



**ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
"ZARAGOZA"**

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

***PRODUCCION DE SEMILLAS EN UN PINONAR
DEL ESTADO DE HIDALGO, MEXICO***

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

B I O L O G O

P R E S E N T A:

ANGELES CERVANTES EFRAIN R.



MEXICO, D. F. 1984



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

CONTENIDO

RESUMEN	Pág.
INTRODUCCION	1
A.- Importancia de la especie y su estudio	2
B.- Objetivos	5
ANTECEDENTES	6
A.- Factores que influyen en la producción de semillas	7
a.- Clima	7
b.- Nutrimientos	7
c.- Edad y tamaño del árbol	8
d.- Exposición de la copa	8
e.- Factores genéticos	9
f.- Reguladores del crecimiento	9
ASPECTOS BIOLÓGICOS DE LOS PIÑONEROS	10
A.- Taxonomía	10
B.- Distribución geográfica	13
C.- Composición florística	18
D.- Características edafológicas	18
E.- Fenología	18
DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	21
A.- Localización	21
B.- Clima	21
C.- Geología	21
D.- Topografía y edafología	23
E.- Tipo de vegetación	23
MATERIALES Y MÉTODOS	25
CARACTERÍSTICAS ECOLÓGICAS DE LOS SITIOS DE MUESTREO	29

RESULTADOS	32
DISCUSION DE RESULTADOS	40
A.- Profundidad del suelo y la vegetación	40
B.- Altura de la copa	40
C.- Exposición SW	41
D.- Calcio, Magnesio, porcentaje de afloramiento de roca y el tipo de roca dolomía	42
E.- Altura del árbol	42
F.- Potasio	43
G.- Exposición cenital y porcentaje de agua disponible	43
H.- Factores que influyen en las características de las semillas	43
I.- Depredación y producción de conos	47
CONCLUSIONES	50
OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES	51
BIBLIOGRAFIA	52
APENDICE I.....	56
APENDICE II.....	58

RESUMEN

La importancia de *Pinus camachoana* Zucc., como elemento forestal en las zonas semiáridas, el valor de sus semillas y sus cualidades biológicas, lo hacen un buen candidato para ser utilizado en la reforestación y recuperación de suelos degradados, por lo que son necesarios estudios que conduzcan al mejor conocimiento biológico de esta especie.

Los objetivos de este trabajo son: relacionar la producción de conos y semillas con algunos factores del medio ambiente como exposición, pendiente, suelo, tipo de roca, entre otros, así como con las características del árbol (altura total, altura de la copa, cobertura y d.a.p.)

Los sitios de muestreo se ubicaron a cada 50 m. del gradiente altitudinal, en la región "La Soledad" a 5 km de Cardonal - Hidalgo. En cada sitio se realizó una caracterización ecológica y se muestrearon 5 árboles, contando directamente el número de conos producidos. Se muestrearon en total 70 árboles. A partir de una muestra de 25 conos se determinó el porcentaje de germinación y viabilidad de las semillas de cada sitio.

Los resultados mostraron zonas de alta, baja y nula producción de conos. Los datos de las variables se analizaron por el método de regresión múltiple.

Se concluye que la exposición SW, suelos profundos y una mayor cobertura de la vegetación, indican condiciones más favorables para la producción de conos. En tanto que las altas concentraciones de Calcio y Magnesio, así como el efecto abrasivo del aire influyen negativamente en la producción de conos. Asimismo la formación de semillas viables se ve afectada por la exposición y dirección del viento. Se plantea que la producción de conos a intervalos irregulares favorece el éxito reproductivo de la especie.

INTRODUCCION

Los bosques de coníferas cubren aproximadamente el 15% de la superficie de la República Mexicana y constituye el pilar más fuerte de la actividad forestal (Madrigal, 1967). El género Pinus en particular aporta cerca del 80% de la producción forestal del país (SARH, 1982) y se encuentra generalmente en los siguientes macizos montañosos: Sierra Madre Oriental, Sierra Madre Occidental, Cordillera Neovolcánica, Sierra Madre del Sur, Montañas del Altiplanicie y de la Península de Baja California. El límite altitudinal de éste género es amplio ya que se encuentra desde los 300 msnm hasta los 4000 msnm (Rzedowsky, 1978). Además presenta especies y ecotipos para cada condición ecológica del país, razón por la cual el número de especies reconocidas para éste género varía según los autores entre 35 y 39 especies, lo que conforma en forma aproximada el 37% de las especies reconocidas en el mundo (Eguiluz, 1978; Martínez, 1948; Mirov, 1967). -- Por su riqueza de especies México tiene demanda, tanto nacional como extranjera de semillas para la creación de viveros y plantaciones de bosques mejorados (Lanner, 1981; Valera, 1983).

De todas las especies de pinos que existen en México, Pinus cembroides es la que tiene una distribución más amplia, sin embargo muy pocos estudios acerca de estos bosques se han realizado, la mayoría de los estudios se han centrado en el estudio aislado de las especies de mayor importancia comercial, lo cual revela la imperiosa necesidad de realizar estudios ecológicos sobre ésta especie así como de las que integran el género Pinus, para que de ésta manera se tenga un mejor conocimiento del recurso y llevar a cabo su explotación racional.

A.- IMPORTANCIA DE LA ESPECIE Y SU ESTUDIO

Pinus cembroides Zucc. produce semillas comestibles, si bien se desconoce la importancia económica que tiene el comercio de éstas, se tiene el conocimiento de que ésta especie proporciona el 90% de los piñones que se consumen en México (Martínez, 1948). Robert (comunicación personal) menciona que la práctica de comercio de semillas está más desarrollada en la parte central y oriental del país más que en la occidental donde sólo se practica el autoconsumo, debido probablemente a factores culturales. En la tabla 1 podemos observar algunos valores dietéticos de la semilla para tener una idea de su valor nutricional.

Tabla 1.- Valores dietéticos de semillas de piñoneros y algunas nueces comerciales (tomado de Lanner, 1981)

Especie	Proteínas (%)	Grasas (%)	Carbohidratos (%)
<u>P. edulis</u> ⁺	14	62-71	18
<u>P. monophylla</u> ⁺	10	23	54
<u>P. cembroides</u>	19	60	14
<u>P. quadrifolia</u> ⁺	11	37	44
<u>P. sabiniana</u>	30	51-75	12
<u>Carya illinoensis</u>	10	73	11

+ Piñoneros

Se puede observar que dentro de los piñoneros, P. cembroides es el que presenta un mayor porcentaje de proteínas, el cual es un elemento importante en la nutrición humana.

