.4

Análisis realizados en el laboratorio de suelos del Centro Regional de Investigación Forestal y Agropecuaria del Pacífico Centro.

Cuadro N° 7. Características físicas del suelo del *arboretum* de Barranca de Cupatitzio, Uruapan, Michoacán.

QUÍMICAS	HORIZONTE				
	A11	A12	B	B/C	C
Profundidad (cm)	0-24.5	24.5-54.0	54-77	77-140	140-200
pH 1:2.5 H ₂ O	6.75	6.77	6.80	6.92	6.77
HCl	5.62	5.50	6.67	6.65	5.40
Mat. Org. (%)	2.93	4.73	2.44	1.24	1.17
C.I.C.T. meq/100	14.88	14.16	12.96	12.82	11.40
Sat. bases (%)	12.07	26.08	12.02	9.62	12.79
Ca meq/100	1.83	2.45	1.61	1.35	1.46
Mg meq/100	0.99	2.89	0.85	0.62	0.80
Na meq/100	0.111	0.120	0.094	0.089	0.122
K Kg/Ha	218.7	200.0	125.0	125.0	187.5
NO ₃	8.25	14.50	4.40	9.00	12.75
P total Kg/Ha	750.0	880.0	830.0	970.0	960.0
P disp. ppm	8.00	7.5	3.6	7.5	5.5
Peso suelo Ton/Ha	2695	3245	2576	7434	7800
Alofanos		XX	XXXX		

Análisis realizados en el laboratorio de suelos del Centro Regional de Investigación Forestal y Agropecuaria del Pacífico Centro.

Cuadro N° 7a. Características químicas del suelo del *arboretum* de Barranca de Cupatitzio, Uruapan, Michoacán.

ESPECIE	LOTE	PROCEDENCIAS	PLANTAS
<i>Pinus greggii</i>	84	Carretera México-Laredo, antes de Jácala Hgo., Km 261.	27
<i>P. greggii</i>	170	Carretera Atezcan y Molango, Hgo., Km 2.	27
<i>P. herrerae</i>	74	Paraje Robleros, Dos Aguas, Mich.	27
<i>P. herrerae</i>	75	Paraje La Nieve, camino Apatzingán a Dos Aguas, Coahuila, Mich.	27
<i>P. lawsoni</i>	88	Valle de Bravo C.E.E., estado de México, Km 28.	27
<i>P. lawsoni</i>	123	Carretera Oax.-Guelatao-Tuxtepec, Km 17.	27
<i>P. oocarpa</i>	136	Valle de Bravo, estado de México.	27
<i>P. oocarpa</i>	185	Ario de Rosales-La Huacana, Mich., Km 75.	27
<i>P. patula</i>	148	Tepetlcalco-Santiago Tlaxcala, estado de México, Km 12.	27
<i>P. patula</i>	198	Aquixtla-Tetla, Pue., Km 58	27
<i>P. teocote</i>	111	Carretera México-Huachinango, Tuxpan, Hgo., Km 170.	27
<i>P. teocote</i>	141	Carretera Villa del Carbón, estado de México, Km 42.	27

Cuadro N° 8. Especies y procedencias del género *Pinus* establecidos en el C.E. Barranca de Cupatitzio, Uruapan, Michoacán. (Fecha de plantación septiembre: de 1967).

Mediciones realizadas:

A la fecha se han realizado 3 mediciones, una del mes de julio de 1976, otra en agosto de 1977 y la última en abril de 1982.

Los parámetros medidos fueron: el número de plantas vivas, la altura total y el DAP de cada árbol.

Experimento PF-2.- Ensayo de 51 especies y procedencias de *Eucalyptus* y 66 de coníferas, en el *arboretum* establecido durante los años de 1970 a 1973.

El *arboretum* quedó formado por plantaciones realizadas en 5 secciones ó ensayos diferentes. Las especies, variedades procedencias e híbridos plantadas por género fueron:

- *Eucalyptus*: 22 especies y 51 procedencias.
- *Pinus*: 52 especies y variedades, 55 procedencias incluyendo 9 híbridos.
- *Cupressus*: 5 especies y 5 procedencias.
- *Abies*: 2 especies y 2 procedencias.
- *Araucaria*: 2 especies y 2 procedencias.
- *Cryptomeria*: 1 especie y 1 procedencia.
- *Sequoia*: 1 especie y 1 procedencia.
- *Liquidambar*: 1 especie y 1 procedencia.

En total se establecieron 308 parcelas de 36 m² cada una, con 25 plantas por parcela, espaciadas a 1.5 x 1.5 m, el espaciamiento entre parcelas y secciones fué de 3.0 m, siendo la superficie total de 2-49-48 Ha. La lista de las secciones, el número de parcelas por sección y el número de plantas se indican en el Cuadro N° 9.

SECCIÓN	N° PARCELAS	N° PLANTAS
I	71	1,948
II	70	6,129
III	14	519
IV	53	1,200
V	4	115

Cuadro N° 9. Características del *arboretum* del Campo Experimental Barranca de Cupatitzio, Uruapan, Michoacán.

El total de las especies, procedencias e híbridos por sección del *arboretum* del Campo Experimental Barranca de Cupatitzio, se presenta en el Cuadro N° 10.

Sección I. Ensayo de 22 especies y 51 procedencias de <i>Eucalyptus</i> . (Fecha de establecimiento: julio de 1970).				
ESPECIE	LOTE	PROCEDENCIA	NÚMERO DE PARCELAS	NÚMERO DE INDIVIDUOS
<i>Eucalyptus botryoides</i> Sm.	CH-25	Bodalla, NSW, A.	1	25
<i>E. botryoides</i> Sm.	CH-26	Bodalla, NSW, A.	1	25
<i>E. botryoides</i> Sm.	CH-27	Bodalla, NSW, A.	1	25
<i>E. botryoides</i> Sm.	CH-28	Bodalla, NSW, A.	1	25
<i>E. botryoides</i> Sm.	CH-31	Bodalla, NSW, A.	1	25
<i>E. camaldulensis</i> Denh.	INIF-3	NSW, Australia	7	175
<i>E. camaldulensis</i> Denh.	CH-1	Alice Springs, NT, A.	1	35
<i>E. camaldulensis</i> Denh.	CH-2	Sheaparton, Victoria., A.	1	25
<i>E. camaldulensis</i> Denh.	CH-3	Yapeet, Victoria, A.	1	28
<i>E. camaldulensis</i> Denh.	CH-4	Katherine, NT, A.	1	29
<i>E. camaldulensis</i> Denh.	CH-5	Petford, Queensland, A.	1	28
<i>E. camaldulensis</i> Denh.	CH-6	Dubbo, NSW, A.	1	25
<i>E. camaldulensis</i> Denh.	CH-9	Little Swamp, SA, A.	1	25
<i>E. camaldulensis</i> Denh.	CH-10	Mildura, NSW, A.	1	25
<i>E. camaldulensis</i> Denh.	CH-11	Muniwindi, WA, A.	1	25
<i>E. camaldulensis</i> Denh.	CH-12	Wiluna, WA, A.	1	25
<i>E. camaldulensis</i> Denh.	CH-13	Derby, WA, A.	1	25
<i>E. camaldulensis</i> Denh.	CH-14	Bourke, NSW, A.	1	25
<i>E. camaldulensis</i> Denh.	CH-15	Wrothem Park, Qld., A.	1	25
<i>E. camaldulensis</i> Denh.	CH-16	Western, A.	1	25