Por otra parte si tenemos en cuenta de que aproximadamente entre el 70 y 75% de la superficie nacional se encuentra en zo-

nas áridas y semiáridas, y si a esto le aunamos el hecho de que anualmente se pierden entre 200-400 mil hectáreas de suelo, debido a procesos de erosión que son favorecidos por los incendios forestales, la tala irracional, los métodos agrícolas destructivos, el excesivo pastoreo, etc. es entonces de vital importancia el estudio tanto de regeneración de ecosistemas como de especies que contribuyan de manera óptima a la recuperación de suelos degradados y sirvan como elemento reforestador para esas zonas.

Salem (1980) menciona que tanto la teoría como la práctica demuestran que en las zonas donde predomina una temporada seca - e incluso aquellas que son casi desiertos, las plantas leñosas - son las que mejor aprovechan el suelo y el clima en todo el año, además de su capacidad de protegerse a si mismo y de mejorar biológicamente el medio ambiente, también ofrecen protección a las plantas más modestas que crecen bajo su abrigo. Menciona además que los árboles, tan frecuentemente relegados a los suelos más - mediocres o cultivados exclusivamente como actividad subalterna tienen una función esencial, sino preponderante en éstas regiones: servir de marco e incluso, en algunos casos, de auténtica - base para la economía rural. De éste modo es importante resaltar las cualidades biológicas de P. cembroides que lo hacen apto para ser utilizado como elemento reforestador:

- La ubicación de sus poblaciones en zonas transicionales de -- clima y vegetación, templada y semiárida, le confieren una amplitud ecológica de tal manera que soporta sequías y heladas.
- Se desarrolla en suelos someros y profundos, sobre varios tipos de roca madre.
- Se desarrolla en suelos cuyo pH puede variar de 4 a 8.
- Crece de preferencia en laderas.
- Tiene amplia distribución en el país.
- Produce semillas de valor comercial y nutricional.

Además, Woodbury (1947, citado por Rebolledo, 1982) hace no tar que al poder establecerse en lugares donde pocos árboles lo hacen, favorecen la captación e infiltración de agua y en esa -- forma reabastecen los mantos subterráneos. La FAO (1971) menciona que árboles de P. cembroides, germinaron y se han desarrollado en Sudafrica, donde se probó su resistencia a sequías y heladas, por lo cual también lo recomienda para la reforestación, -- siendo necesario entonces conocer a fondo su biología y más básicamente su biología poblacional.

Lo anterior aunado a la necesidad de realizar estudios sobre la producción de semillas en árboles forestales de México -- son razones por las cuales se realizó el presente trabajo.

OBJETIVO GENERAL

Contribuir al conocimiento de algunos factores ecológicos que influyen en la producción de -- semillas, de Pinus cembroides Zucc.

OBJETIVOS PARTICULARES

- Relacionar la producción de conos y semillas con la altitud, la exposición, la pendiente y el tipo de roca.
- Relacionar la producción de conos y semillas con aspectos edafológicos como: profundidad - de suelo, contenido de materia orgánica, capacidad de intercambio catiónico total, macronutrientes (N, P, K, Ca y Mg), así como con el porcentaje de agua disponible en el suelo.
- Relacionar la producción de conos y semillas con aspectos de vegetación (% de vegetación, % de afloramiento de roca, densidad arbórea) y características del árbol (altura total del árbol, altura de la copa, DAP y cobertura).
- Determinar el porcentaje de viabilidad y de germinación de semillas de Pinus cembroides.

ANTECEDENTES

Los estudios sobre la ecología de los bosques así como de las especies forestales, son importantes puesto que nos ayudan a comprender los mecanismos por los cuales éstos se han mantenido al través del tiempo. De éste modo el estudio de la ecología de poblaciones, es tal vez de mayor importancia, pues como cita Sarukhán (1979) "El enfoque demográfico es uno de los varios que pueden aplicarse al estudio de las biología poblacionales, pero es el básico para el entendimiento del flujo numérico, de las causas de selección, de los mecanismos de regulación y finalmente de los derroteros evolutivos de las especies."

Peters (1981), Sarukhán y Harper (1973) señalan que dentro del estudio de poblaciones vegetales, el enfoque demográfico implica un conocimiento íntimo del ciclo de vida de la población en estudio y que dentro de éste ciclo, una de las fases menos conocidas es la que abarca las etapas iniciales de flor, fruto y plántula. La producción de flores, frutos y semillas son fases del ciclo de vida en las cuales se verificará la reducción numérica, pues son éstas fases las que sufren la tasa más alta de mortalidad y también las fases que gobiernan el nivel futuro de la población. De éste modo, la regeneración de un bosque puede ser descrita en tres etapas básicas: 1) Producción y destino de semillas; 2) Crecimiento y sobrevivencia de plántulas y 3) Crecimiento y sobrevivencia de árboles adultos. Pandeya et al (1968) menciona que la producción de semillas representa la capacidad potencial de una especie para reproducirse a si misma. Así la producción de semillas es de especial interés para los dasónomos lo que ha llevado a realizar numerosas investigaciones sobre los factores que afectan la calidad y cantidad de semillas de especies forestales.

A.-FACTORES QUE INFLUYEN EN LA PRODUCCION DE SEMILLAS.

Según Niembro (1983) la iniciación de las yemas florales tiene lugar cuando el meristemo vegetativo cambia su patrón de crecimiento a fin de producir las primeras células que darán origen a los órganos florales. Este cambio está regulado tanto por factores externos como por internos. Los factores que mayor influencia ejercen sobre la producción de flores y semillas son: clima, nutrimentos, edad y tamaño del árbol, exposición de la copa, constitución genética de la planta y por algunos reguladores del crecimiento.

a.-CLIMA.- Las condiciones del tiempo ejercen un control sobre la producción de semillas, ya que influyen en la formación de yemas florales. Mathews (1963) y Kramer & Kozlowsky (1960) mencionan que en condiciones de alta temperatura, luz adecuada y humedad se promueve una elevada tasa de fotosíntesis, así como la acumulación de carbohidratos, lo cual conduce a una alta producción de semillas. Niembro (1983) señala que la luz es un factor de gran importancia, al grado de que los hábitos de floración en muchas especies forestales están regulados por la intensidad, duración y calidad de la luz que reciben. Períodos prolongados de lluvia o falta de humedad disminuyen la cantidad y calidad de semillas, por impedir la polinización en el primer caso e inhibición de la maduración de la semilla en el segundo. Mathews (1963) cita un experimento en el que se incrementó la producción de conos en Pinus palustris con solo aplicar riego al sitio experimental.

b.- NUTRIMENTOS.- La aplicación de fertilizantes en especies forestales incrementa la floración y producción de semillas. Así el fósforo incrementa la floración y fructificación en P. nigra, el potasio tiene el mismo efecto en P. sylvestris (Mathews 1963). Combinaciones de nitrógeno y fósforo así como fósforo y potasio aumentan la producción de semillas en P. lambertiana y P. nigra

respectivamente. Kramer & Kozlowsky (1960) mencionan que los árboles que crecen en suelos muy fértiles y no compiten con otras plantas, son los que tienen crecimiento vigoroso y son los mejores productores de semillas.

C.- EDAD Y TAMAÑO DEL ARBOL.- La mayoría de los árboles producen semillas en grandes cantidades después que su período de crecimiento rápido ha ocurrido (Kramer & Kozlowsky 1960).

Mirov (1967) menciona una serie de observaciones para determinar la edad mínima de floración y producción de conos en 57 especies de pinos, encontrando que la producción de estróbilos ovulados se producían a una edad promedio de 5 años, aunque algunas especies como P. densiflora producían conos a la edad de 2 años; sin embargo éstas especies parecen alcanzar la edad reproductiva cerca de los 25 años, ya que se observó que después de su floración inicial, tienen un período de crecimiento vegetativo antes de permanecer en estado reproductivo. También se ha observado, que si bien existe un incremento gradual en la producción de conos conforme aumenta la edad de los árboles, se ha establecido que la producción de conos y semillas puede declinar en árboles muy maduros, aunque esto es variable entre las especies de pinos. Stiell (1971) menciona que cuando los pinos han alcanzado su desarrollo total, la producción de semillas está estrechamente relacionada con el diámetro del tronco.

Stephenson (1981) señala la importancia del follaje en la disponibilidad de las reservas alimenticias acumuladas en éste, para la producción de semillas, debido a que la capacidad de un árbol para producir las a una edad dada, está condicionada por su nivel de actividad metabólica y por la disponibilidad de nutrientes.

1.- EXPOSICION DE LA COPA.- Stiell (1971) encontró que la producción de semillas en árboles que fueron sembrados a diferentes

espaciamientos, el número de conos y semillas aumentaba conforme se incrementaba el espaciamiento de los árboles. Las bases fisiológicas de la capacidad de producción de semillas en árboles que crecen en lugares claros del bosque, probablemente se relacionen con la gran capacidad de carbohidratos disponibles, resultado de la alta actividad fotosintética, misma razón por la cual los árboles dominantes son los principales productores de semillas.

e.-FACTORES GENETICOS.- Según Niembro (1983) la producción de flores ésta genéticamente controlada. lo anterior se basa en que plantas de una misma especie y edad, procedentes de diferentes regiones geográficas, cuando crecen bajo condiciones ambientales similares, muestran notables diferencias en los hábitos de floración.

f.- REGULADORES DEL CRECIMIENTO.- Mathews (1963) menciona que algunas sustancias reguladoras del crecimiento como las auxinas las giberelinas y citocininas tienen un papel importante en el control interno de la floración. De las sustancias anteriores la que más se ha utilizado para el incremento de flores y semillas ha sido el ácido giberélico.

Otro factor importante que influye en la producción de semillas es la depredación. Stephenson (1981) menciona que la herbivoría sobre las hojas, principalmente en árboles perennifolios, afecta de manera significativa la producción de frutos y semillas debido a que en las hojas se encuentran, el aparato fotosintético, carbohidratos y nutrimentos almacenados, los cuales son útiles para la producción de frutos. La depredación sobre las semillas y frutos también ha sido ampliamente estudiada y se ha notado que la producción de semillas, en varias especies de pinos, afecta el tamaño poblacional de los depredadores (Smith, 1970; Schmidt y Shearer 1971; Larson y Schubert 1970).

Los resultados en cuanto a ésta depredación son variables. Janzen (1971) cita que los porcentajes de depredación de semillas varía según la localidad, el año y otros factores y que dicho porcentaje varía desde un 10 hasta un 90%. Asimismo menciona que la depredación de semillas se lleva a cabo antes y después de la dispersión de éstas.

ASPECTOS BIOLÓGICOS DE LOS PIÑONEROS

A.- TAXONOMIA.- La gran variedad de condiciones ambientales de México, ha favorecido la diversificación genética de las plantas y los representantes de éstas han sido capaces de tener un nicho ecológico en el cual prosperar. Lanner (1981) menciona que el resultado de lo anterior ha sido un arreglo confuso de la flora pinácea de México, la cual está llena de especies muy parecidas entre sí, por lo que probablemente se hibridizan frecuentemente generando una amplia intergradación de atributos. Además considera el hecho de que varios de los piñoneros encontrados en México ocupen áreas reducidas sugiere o bien que son relictos o que son especies de reciente aparición, lo cual a su vez puede ser una prueba de que México es un centro de especiación para este grupo.