Cuadro N° 10. Especies, procedencias e híbridos por sección del *arboretum* de Barranca de Cupatitzio, Uruapan, Michoacán.

Continua Cuadro N° 10...

Continuación del Cuadro N° 10.

Sección I. Ensayo de 22 especies y 51 procedencias de <i>Eucalyptus</i> . (Fecha de establecimiento: julio de 1970).				
ESPECIE	LOTE	PROCEDENCIA	NÚMERO DE PARCELAS	NÚMERO DE INDIVIDUOS
<i>E. camaldulensis</i> Denh.	CH-95	Australia	1	25
<i>E. camaldulensis</i> Denh.	CH-124	Chapingo, México	2	50
<i>E. camaldulensis</i> Denh.	CH-124-B	(sin datos de proced.)	1	25
<i>E. cambageana</i> Maiden	CH-101	Western, A.	1	25
<i>E. deanei</i>	CH-144	(sin datos de proced.)	1	25
<i>E. exserta</i> F. Muell	CH-54	Glenmorgan, Qld. A.	1	25
<i>E. gomphocephala</i> Adc	CH-57	Busselton, W, A.	1	25
<i>E. globulus</i>	INIF-4	(sin datos de proced.)	6	150
<i>Eucalyptus globulus</i>	INIF-4	(sin datos de proced.)	1	25
<i>E. globulus</i> Labill	129	Chapingo, México	1	25
<i>E. grandis</i> Hill ex Maiden	46	Bulahdelah, NSW, A.	1	25
<i>E. grandis</i> Hill ex Maiden	47	Atherton, Qld., A.	1	25
<i>E. gumifera</i> Hochr.	CH-72	Myall Lakes, NSW, A.	1	25
<i>E. hemiphloia</i> F. Muell ex Benth	CH-58	Victoria, A.	1	25
<i>E. leptophleba</i> F. Muell	CH-60	Hughenden, Qld. A.	1	25
<i>E. leucoxylon</i> F. Muell	CH-61	Victoria, A.	1	25
<i>E. melliodora</i>	INIF-1	(sin datos de proced.)	5	259
<i>E. microtheca</i> F. Muell	CH-121	Blue Nile, Sudan, A.	1	25
<i>E. microcorys</i> F. Muell	CH-73	New South Wales, A.	1	25
<i>E. oleosa</i> var. <i>longicornis</i> C.A. Gardn.	CH-64	Western, A.	1	25
<i>E. paniculata</i> Sm.	CH-75	New South Wales, A.	1	25

Continua Cuadro N° 10 ...

Continuación del Cuadro N° 10.

Sección I. Ensayo de 22 especies y 51 procedencias de <i>Eucalyptus</i>. (Fecha de establecimiento: julio de 1970).				
ESPECIE	LOTE	PROCEDENCIA	NÚMERO DE PARCELAS	NÚMERO DE INDIVIDUOS
<i>E. paniculata</i>	INIF-2	(sin datos de proced.)	1	25
<i>E. populnea</i> F. Muell	CH-66	Hungerford, NSW, A.	1	25
<i>E. punctata</i> DC.	CH-76	Quensland, A.	1	33
<i>E. robusta</i> Sm.	CH-79	New South Wales, A.	1	25
<i>E. saligna</i>	CH-42	Bulahdelah, NSW, A.	1	25
<i>E. tereticornis</i> Sm.	CH-33	Herberton, Qld., A.	1	29
<i>E. tereticornis</i> Sm.	CH-34	Cooktown, Qld., A.	1	32
<i>E. tereticornis</i> Sm.	CH-35	Cooktown, Qld., A.	2	50
<i>E. tereticornis</i> Sm.	CH-36	Cooktown, Qld., A.	1	25
<i>E. tereticornis</i> Sm.	CH-38	Palmerville, Qld., A.	2	50
<i>E. tereticornis</i> Sm.	CH-39	Grafton, NSW, A.	1	25
<i>E. tereticornis</i> Sm.	CH-40	Sutter River, Qld., A.	1	24
Sección II. Ensayo de 41 especies de coníferas incluyendo 10 híbridos de <i>Pinus</i>. (Fecha de establecimiento: julio de 1971).				
ESPECIE	LOTE	PROCEDENCIA	NÚMERO DE PARCELAS	NÚMERO DE INDIVIDUOS
<i>Araucaria angustifolia</i>	s/n	(sin datos de proced.)	2	40
<i>Cryptomeria japonica</i>	s/n	(sin datos de proced.)	1	34
<i>Pinus attenuradiata</i>	H-0	(sin datos de proced.)	1	15
<i>P. caribaea</i>	s/n	(sin datos de proced.)	1	1
<i>P. cooperi</i>	4	Carr. Dgo.-Mazatlán, Km 101,5.	6	292

Continúa Cuadro N° 10 ...

Continuación del Cuadro N° 10.