La clasificación de los piñoneros de América según Mirov (1967) es la siguiente:

Género.- Pinus

Sección.- Haploxylon

Subsección.- Paracembra

Grupo.- Cembroides

Especies: P. cembroides

P. edulis

P. quadrifolia

P. monophylla

P. pinceana

P. nelsonii

P. culminicola

Robert (1982) en sus estudios sobre los bosques de Pinus cembroides en México, revisa la taxonomía de los piñoneros y ---

menciona otras especies, como son: P. maximartinezii y P. discolor, reportando además a otra especie: P. johannis. Asimismo propone otros taxa: P. cembroides var. cembroides; P. cembroides -- var lagunae y P. catarinae. Por otra parte, también propone que el grupo Cembroides este compuesto por las especies: P. monophylla, P. edulis, P. cembroides, P. johannis, P. quadrifolia y P. culminicola, haciendo notar que de todos los caracteres que distinguen, entre el propio grupo Cembroides, el más inmediatamente visible es el número de agujas por fascículo. Con base a esta característica, propone que P. cembroides aparece dentro de una serie evolutiva continua, donde los dos polos son: P. monophylla y P. culminicola. Dentro de su hipótesis propuesta las especies se ordenan de la siguiente manera:

P. monophylla → P. edulis → P. cembroides → P. johannis → P. quadrifolia → P. culminicola.

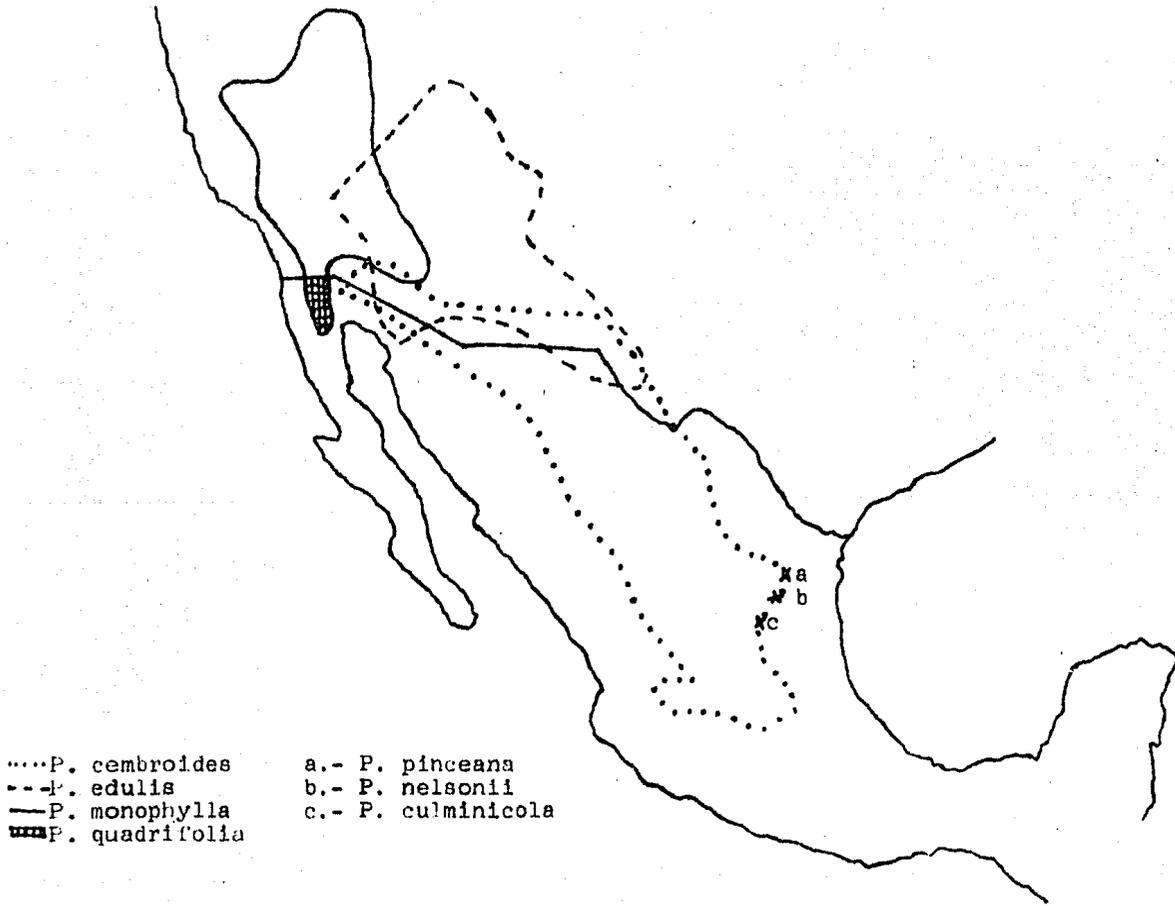
El orden anterior se basa en que P. monophylla posee solo una aguja por fascículo, P. edulis presenta dos agujas, P. cembroides presenta entre dos y tres agujas, P. johannis presenta entre dos y cuatro agujas, P. quadrifolia presenta cuatro agujas en tanto P. culminicola presenta cinco agujas por fascículo. Sin embargo debido a la actual distribución que presentan las especies, es difícil postular un desarrollo evolutivo de la forma propuesta.

Con respecto a la especie que denominó P. cembroides var. cembroides, menciona que presenta características morfológicas variables como: la talla del árbol, el color del follaje, el número de agujas por fascículo y su longitud, hace notar además que la longitud de las hojas es fluctuante, en un mismo árbol, en una misma rama y de un año a otro. Ahora bien, Mirov (1967) menciona que bajo condiciones naturales, los piñoneros posiblemente se entrecruzan, sin embargo el mismo autor menciona que el

Dr E. Little, quien ha estudiado intensamente los piñoneros, - fue incapaz de detectar cualquier forma intermedia, en áreas - traslapadas de diferentes piñoneros, por lo cual recomienda estudios biosistemáticos acompañados de pruebas de hibridación.

Las características que definen a Pinus cembroides Zucc. - son: árbol monoico, de lento crecimiento, de 5-10m de altura, - perennifolio, tallo corto, corteza cenicienta y agrietada, fascículos de color verde formado por grupos de 2-3 hojas. Los conos son subglobulosos de 5-6 cm de diametro, caedizos, algunos persistentes, con pocas escamas que sostienen las semillas. Las semillas de los piñoneros son desnudas, subcilíndricas, ligeramente triangulares, sin ala, de unos 10mm de largo, morenas o - negruzcas, abultadas en la parte superior y adelgazándose hacia la base. Las hojas son flexibles, con 2 canales resiníferos, - no presentan estomas en la cara dorsal de las agujas, el espesor de la testa del grano es de 0.2-0.5 mm, la almendra es de - color rosa, de sabor agradable y presenta de 5-10 cotiledones - en promedio (Martínez, 1948; Robert, 1982).

B.- DISTRIBUCION GEOGRAFICA.- Los bosques de piñon constituyen formaciones arbóreas abiertas que se extienden desde la parte - central de México hasta el Suroeste de los Estados Unidos (ver mapa 1). En estas áreas se encuentra generalmente asociado a - diversas especies de Juniperus (J. scopolorum, J. osteosperma, J. monosperma, J. occidentalis, J. deppeana, J. flaccida y ---- otros). Sobre esto Odum (1978) hace notar que el bosque de piñon-junipero al ocupar áreas suficientemente grandes y contar - con una fisonomía particular y una biota suficientemente característica, son bases para separarlo de los bosques de coníferas y denominarlo bioma de piñon-junipero. En México existe la ma- - yor concentración de piñoneros y de estos, Pinus cembroides es -



MAIA 1 .- Distribución de los pinos piñoneros (Tomado de Mirov, 1967).

la especie más distribuida en la República Mexicana, se presenta en 19 estados distribuyéndose en las partes bajas de la Sierra - Madre Oriental y Occidental estando en contacto con la vegetación del altiplano mexicano así como en las montañas aisladas de éste (Rzedowsky, 1978; Robert, 1982).

Entre los factores que influyen en la distribución actual de éste piñonero, Robert (1977) menciona que parece estar dada por dos factores: humano y climático.

Por parte del factor humano debido a que los bosques de éste pino constituyen relictos de bosques más amplios que han sido reducidos y marginados hacia zonas de acceso difícil, por la población humana, la que ocupó en sus diversos desplazamientos las áreas de distribución de éste bosque, de tal forma que constituyen indicadores de la movilización de grupos humanos en el pasado, entre el Estado de Puebla y la parte Norte de México.

En cuanto al factor climático es debido a la situación de transición entre climas semisecos y climas subhúmedos en la Sierra Madre Occidental, como entre climas subhúmedos y climas secos en la Sierra Madre Oriental. De éste modo, los bosques de piñón están situados entre la vegetación xerofítica de la Planicie Central y los bosques de Pinus spp. más húmedos en ambas Sierras.

Así mismo con base, en que la amplitud térmica anual puede influir en el ritmo de crecimiento de Pinus cembroides Robert (1982) distingue dos grupos de distribución:

- 1).- Las formaciones de P. cembroides sometidas a una amplitud térmica anual, superior a los 10°C (Coahuila, Chihuahua, Durango).
- 2).- Las formaciones de P. cembroides sometidas a una amplitud térmica anual inferior a los 10°C (Guanajuato, San Luis Potosí, Hidalgo, Querétaro, Veracruz y Puebla).

Menciona además que las zonas donde se encuentran estos bosques, tienen un rango de precipitación anual entre 300-700mm.

Lanner (1981) menciona que otro factor que influye en la distribución de los piñoneros, es la actividad de dispersión que efectúan aves y roedores. Un ejemplo es la urraca cascanueces - (Nucifraga colombiana), el cual colecta transporta y almacena la semillas de piñon enterrandolas en el suelo, para alimentarse de ellos en la temporada más improductiva del año (Vander & Balda, 1977).

Con respecto a los límites altitudinales de distribución de Pinus cembroides, Robert (1982) señala un límite altitudinal inferior de 1500 msnm y el límite altitudinal superior de 2900 msnm, en el cual convive con P. johannis. Observó también que en los extremos del gradiente altitudinal P. cembroides crece en formas enanas. Por otra parte es importante señalar las opiniones en cuanto a las causas de la determinación de los límites altitudinales. Robert (1973) menciona que el límite altitudinal inferior esta dado por la deficiencia de humedad, lo cual es apoyado por las afirmaciones de Daubenmire (1979) quien menciona el hecho de que plántulas de P. edulis solo pueden tolerar 12 días de marchitez permanente, por lo que en su límite inferior es sustituido por pastizales y matorrales desérticos, los cuales soportan sequias más extremas. Por otra parte Pearson (1920, citado por Rebolledo 1982) considera que son las bajas temperaturas las que limitan tanto el ascenso como el descenso en los límites altitudinales. Al respecto Robert (1982) menciona que las bajas temperaturas favorecen el crecimiento de P. cembroides y que es más bien el aumento de precipitación y humedad, los factores que limitan el ascenso. Yeaton (1982) apoya esto último, al mencionar que en sitios con alta tasa de evapotranspiración y con baja humedad se presentan condiciones no favorables para el estableci

miento de especies de pinos de agujas largas (Sección Diploxylen) y que en estas condiciones las especies de la Sección Haploxylen grupo al que pertenece el piñonero, logran una dominancia numérica. Asimismo hace notar que también el lento crecimiento del piñon, aunado a condiciones de mayor humedad, contribuyen a que sea reemplazado por otras especies, cuyo crecimiento es favorecido con el incremento de humedad.

Ahora bien, los pinos en general, desde el punto de vista ecológico, son heliófilos, se encuentran adaptados a condiciones de humedad limitadas, alta luminosidad, pueden desarrollarse sobre suelos pobres y erosionados, así como soportar variaciones extremas de temperatura, razón por la cual Mirov (1967) señala a los pinos como árboles xeromórficos, siendo los piñoneros los que se presentan en las áreas más rigurosas. El carácter xeromórfico de los piñoneros se debe a que estuvieron aislados durante los períodos interglaciales en áreas donde experimentaron severas sequías, por lo cual desarrollaron adaptaciones tales como: reducción del número de hojas por fascículo, reducción de la longitud de la hoja, así como la reducción en el número de estomas.

Daubenmire (1979) señala además que las hojas cutinizadas del piñon, lo hacen muy resistente a la desecación en condiciones de extrema sequía. De esta manera, la restricción de agua ocasiona el lento desarrollo y la baja estatura de los piñoneros (Fritts, 1978). Por esta razón generalmente se observa que los piñoneros incrementan su densidad conforme se incrementa la altitud; por el contrario, al acercarse a los límites inferiores, el bosque se presenta más abierto y el tamaño es con frecuencia menor de 2m de altura como lo ha hecho notar Robert (1982) y Reboledo (1982) en los piñoneros mexicanos. En cuanto al menor tamaño de los piñoneros en el límite superior, se desconocen las causas.