Sección II. Ensayo de 41 especies de coníferas incluyendo 10 híbridos de <i>Pinus</i> . (Fecha de establecimiento: julio de 1971).				
ESPECIE	LOTE	PROCEDENCIA	NÚMERO DE PARCELAS	NÚMERO DE INDIVIDUOS
<i>P. duranguensis</i>	8	El Rey, Serie El Largo Chih., Chih.	6	284
<i>P. engelmani</i>	18	Carr. Dgo.-Mazatlán	6	302
<i>P. greggii</i>	170	Atezca, Molango, Hgo.	6	213
<i>P. halepensis</i>	s/n	(sin datos de proced.)	6	183
<i>P. hartwegii</i>	191	Tlamacas, Méx.	6	150
<i>P. lawsoni</i>	123	Carr. Guelatao-Tuxtepec, Oax., Km 17.	6	315
<i>P. leiophylla</i>	192	Carr. federal México-Cuernavaca, Km 60.	6	198
<i>P. maximartinezii</i>	268	Juchipila, Zac.	6	281
<i>P. merkusi</i>	s/n	(sin datos de proced.)	4	100
<i>P. michoacana</i>	252	C.E.F. Barranca de Cupat. área semillera.	6	190
<i>P. michoacana procera</i>	244	Carr. Tlaxiaco-Putla, Oax., Km 15.	6	170
<i>P. montezumae macrocarpa</i>	129	Autopista Méx.-Pue. Km 30.	6	269
<i>P. montezumae</i> Lindl.	143	Carr. Jilotepec-Toluca Km 23.	6	150
<i>P. oocarpa</i>	327	Carr. Ario de Rosales-Apatz., Mich., Km 20.	6	181
<i>P. patula</i>	216	Carr. Zacualtipan-Molango, Hgo., Km 6-13.	6	200

Continua Cuadro N° 10 ...

Continuación del Cuadro N° 10

Sección II. Ensayo de 41 especies de coníferas incluyendo 10 híbridos de <i>Pinus</i> . (Fecha de establecimiento: julio de 1971).				
ESPECIE	LOTE	PROCEDENCIA	NÚMERO DE PARCELAS	NÚMERO DE INDIVIDUOS
<i>P. patula x P. oocarpa</i>	H-8	Placerville, CA, E.U.A.	1	25
<i>P. patula x P. patula</i>	H-5	Placerville, CA, E.U.A.	1	25
<i>P. patula x P. pringlei</i>	H-6	Placerville, CA, E.U.A.	1	25
<i>P. patula x P. teocote</i>	H-7	Placerville, CA, E.U.A.	1	25
<i>P. ponderosa x P. hartwegii</i>	H-9	Placerville, CA, E.U.A.	1	25
<i>P. pringlei</i>	87	Valle de Bravo, Méx.	1	223
<i>P. ponderosa x P. montezumae</i>	H-1	Placerville, CA, E.U.A.	1	25
<i>P. ponderosa x P. ponderosa</i>	H-2	Placerville, CA, E.U.A.	1	25
<i>P. ponderosa x P. pseudostrobus</i>	H-3	Placerville, CA, E.U.A.	1	25
<i>P. ponderosa x P. pseudostrobus</i> var. <i>oax.</i>	H-4	Placerville, CA, E.U.A.	1	25
<i>P. pseudostrobus</i>	124	Llano de Flores, carr. Oax.-Tuxtepec, Oax.	6	200
<i>P. pseudostrobus</i> var. <i>oax.</i>	120	Carr. Oax.-Tuxtepec, Oax., Km 19-27.	6	205
<i>P. pseudostrobus apulcensis</i>	172	Carr. Méx.-Laredo, Hgo., Km 228-230.	6	272
<i>P. pseudostrobus coatepensis</i>	125	Carr. Guelatao-Tuxtepec, Oax., Km 84.	6	232

Continua Cuadro N° 10 ...

Continuación del Cuadro N° 10

**Sección II. Ensayo de 41 especies de coníferas incluyendo 10 híbridos de *Pinus*.
(Fecha de establecimiento: julio de 1971).**

ESPECIE	LOTE	PROCEDENCIA	NÚMERO DE PARCELAS	NÚMERO DE INDIVIDUOS
<i>P. remorata</i>	102	Punta Sur, Isla de Cedros, B.C.	6	211
<i>P. rzedowski</i>	s/n	Dos Aguas, Mich.	1	32
<i>P. roxburghii</i>	s/n	(sin datos de proced.)	6	271
<i>P. rudis</i>	128	Carr. Méx.-Texcoco-Calpulalpan, Tlax., Km 61-63.	6	272
<i>P. strobus</i> var. <i>chiapensis</i>	226	Carr. Bechil-Pichucalco, Chiapas, Km 11.	6	188
<i>P. tenuifolia</i>	155	Pino Gordo, Cd. Hgo., Mich.	6	206
<i>Sequoia sempervirens</i>	s/n	(sin datos de proced.)	1	24

**Sección III. Ensayo de 12 especies, variedades y procedencias de *Pinus*.
(Fecha de establecimiento: junio de 1972).**

ESPECIE	LOTE	PROCEDENCIA	NÚMERO DE PARCELAS	NÚMERO DE INDIVIDUOS
<i>Pinus ayacahuite - brachyptera</i>	236	San Antonio de las Alazanas, Coah.	1	26
<i>P. ayacahuite veitchii</i>	68	Carr. Oax.-Tuxtepec, desv. N° 1000, Km 155.	1	28
<i>P. cembroides</i>	235	San Antonio de las Alazanas, Coah.	1	50
<i>P. herrerae</i>	109	El Roblero, al oeste Dos Aguas, Mich., Km 3.	1	25

Continúa Cuadro N° 10 ...

Continuación del Cuadro N° 10

Sección III. Ensayo de 12 especies, variedades y procedencias de <i>Pinus</i>. (Fecha de establecimiento: junio de 1972).				
ESPECIE	LOTE	PROCEDENCIA	NÚMERO DE PARCELAS	NÚMERO DE INDIVIDUOS
<i>P. montezumae</i>	258	C.E.F. San Juan Tetla, Pue. (área semillera).	1	25
<i>P. montezumae</i>	251	C.E.F. San Juan Tetla, Pue.	1	63
<i>P. montezumae</i>	251a	C.E.F. San Juan Tetla, Pue.	1	25
<i>P. montezumae</i>	31	Col. Manuel A. Camacho Carr. México-Puebla.	1	50
<i>Pinus montezumae</i>	144	Carr. Jilotepec-Toluca, Méx., Km.22.	1	33
<i>P. nigra</i> var. <i>calatrica</i>	ET-50	(sin datos de proced.)	1	49
<i>P. nigra</i>	ET-65	(sin datos de proced.)	1	46
<i>P. pinaster</i>	s/n	(sin datos de proced.)	1	39
<i>P. teocote</i>	s/n.	(sin datos de proced.)	1	25
<i>P. wallichiana</i>	s/n	(sin datos de proced.)	1	35
Sección IV. Ensayo de 17 especies y procedencias de <i>Pinus</i> y 5 de <i>Cupressus</i>. (Fecha de establecimiento: agosto de 1973).				
ESPECIE	LOTE	PROCEDENCIA	NÚMERO DE PARCELAS	NÚMERO DE INDIVIDUOS
<i>Cupressus arizonica</i>	s/n	(sin datos de proced.)	2	50
<i>C. lindleyi</i>	s/n	(sin datos de proced.)	3	75
<i>C. lusitanica</i>	s/n	(sin datos de proced.)	1	25

Continua Cuadro N° 10 ...