Ē.- COMPOSICION FLORISTICA.- Los bosques de P. cembroides pueden distinguirse en tres clases de acuerdo a la composición florística del estrato arboreo (Robert, 1976). estos son:

- a).- Bosque Mixto de P. cembroides, P. engelmanni, P. chihuahuana y Quercus spp.
- b).- Bosque Mixto de P. cembroides y Juniperus flaccida.
- c).- Bosque de P. cembroides en masas puras.

Asimismo plantea que la formación primaria del bosque de piñon corresponde por lo regular a un bosque mixto y la formación de masas puras es de formación secundaria causada por factores humanos. En relación a esto último, Vander & Balda (1977) encontraron que un bosque mixto de Pinus ponderosa y P. flexilis, era un área de depósito de semillas de piñon, que utiliza un corvido (Nucifraga colombiana) lo que permite aceptar la hipótesis de -- que la formación primaria corresponde a la de un bosque mixto.

Otra característica de los bosques de piñon es la pobre diversidad florística que presentan el estrato arbustivo y herbáceo. Rebolledo (1982) encontró una riqueza florística para los piñonares del altiplano potosino-zacatecano, de 17.6 especies en promedio, mencionando además que en su composición se encontraban elementos del matorral xerófilo así como de zonas húmedas, - lo cual apoya la ubicación de los piñonares como comunidades --- transicionales.

D.- CARACTERISTICAS EDAFOLOGICAS.- Robert (1982) menciona que - los piñoneros y en especial P. cembroides se desarrollan preferentemente sobre laderas, en suelos ácidos y básicos, con un rango de pH desde 4 hasta 8. Es además indiferente al tipo de roca madre y a la profundidad del suelo ya que se desarrolla en suelos someros o profundos y sobre rocas de tipo ígneo, sedimentario y metamórficos.

E.- FENOLOGIA.- En cuanto al patrón de reproducción del pino --

piñonero, nos referiremos al descrito por Little (1938, citado por Ligon, 1978); "Primero, los brotes invernales que contienen los conos primordiales comienzan a formarse en Agosto estando -- completamente formadas en Octubre. El crecimiento se reanuda en Mayo con conos completamente visibles ocurriendo la polinización en Junio. El crecimiento continúa hasta Agosto y vuelve a reanudarse en Mayo, los conos y semillas maduran en septiembre y no es sino hasta Octubre cuando los conos liberan las semillas". De éste modo los conos de P. edulis, requieren tres temporadas de crecimiento para madurar. El anterior patrón es aplicable a los demás piñoneros (ver Tabla 2) y las diferencias entre los períodos de floración entre el piñonero que se desarrolla en el -- centro de México y los que se desarrollan en Estados Unidos de -- Norteamérica se debe, según Lanner (1981) a que en las partes ca -- lidas y secas de México el crecimiento del piñon es estimulado --

Tabla 2.- Períodos de floración fructificación y dispersión de semillas en los piñoneros.

Especie	Localidad	Floración	Fructificación	D. S. #
<i>P. cembroides</i>	California	mayo-junio	nov.- dic.	dic.
<i>P. cembroides</i> ⁺	Puebla	marzo-abril	nov.- dic.	dic.
<i>P. edulis</i>	Carolina del Sur	junio	septiembre	sep-oct.
<i>P. monophylla</i>	California	mayo	agosto	sep-oct.
<i>P. quadrifolia</i>	California	junio	septiembre	sep-oct.

Datos tomados de: Seed of woody plant in United States (1979)

⁺ tomado de Valera (1973)

Dispersión de semillas.

por las primeras lluvias de primavera, manteniéndose el crecimiento hasta el verano por la temporada de lluvias, para posteriormente detener su crecimiento antes de la llegada de las heladas de otoño y del invierno. Este ritmo de crecimiento, para las poblaciones que se encuentran más al norte, donde el clima es más frío y las heladas comienzan más temprano, debe por tanto ser diferente. Así los piñoneros del norte a pesar de que pueden ser estimulados en su crecimiento por la humedad del suelo causada por la nieve fusionada, el crecimiento lo inician al elevarse las temperaturas, razón por la cual inician su crecimiento en mayo y mantienen su latencia durante el invierno. Con base en éste ritmo de crecimiento así como en características anatómicas y fisiológicas Lanmer (1981) sugiere un posible origen subtropical de los piñoneros.

En lo que respecta a la producción de semillas, los piñoneros parecen presentar variabilidad. Flores & Alanís (1981), Vander & Balda (1977), Forcella (1978), y Robert (1982) reportan que el intervalo de tiempo entre buenos años semilleros pueden ser de 2, 3, 4, 5, 6 ó 7 años. En México Robert (1976) hace notar que los campesinos de ambas Sierras establecen una relación entre lo riguroso del invierno y un buen año semillero, sin embargo ha observado que los comerciantes de la "Merced" son provisionados de semillas cada año por campesinos que provienen sobre todo de Vizarrón y Matehuala San Luis Potosí, por lo que suponen que factores independientes del clima intervienen en la producción de semillas.

DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO

A.- LOCALIZACION.- La zona de estudio se encuentra localizada en la región denominada "La Soledad", un cerro ubicado aproximadamente a 5 km al norte de Cardonal, en el Estado de Hidalgo.

Las coordenadas de la zona son:

99° 07' 05'' -- 99° 05' 50'' Longitud Oeste

20° 37' 09'' -- 20° 37' 55'' Latitud Norte

El área es una zona ejidal que corresponde a los poblados de San Miguel Tlazintla y Santuario Maphete (ver mapa 2). Estos dos poblados se conectan al poblado de el Cardonal a través de una carretera de terracería transitable todo el tiempo

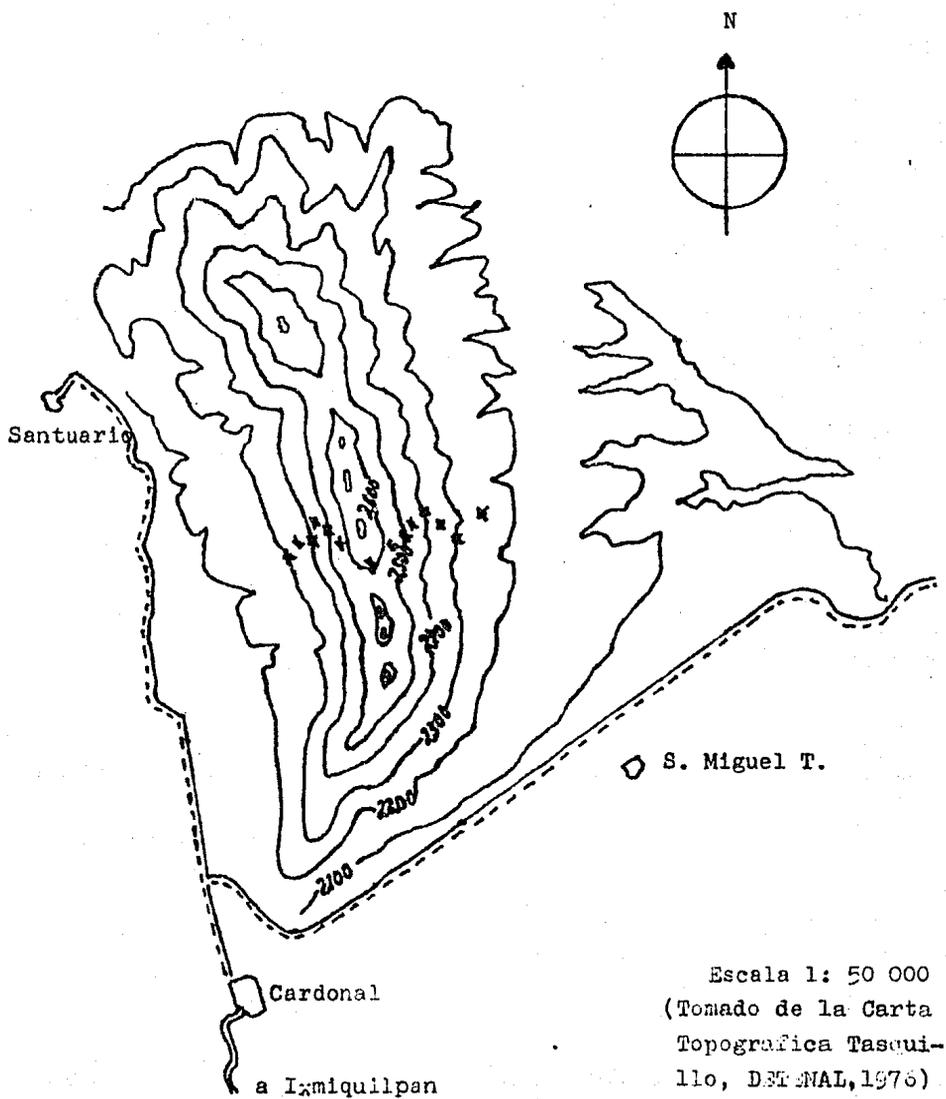
B.- CLIMA.- En poblaciones cercanas a la zona de trabajo no se encuentran estaciones climatológicas; si bien en Cardonal hubo una que trabajó durante tres años de manera irregular, hasta 1981 año en el que dejó de funcionar. En 1983 se inició la construcción de una estación climatológica, en el poblado de San Miguel Tlazintla, sin embargo aún no se tienen datos.

Según la carta climática Querétaro, editado por DETENAL (1970) el clima de la zona corresponde al tipo BS₁kw"(w)(i')g.

Lo anterior se interpreta como el menos seco de los secos, con un P/T mayor de 22.9 tipo templado con verano calido, temperatura media anual entre 12 y 18°C, la del mes más frío entre -3 y 18°C y la mes más caliente mayor de 18°C. El régimen de lluvias es de verano, con un porcentaje de lluvia invernal menor al 5% de la anual, presenta canícula y poca oscilación térmica entre 5 y 7°C, marcha tipo Ganges.

C.- GEOLOGIA.- La zona pertenece a la Sierra de Pachuca por lo que forma parte de la región minera que cruza el territorio del

MAPA 2.-Ubicación de la zona y los sitios de muestreo(X).



Estado de Hidalgo, desde Pachuca hasta Jacala, las minas existentes en la zona han sido explotadas por contener materiales plumbíferos. Según la Memoria de la Comisión Geológica del Valle del Mezquital (1938) la estructura geológica de esta eminencia corresponde a la de un amplio pliegue anticlinal, cuyo eje principal esta fracturado. Se presentan pliegues secundarios, que tienen la particularidad de seguir la dirección NW-SE, que parece ser la dirección que siguieron los principales agentes tectónicos de la región. Segerstrom (1962) opina que en tiempos turo-nianos, existió un antiguo mar, por lo cual se depositaron calizas impuras y capas clásticas en Santuario. Asimismo menciona que el levantamiento de la Sierra de Pachuca ocurrió en el Plioceno. Según Lopez-Ramos (1979) las rocas sedimentarias de esta zona, pertenecen al Cretácico inferior.

D.- TOPOGRAFIA Y EDAFOLOGIA.- El microrrelieve de ésta zona es generalmente ondulado. La pendiente varia con respecto a la altitud, de tal forma que las pendientes suaves, se presentan en las partes inferiores, en tanto las partes mas altas presentan pendientes mas fuertes, aproximadamente de 60%. Los tipos de roca que se presentan son: Caliche, hasta los 2350 msnm y por encima de dicha altitud, hasta los 2700 msnm se presenta la Dolomía. Los suelos son generalmente someros y según el Atlas Nacional del Medio Fisico (1981) pertenecen al tipo Redzinas.

E.- TIPO DE VEGETACION.- El tipo de vegetación es un bosque de pino, constituido principalmente por Pinus cembroides acompañado de Juniperus flaccida, dominante y subdominante en el estrato arbóreo. En cuanto al estrato arbustivo, se presentan variaciones, ya que en las partes inferiores de este cerro, Flourenzia resinosa es un elemento dominante, en tanto en las partes localizadas por encima de los 2300 msnm desaparece y en su lugar se pre-

sentan, aunque no con la misma dominancia, especies como Sargentia gregii, Quercus microphylla y otras (ver apéndice 1). Es importante mencionar que ésta comunidad de Pinus cembroides se localiza entre la vegetación xerofítica del Valle del Mezquital y los bosques de pinos y encinos más húmedos de la Sierra Hidalguense, con las que se encuentra en contacto hacia el Sur y Norte respectivamente.