Continuación del Cuadro N° 10

Sección IV. Ensayo de 17 especies y procedencias de <i>Pinus</i> y 5 de <i>Cupressus</i> . (Fecha de establecimiento: agosto de 1973).				
ESPECIE	LOTE	PROCEDENCIA	NÚMERO DE PARCELAS	NÚMERO DE INDIVIDUOS
<i>C. sempervirens</i>	s/n	(sin datos de proced.)	2	50
<i>C. tolurosa</i>	s/n	(sin datos de proced.)	2	50
<i>Pinus ayacahuite</i>	s/n	(sin datos de proced.)	2	50
<i>P. ayacahuite veitchii</i>	s/n	(sin datos de proced.)	2	50
<i>P. brutia</i>	s/n	(sin datos de proced.)	1	25
<i>P. castanea</i>	s/n	(sin datos de proced.)	1	25
<i>P. canariensis</i>	s/n	(sin datos de proced.)	4	100
<i>P. cembroides</i>	235	San Antonio de las Alazanas, Coah.	2	50
<i>P. douglasiana</i>	s/n	(sin datos de proced.)	3	75
<i>P. herrerae</i>	109	El Roblero, al oeste de Dos Aguas, Mich., Km 3.	2	50
<i>Pinus jeffreyi</i>	s/n	(sin datos de proced.)	3	75
<i>P. kesiya</i>	s/n	(sin datos de proced.)	3	75
<i>P. laricia</i>	s/n	(sin datos de proced.)	3	75
<i>P. muricata</i>	s/n	(sin datos de proced.)	1	25
<i>P. pinaster</i>	s/n	(sin datos de proced.)	2	50
<i>P. pinceana</i>	s/n	(sin datos de proced.)	2	50
<i>P. radiata</i>	s/n	(sin datos de proced.)	2	50
<i>P. sylvestris</i>	s/n	(sin datos de proced.)	3	75
<i>P. teocote</i>	s/n	(sin datos de proced.)	2	50

Continua Cuadro N° 10 ...

Continuación del Cuadro N° 10

Sección V. Ensayo de 3 especies de coníferas y de latifoliadas. (Fecha de establecimiento: agosto de 1973).				
ESPECIE	LOTE	PROCEDENCIA	NÚMERO DE PARCELAS	NÚMERO DE INDIVIDUOS
<i>Abies religiosa</i>	s/n	(sin datos de proced.)	1	33
<i>A. vejari</i>	s/n	(sin datos de proced.)	1	32
<i>Araucaria excelsa</i>	s/n	(sin datos de proced.)	1	25
<i>Liquidambar styraciflua</i>	s/n	(sin datos de proced.)	1	25

Mediciones realizadas

Se realizaron evaluaciones de sobrevivencia y crecimiento en altura de algunas de las especies más sobresalientes durante los años de 1974 a 1977. La única medición completa de todo el *arboretum* se efectuó durante los años de 1980 a 1981, mismas que se analizan en el presente trabajo.

RESULTADOS

Después de casi 14 años de existencia de este ensayo de especies y procedencias o experimento PF-1, los resultados obtenidos en porcentaje (%) de sobrevivencia, crecimiento en altura y en diámetro, aparecen en el Cuadro N° 11. En este cuadro se observa que la sobrevivencia en general ha sido muy baja debido al mal manejo de la planta, como se mencionó anteriormente.

Los crecimientos en altura más importante los registran las especies *Pinus greggii* (lote 170), *P. patula* (lote 142) y *P. herrerae* (lote 75), con incrementos medios mayores de 1 metro por año.

ESPECIE	LOTE	SOBREVIVENCIA (%)	DIÁMETRO (cm)	IMAD (cm)	ALTURA (cm)	IMAA (m)
<i>Pinus greggii</i>	170	44	24.1	1.6	15.4	1.05
<i>P. herrerae</i>	75	33	30.1	2.1	14.7	1.02
<i>P. patula</i>	142	4	20.1	1.4	14.8	1.01
<i>P. patula</i>	198	11	27.3	1.9	14.6	1.00
<i>P. herrerae</i>	74	18	30.7	2.1	13.8	0.94
<i>P. greggii</i>	84	52	24.4	1.7	13.7	0.94
<i>P. lawsoni</i>	88	15	15.2	1.0	9.7	0.66
<i>P. teocote</i>	141	4	15.4	1.0	8.2	0.56
<i>P. oocarpa</i>	136	15	15.5	1.0	7.8	0.53
<i>P. teocote</i>	111	18	13.3	0.9	7.3	0.50
<i>P. oocarpa</i>	185	7	12.4	0.8	7.2	0.48

IMAD: Incremento Medio Anual en Diámetro. IMAA: Incremento Medio Anual en Altura.

Nota: Medición realizada a los 175 meses de edad

Cuadro N° 11. Datos de sobrevivencia, crecimiento en altura y en diámetro de 6 especies y 12 procedencias de *Pinus* en el C.E. Barranca del Cupatitzio, Uruapan, Michoacán. Experimento PF-1 (fecha de plantación: septiembre de 1967).

Los incrementos en diámetro normal (DAP) más elevados, los tuvieron las especies antes mencionadas con incrementos medios de 1.4 cm/año y mayores. De estas especies, *Pinus herrerae* (lote 74) mostró incrementos muy sobresalientes, habiendo alcanzado valores máximos hasta de 30.7 cm en los 14 años del experimento.

La mejor especie en sobrevivencia y en crecimiento en altura fue *Pinus greggii* y enseguida *P. herrerae*. La especie que tuvo valores intermedios entre estas dos especies en lo referente a crecimiento en altura y DAP fue *P. patula*, con lo cual demuestra su gran plasticidad en diversas condiciones ecológicas.

El crecimiento en altura más consistente lo mostraron *Pinus greggii*, *P. patula* y *P. herrerae*; y en DAP, *P. herrerae*, *P. patula* y *P. greggii*.

Con el propósito de presentar en forma más clara los resultados de este primer experimento PF-1, se procedió al cálculo de los incrementos medios anuales en volumen, mediante la aplicación del modelo $V = 0.000070048 D^{1.817632} A^{0.073222}$, que corresponde a una tabla de volúmenes para plantaciones de pino (Fierros, 1990)⁴. Los Incrementos Medios Anuales en Volumen se presentan en el Cuadro N° 12

ESPECIE	LOTE	IMAV (m ³)
<i>Pinus greggii</i>	170	0.05736
<i>P. herrerae</i>	75	0.08513
<i>P. patula</i>	142	0.04087
<i>P. patula</i>	198	0.07041
<i>P. herrerae</i>	74	0.08149
<i>P. greggii</i>	84	0.05403
<i>P. lawsoni</i>	88	0.01573
<i>P. teocote</i>	141	0.01358
<i>P. oocarpa</i>	136	0.01302
<i>P. teocote</i>	111	0.00954
<i>P. oocarpa</i>	185	0.00797

IMAV: Incremento Medio Anual en Volumen.

Cuadro N° 12. Incremento Medio Anual en Volumen de 6 especies y 12 procedencias de *Pinus* en el C. E. Barranca de Cupatitzio, Uruapan, Michoacán. Experimento PF-1 (fecha de plantación: septiembre de 1967)

En el Cuadro N° 12 se observa que los Incrementos Medios Anuales en Volumen más importantes los registran las especies *Pinus herrerae*, *P. patula* y *P. greggii*, con valores que oscilan entre 0.04087 a 0.08149 metros cúbicos por árbol.

⁴ Fierros G., A. M. 1990. Site quality, growth and yield, and growing space occupancy by plantations of *Pinus caribaea* var. *hondurensis* in Oaxaca, Mexico. 213 p.

En cuanto al *arboretum* o experimento PF-2, después de 7 a 10 años de vida de estos ensayos, se han obtenido los resultados que aparecen en los Cuadros N° 13 y 14, donde se pueden ver los valores de sobrevivencia y crecimiento en altura, de los géneros *Eucalyptus*, *Pinus* y *Cupressus*.

ESPECIE	LOTE	SOBREVI- VENCIA (%)	DAP (cm)	IMAD (cm)	ALTURA (m)	IMAA (m)
<i>Eucalyptus globulus</i>	INIF-4	3	16.6	1.4	15.30	1.45
<i>E.botryoides</i>	CH-28	24	16.6	1.1	10.90	1.03
<i>E.camaldulensis</i>	CH-11	8	11.9	1.0	9.25	0.87
<i>E.tereticornis</i>	CH-39	44	9.0	0.7	8.87	0.84
<i>E.tereticornis</i>	CH-38	16	9.9	0.8	8.70	0.82
<i>E.camaldulensis</i>	CH-12	16	11.1	0.9	7.87	0.74
<i>E.camaldulensis</i>	CH-4	17	9.3	0.8	7.42	0.70
<i>E.botryoides</i>	CH-31	12	8.8	0.7	7.33	0.69
<i>E.botryoides</i>	CH-27	48	9.3	0.8	6.94	0.65
<i>E.camaldulensis</i>	CH-9	44	6.7	0.5	6.75	0.64
<i>E.puncata</i>	CH-76	18	7.3	0.6	6.55	0.62
<i>E.camaldulensis</i>	CH-124	12	7.3	0.6	6.30	0.60
<i>E.camaldulensis</i>	CH-5	14	4.2	0.3	6.25	0.59
<i>E.tereticornis</i>	CH-33	14	6.5	0.5	6.25	0.59
<i>E.deanei</i>	CH-144	8	13.2	1.1	6.00	0.56
<i>E.melliodora</i>	INIF-1	25	6.5	0.5	5.26	0.57

IMAD: Incremento Medio Anual en Diámetro. IMAA: Incremento Medio Anual en Altura.

Nota: medición realizada a 127 meses de edad

Cuadro N° 13. Datos de crecimiento en altura de las 16 especies y procedencias de *Eucalyptus* más sobresalientes en el *arboretum* del C.E. Barranca de Cupatitzio, Uruapan, Michoacán. Experimento PF-2 (fecha de plantación: julio de 1970).

ESPECIE	LOTE	SOBREVI- VENCIA (%)	DAP (cm)	IMAD (cm)	ALTURA (m)	IMAA (m)
<i>Cupressus sempervirens</i>	s/n	66	10.5	1.1	6.62(a)	0.93
<i>Pinus patula</i> x <i>P.teocote</i>	H-7	20	16.7	1.5	7.52(c)	0.75
<i>P. patula</i> x <i>P.patula</i>	H-5	20	12.3	1.1	7.16(c)	0.74
<i>Cupressus sempervirens</i>	s/n	66	10.5	1.1	6.62(a)	0.93
<i>Pinus greggii</i>	170	53	10.1	0.9	6.36(a)	0.68
<i>Cupressus lindleyi</i>	s/n	54	9.0	1.0	6.17(d)	0.82
<i>P. patula</i> x <i>P.oocarpa</i>	H-8	16	8.7	0.8	5.80(c)	0.60
<i>P. tenuifolia</i>	155	39	9.6	0.8	5.43(b)	0.58
<i>P. patula</i>	216	16	10.7	0.9	5.41(c)	0.56
<i>P. pseudostrobus</i> var. <i>oaxacana</i>	120	57	8.6	0.8	5.12(b)	0.55
<i>P. pseudostrobus</i>	124	58	8.4	0.7	4.77(b)	0.51
<i>C. lusitanica</i>	s/n	32	16.1	1.7	4.56(a)	0.60
<i>P. leiophylla</i>	192	69	8.9	0.8	4.52(a)	0.48
<i>P. muricata</i>	s/n	12	12.2	1.3	4.50(d)	0.59
<i>P. strobus</i> var. <i>chiapensis</i>	226	39	5.9	0.5	4.45(b)	0.47
<i>P. montezumae</i> var. <i>lindleyi</i>	143	11	7.2	0.6	4.40(c)	0.45

IMAD: Incremento Medio Anual en Diámetro. IMAA: Incremento Medio Anual en Altura.

(a) Medición realizada a los 112 meses de edad.

(b) Medición realizada a los 113 meses de edad.

(c) Medición realizada a los 116 meses de edad.

(d) Medición realizada a los 91 meses de edad.

La medición de diámetros se realizó en octubre de 1982.

Cuadro N° 14. Datos de crecimiento en altura de las 15 especies de *Pinus* y *Cupressus* más sobresalientes en el *arboretum* del C.E. Barranca de Cupatitzio, Uruapan, Michoacán. Experimento PF-2 (fecha de plantación: julio de 1971 a agosto de 1973).

Al aplicar el mismo procedimiento para determinar el Incremento Medio Anual en Volumen que se aplicó en el experimento PF-1, los valores correspondientes a las especies de coníferas del experimento PF-2 se presentan en el Cuadro N° 15.

ESPECIE	LOTE	IMAV (m ³)
<i>Cupressus sempervirens</i>	S/N	0.00844
<i>Pinus patula</i> x <i>P. teocote</i>	H-7	0.01991
<i>P. patula</i> x <i>P. patula</i>	H-5	0.03022
<i>Cupressus sempervirens</i>	S/N	0.00931
<i>P. greggii</i>	170	0.00692
<i>Cupressus lindleyi</i>	S/N	0.00664
<i>P. patula</i> x <i>P. oocarpa</i>	H-8	0.00485
<i>P. tenuifolia</i>	155	0.00521
<i>P. patula</i>	216	0.00628
<i>P. pseudostrobus</i> var. <i>oaxacana</i>	120	0.00429
<i>P. pseudostrobus</i>	124	0.00360
<i>C. lusitanica</i>	S/N	0.01380
<i>P. leiophylla</i>	192	0.00395
<i>P. muricata</i>	S/N	0.00826
<i>P. strobus</i> var. <i>chiapensis</i>	226	0.00178
<i>P. montezumae</i> var. <i>lindleyi</i>	143	0.00247

IMAV: Incremento Medio Anual en Volumen.

Cuadro N° 15. Incremento Medio Anual en Volumen de las especies de *Pinus* y *Cupressus* más sobresalientes en el *arboretum* del C. E. Barranca de Cupatitzio, Uruapan, Michoacán. Experimento PF-2 (fecha de plantación: julio de 1971 a agosto de 1973).

En el Cuadro N° 15 se puede apreciar que los Incrementos Medios Anuales en Volumen más elevados los tienen los híbridos *Pinus patula* x *P. patula*, *P. patula* x *P. teocote* y la especie *Cupressus lusitanica*, con valores que oscilan entre 0.01380 y 0.03022 metros cúbicos por árbol.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos en los ensayos de especies y procedencias del C.E. Barranca de Cupatitzio y con las limitaciones que pueden tenerse por las deficiencias habidas en el establecimiento de los experimentos, se pueden derivar las siguientes conclusiones:

- La sobrevivencia en las plantaciones ha sido muy baja, principalmente por el deficiente manejo de la planta durante su transporte desde la ciudad de México, D.F., las condiciones de falta de humedad por tratarse de suelos arenosos muy permeables y el daño causado por roedores.
- En el primer ensayo de especies del género *Pinus* establecido en septiembre de 1967, los mayores crecimientos en altura más de 1.0 m por año, los alcanzaron las especies: *Pinus greggii* (lote 170), *P. herrerae* (lote 75) y *P. patula* (lote 142), mientras que en diámetro las más relevantes fueron: *P. herrerae* (lotes 74 y 75), *P. patula* (lote 198) y *P. greggii* (lote 84) con incrementos anuales de más de 1.5 cm.
- En cuanto a los Incrementos Medios Anuales en Volumen calculados, destacan en el experimento PF-1 establecido hace 28 años, las especies *Pinus herrerae* (lote 75 y 74) con valores de 0.08513 y 0.08149 metros cúbicos por árbol, seguidos de *P. patula* (lote 198) con 0.07041 metros cúbicos por árbol y *P. greggii* (lotes 170 y 84) con valores de 0.05736 y 0.05403 metros cúbicos por árbol.
- En los otros ensayos de especies de coníferas establecidos de julio de 1971 a agosto de 1973, los incrementos en altura más altos los tuvieron los híbridos: *Pinus patula* x *P. teocote* (H-7) y *P. patula* x *P. patula* (H-5), así como *Cupressus sempervirens* y *C. lindleyi* los cuales lograron incrementos en altura de 0.74 a 0.93 m por año.
- De las especies de los géneros *Pinus* y *Cupressus* establecidas durante el periodo de julio de 1971 a agosto de 1973, las más importantes por su Incremento Medio Anual en Volumen fueron el híbrido *Pinus patula* x *P. patula* (lote H-5) con

0.03022 metros cúbicos por árbol, *P. patula* x *P. teocote* (lote H-7) con 0.01991 metros cúbicos por árbol y la especie *Cupressus lusitanica* que alcanzó 0.01380 metros cúbicos por árbol.

- En el ensayo de especies del género *Eucalyptus*, el mayor incremento en altura (1.4 m por año), lo alcanzó la especie *E. globulus* (INIF-4), aunque el porcentaje de sobrevivencia fue muy bajo (3%); le siguió *E. botryoides* (CH-29) con 1.0 m por año y después el *E. camaldulensis* (CH-11) con aproximadamente 0.9 m por año.
- En general, todas las especies de *Eucalyptus* presentaron menores crecimientos en el C.E. Barranca de Cupatitzio que en el *arboretum* de la Universidad Autónoma Chapingo, México.
- Una vez realizados los ensayos de especies, se recomienda programar las cortas de aclareo en las parcelas más densas, donde ya se está presentando competencia por la luz, manifestándose ésta por una reducción del incremento en diámetro.
- Por la importancia que tiene este tipo de investigaciones para fundamentar el establecimiento de plantaciones comerciales en la región, se recomienda continuar con los ensayos de procedencias de las especies que han dado mejores resultados como son: *Pinus herrerae*, *P. patula*, *P. greggii*, *P. patula* x *P. patula*, *P. patula* x *P. teocote*, *Cupressus lusitanica*, *Eucalyptus globulus*, *E. botryoides*, *E. camaldulensis* y *E. tereticornis*. La planta para estos ensayos se tendrá que producir en viveros regionales y lo más cercano a las áreas de plantación para asegurar mejor adaptación al medio y con el objeto de reducir las distancias del transporte al lugar definitivo. Se sugiere repetir los ensayos en varias localidades de la región, donde existen posibilidades de realizar plantaciones forestales comerciales, para que los resultados de la investigación sean aplicables a las áreas de plantación definitivas.
- Para la evaluación correcta del desarrollo de las plantaciones de las diferentes especies forestales con potencial, se recomienda la elaboración de tablas de volúmenes por grupos de especies.

BIBLIOGRAFÍA

- FAO-UNESCO. 1970. Unidades de suelos del sistema FAO-UNESCO. Modificada por CETENAL. Forma simplificada. México, 20 p.
- Fierros G., A. M. 1990. Site quality, growth and yield, and growing space occupancy by plantations of *Pinus caribaea* var. *hondurensis* in Oaxaca, Mexico. PhD Dissertation, School of Forestry, Yale University. 213 p.
- García, E. 1964. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). Offset Larios. México. 71 p.
- Musálem S., M. A.; Bonilla, B.R. y Fierros G., A. M. 1978. *Arboretum* de la Escuela Nacional de Agricultura. Memoria de la Primera Reunión Nacional de Plantaciones Forestales. Publ. Esp. No. 13. INIF, SARH. México. pp. 122-141.

REPRODUCTION IN THE MEXICAN LIZARD, *Sceloporus torquatus* *

Ballinger Royce E.**
Lemos-Espinal Julio A.***

ABSTRACT

Collection of specimens and behavioral observation of mexican lizard *Sceloporus torquatus* were made at Cerro Calacoaya, Bellavista, Mexico State, Mexico, in mid-November 1992 and late April 1993. It was determine the reproductive pattern. The snout-vent length [SVL], body mass and conditions of gonads were measured. Some females undoubtedly mature in their first reproductive season at an age of 6 to 7 months. Culminating reproductive cycle of mexican lizard *Sceloporus torquatus* occur in a period of some weeks, between late April and first days of May.

Key words: Mexican lizard, *Sceloporus torquatus*, herpetology, reptilians.

RESUMEN

El estudio se llevó a cabo durante el mes de noviembre y finales de abril de 1992, en el Cerro Calacoaya de Bellavista, ubicado en el estado de México. Fueron colectados algunos especímenes de lagartija mexicana, *Sceloporus torquatus*, con objeto de determinar su patrón reproductivo. Se midió la masa corporal, abertura de hocico [SVL], así como la condición de sus gónadas. Se encontró que algunas hembras maduran en su primera estación reproductiva, entre los 6 y 7 meses. El ciclo

* Nota científica.

** School of Biological Sciences, University of Nebraska-Lincoln, Lincoln, NE 68588-0118. USA.

*** Investigador Titular, Dr. en Biología. CENID-COMEF. Coyoacán, México. INIFAP, SAGAR.

culminante de reproducción de la lagartija *Sceloporus*, ocurre en un periodo de varias semanas, que se ubica entre el fin del mes de abril y principio de mayo.

Palabras clave: Lagartija mexicana, *Sceloporus torquatus*, herpetología, reptiles.

Relatively few studies exist on the ecology and natural history of *Sceloporus torquatus*. Hunsaker (1962)¹ examined behavioral isolating mechanisms, Staton and Conzelmann (1975)² reported cannibalism, and Burquez *et al.* (1986)³ provided information on the herbivorous diet. *Sceloporus torquatus* is known to be viviparous, but apart from taxonomic and distributional studies (*e.g.* Olson 1990)⁴, we are unaware of other work.

To determine the pattern of reproduction and size of litters we collected small strategic samples in November and April since the reproductive cycle of several closely related species (*e.g.* *S. jarrovi* Goldberg 1971⁵, Ballinger 1973⁶, 1979⁷, *S. poinsetti*, Ballinger 1973; *op. cit.*, *S. mucronatus*, Mendez de la Cruz *et al.* 1988⁸) is well known to involve fall mating and spring parturition.

Collections of specimens and behavioral observation were made at Cerro Calacoaya, Bellavista, Mexico, Mexico in mid-November (13-17), 1992 and late April (16-25), 1993. Specimens were preserved and later examined for size (snout-vent length [SVL] and body mass) and conditions of gonads.

Figure N° 1 summarizes the reproductive condition in females. Four females (SVLs of 69-93) collected in November had developing ovarian follicles measuring 5.0 to 6.8 mm in diameter undergoing vitellogenesis. We observed courtship and two copulating

¹ Hunsaker, D., II. 1962. Ethological isolating mechanisms in the *Sceloporus torquatus* group of lizard, 16: 62-74.

² Staton, M. A., and J. Conzelmann. 1975. Cannibalism in *Sceloporus torquatus torquatus* Wiegmann (Reptilia : Sauria). 20: 147-148.

³ Burquez, N., O. Flores-Villela, and A. Hernandez. 1986. Herbivory in a small iguanid lizard, *Sceloporus torquatus torquatus*. 20: 275-278.

⁴ Olson, R. E. 1990. *Sceloporus torquatus*: its variation and zoogeography. 25: 117-127.

⁵ Goldberg, S. R. 1971. Reproductive cycle of the ovoviviparous iguanid lizard *Sceloporus jarrovi* Cope. 27: 123-131.

⁶ Ballinger, R. E. 1973. Comparative demography of two viviparous lizards (*Sceloporus jarrovi* and *Sceloporus poinsetti*). 54: 269-283.

⁷ Ballinger, R. E. 1979. Intraspecific variation in demography and life history of the lizard, *Sceloporus jarrovi*, along an altitudinal gradient. 60: 901-909.

⁸ Mendez de la Cruz, F. R., L. J. Guillette, Jr., M. Villagran Santa Cruz, and G. Casas-Andreu. 1988. Reproductive and fat body cycles of the viviparous lizard, *Sceloporus mucronatus* (Sauria : Iguanidae). 22: 1-12.

pairs in November. At this time of the year males have enlarged testes and epididymes/vas deferens filled with mature sperm.

Females collected in April either had well developed embryos, were immature, or were post-reproductive (possessed large oviducts indicative of recent parturition). Neonates were observed to be common in May although no samples were collected.

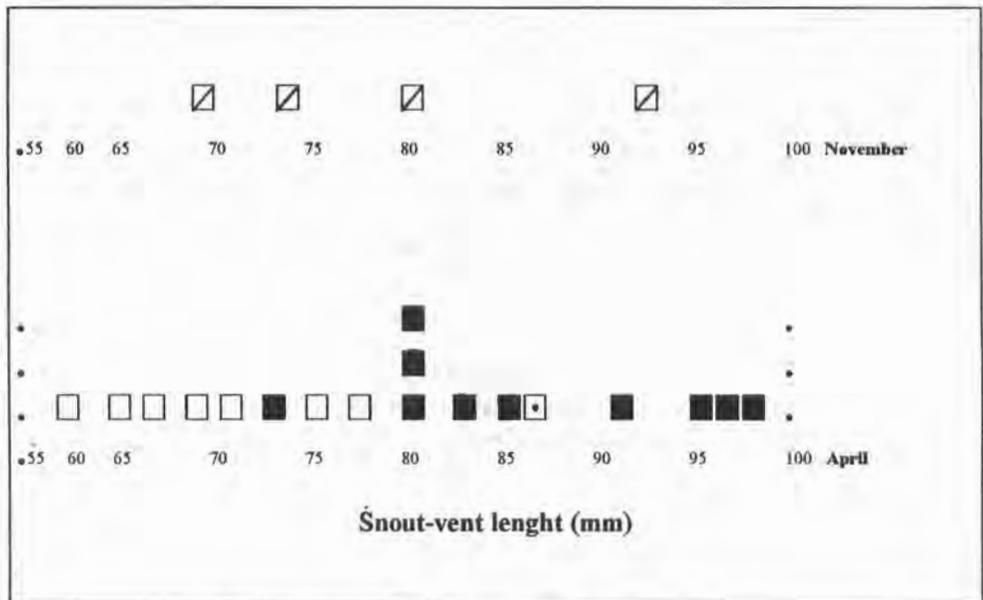
The period of reproductive activity is less synchronized than reported for *S. poinsetti* and *S. jarrovi* (Ballinger, *op. cit.*). One female collected on 24 April measured 86 mm SVL had prominent oviducts indicative of recent parturition.

Sizes of embryos in late April varied from 20-29 mm in ten females. Embryos measuring 27-29 mm had very small yolk masses (averaging 6 x 5 x 2 mm), fully developed scales and color patterns, and appeared ready for birth.

One female in April had embryos (20 mm SVL) in early stages of development without well formed scales, with enlarged eyes relative to the head, and large yolk masses (15 x 9 x 3 mm).

Two females in April had intermediately developed embryos (24 mm SVL) with some scale development, reduced eyes but no integumental color pattern, and intermediate yolk masses. Final development and parturition apparently occurs over an extended period of several weeks in late April and early May.

The variable date of parturition may result in variable ages at maturity. Although all females (4) collected in November were mature, including two that were likely less than a year old (SVLs = 69 and 72 mm) with small litters (5 and 4 vitellogenic follicles), seven (39%) females collected in April were immature.



Boxes represent single individuals. Open = immature; diagonal line = vitellogenic ovarian follicles; solid = embryos; dot = post reproductive.

Figure N° 1. Size and reproductive condition of females *Sceloporus torquatus*.

These immature females ranged from 58 mm SVL and 5.5 g to 77 mm SVL and 13.5 g. One 71 mm SVL (14.0 g) female in April had 3 embryos. The overlap in sizes of non-reproductive females (58-77 mm SVL) and reproductive females (69-97 mm SVL) suggests that reproductive maturity may occur in some yearling females (in their first reproductive season at an age of 6-7 months) but not in others. A similar occurrence of variation in maturity occurs in low altitude populations of *S. jarrovi* in Arizona (Ballinger 1979).

Litter sizes varied from 3-10 (mean = 6.43 ± 0.67 SE) and were significantly related to SVL ($r = 0.895$; $P < 0.01$; $y = -13.33 + 0.236x$; *vid., infra.*, Figure N° 2). Approximately one egg is added per 4.5 mm SVL. Females which we judged to be yearlings were either non-reproductive or had small litters (3, 4, or 5) whereas older females had larger litters (7-10 eggs or embryos).

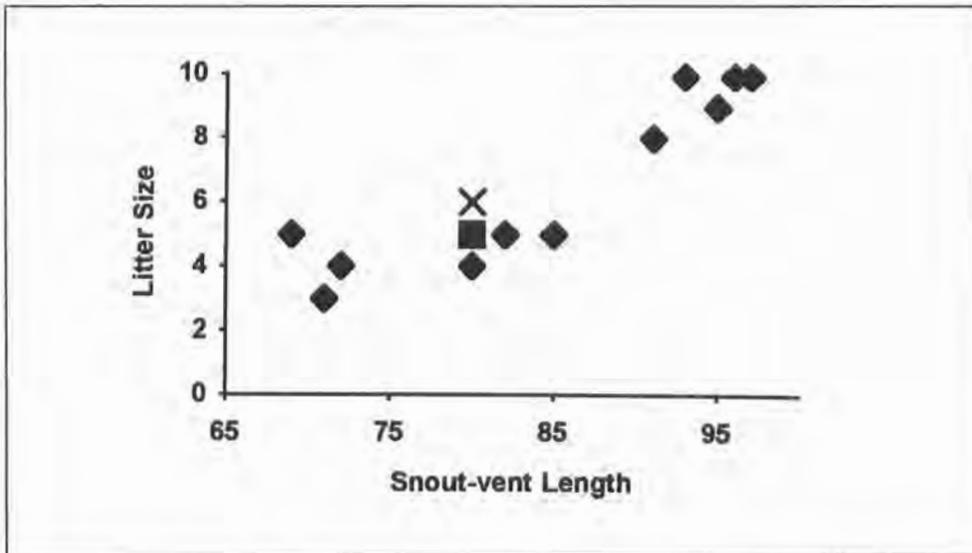


Figure N° 2. Relationship between litter size and snout-vent length in *Sceloporus torquatus*.

The reproductive pattern of *Sceloporus torquatus* is clearly similar to other species in the *torquatus* species group. Mating and vitellogenesis occurs in mid to late fall and parturition in mid to late spring. Some females undoubtedly mature in their first reproductive season at an age of 6-7 months whereas others apparently do not, but verification by mark-recapture studies is needed.

Acknowledgments: We thank Susy Sanoja-Sarabia for assistance.

REFERENCES

Ballinger, R. E. 1973. Comparative demography of two viviparous lizards (*Sceloporus jarrovi* and *Sceloporus poinsetti*). *Ecology* 54: 269-283.

- Ballinger, R. E. 1979. Intraspecific variation in demography and life history of the lizard, *Sceloporus jarrovi*, along an altitudinal gradient. *Ecology* 60: 901-909.
- Burquez, N., O. Flores-Villela, and A. Hernandez. 1986. Herbivory in a small iguanid lizard, *Sceloporus torquatus torquatus*. *J. Herpetol.* 20: 275-278.
- Goldberg, S. R. 1971. Reproductive cycle of the ovoviviparous iguanid lizard *Sceloporus jarrovi* Cope. *Herpetologica* 27: 123-131.
- Hunsaker, D., II. 1962. Ethological isolating mechanisms in the *Sceloporus torquatus* group of lizard. *Evolution* 16: 62-74.
- Mendez de la Cruz, F.R., L. J. Guillette, Jr., M. Villagran Santa Cruz, and G. Casas-Andreu. 1988. Reproductive and fat body cycles of the viviparous lizard, *Sceloporus mucronatus* (Sauria : Iguanidae). *J. Herpetol.* 22: 1-12.
- Olson, R. E. 1990. *Sceloporus torquatus*: its variation and zoogeography. *Bull. Chicago Herp. Soc.* 25: 117-127.
- Staton, M. A., and J. Cozelmann. 1975. Cannibalism in *Sceloporus torquatus torquatus* Wiegmann (Reptilia : Sauria). *Southwest. Nat.* 20: 147-148.