MATERIALES Y METODOS

LOCALIZACION DE LOS SITIOS DE MUESTREO.- El estudio se inicio con un reconocimiento del área. Se notó que existían diferencias en cuanto a sustrato, cobertura de la vegetación, altura de los árboles entre otros, los cuales variaban con respecto a la altitud, razón por la cual se eligieron sitios de muestreo a cada 50 m del gradiente altitudinal, en cada una de las dos exposiciones (NE y SW). Cada uno de los sitios de muestreo se ubicó en zonas donde se consideró que representaban condiciones medias desde el punto de vista ecológico general.

TAMAÑO DE LA MUESTRA.- En la determinación del número de árboles a muestrear, se considero que la variabilidad anual de la producción de conos en los piñoneros no permite establecer un tamaño de muestra en un año determinado, sobre esta consideración, se optó por tomar la recomendación de Forcella (1981) en cuanto al tamaño de la muestra, que considera 5 árboles como estadísticamente confiables para llevar a cabo muestreos de producción de conos en piñoneros. De este modo se muestreó sobre 5 árboles por cada sitio, lo que representó un total de 70 árboles distribuidos en 14 sitios de muestreo, los cuales pueden verse en el mapa 2. La producción de conos fue determinada contando directamente el número de conos producidos por cada árbol.

La elección de los árboles fue al azar, utilizando una tabla de números aleatorios, sobre un cuadro de 1000 m² (33m x 33m) Sobre este mismo cuadro y por conteo directo se obtuvo la densidad arbórea.

Cada uno de los árboles muestreados se marcó y se le tomaron las siguientes medidas: altura total del árbol, altura de la copa (excluyendose las ramas secas de las partes inferiores), cobertura y su diámetro a la altura del pecho (DAP).

TOMA DE DATOS Y DE MUESTRAS.- Se realizó una caracterización ecológica, sobre un cuadro de 500 m², los datos ecológicos de cada sitio de muestreo se registraron en 2 fichas, la primera de las cuales comprende aspectos de geomorfología, geología, vegetación y edafológicos (Madrigal, 1967), los cuales son:
Geomorfológicos.-Altitud, exposición, pendiente y situación topográfica.

Geológicos.- Tipo de roca

Edafológicos.- Profundidad

Vegetación.- Estimación de la superficie ocupada por vegetación, rocas, material fino y hojarasca expresados en porcentaje; grados de cobertura de los estratos principales, las especies dominantes, así como un croquis de la estratificación de la vegetación.

Se colectaron muestras botánicas, y a través de la segunda ficha que registra la composición florística de la comunidad, se tomo información sobre: nombre de la misma, abundancia-dominancia (índice de Daumin-Krajina, citado por Muller & Dumbois, 1976) de la especie, su fenología, vigor y forma biológica.

Para la obtención de los datos generales de cada sitio de muestreo y de mediciones de los árboles se empleó el siguiente instrumental: altímetro, brújula, clisímetro, clinómetro, cinta métrica.

En el muestreo de suelos se midió la profundidad del mismo y se tomo una muestra que se consideró representativa de cada sitio, para su análisis fisicoquímico. Las muestras colectadas fueron secadas al aire y tamizadas en tamiz de 2 mm. Dicho análisis se realizó en el laboratorio de suelos del INIF y los métodos que se utilizaron son:

Textura.- Método de Bouyoucos

pH.- Relación 2:1 usando un potenciómetro con electrodo de vi---

drio.

Materia Orgánica (%).- Método de Walkley & Black.

Nitrógeno total.- Método de Kjeldhal.

Fósforo.- Método del ácido ascórbico.

Capacidad de campo.- Principio de membrana de presión (1/3 Bar).

Punto de marchitez permanente.- Principio de membrana de presión (15 Bar).

Agua disponible (%).- Diferencia entre capacidad de campo y punto de marchitez permanente.

CICT.- Método de extracción con Acetato de Sodio.

Ca, Mg, Na y K.- Por espectrofotometría de absorción atómica.

La toma de datos se llevo a cabo durante el período de Julio Octubre de 1983. Despues se hicieron visitas a la zona hasta -- Agosto de 1984. La colecta de conos se efectuó en Septiembre de 1983, antes de que estos abrieran.

La muestra de conos para determinar porcentaje de germinación y viabilidad de las semillas, fue de 25 conos por sitio. Los conos colectados fueron secados al sol para que abrieran y poder determinar por conteo directo el número y peso de las semillas por cada cono y en cada sitio de muestreo.

Debido a que en el procedimiento utilizado para obtener el porcentaje de germinación y viabilidad de semillas, hay una selección previa de éstas (Valera, 1983), en este caso y por los objetivos del estudio, dicha selección no se llevo a cabo. Se tomó una muestra de semillas de cada sitio y se pusieron a germinar en cajas de Petri, utilizando papel filtro doble, como sustrato (25 semillas en cada caja con 4 repeticiones por sitio). Las cajas fueron puestas en una germinadora " Seed buro, 1500" - con temperatura de 22°C y humedad controlada, no cuantificable, durante 28 días. Los datos se registraron en ficha de registro de germinación utilizado en el Laboratorio de Semillas del INIF

Las semillas que no germinaron en este lapso, se abrieron y se determinó si la semilla era vana, presentaba pudrición o daño o si estaba dura y llena, a estas últimas se les sometió a -- prueba de viabilidad con Tetrazolium, en un Vitascopio "Seed - Tester Burrows", durante 45 minutos, como sugieren experiencias hechas por el personal del Laboratorio de Semillas del IIF.

TRATAMIENTO DE DATOS.- El análisis de los datos obtenidos se hizo en computadora a través del método estadístico de análisis de Regresión Múltiple, utilizando el procedimiento mencionado por Draper & Smith (1961) "Stepwise".

CARACTERISTICAS ECOLOGICAS DE LOS SITIOS DE MUESTREO.- Los sitios se ubicaron a diferentes alturas, cada 50 m del gradiente altitudinal, como puede verse en la tabla 3. La posición topográfica de la mayoría de los sitios corresponde a ladera, ---- excepto para el sitio 8 el cual correspondió a la exposición cenital, por estar en la cima, por ésta razón tampoco presenta pendiente, el cual varía desde un 20 hasta un 60% en los otros sitios correspondiendo los mayores porcentajes a los sitios que se encontraban generalmente a más de 2450 msnm, en las dos exposiciones que presenta la zona (NE y SW).

El porcentaje de vegetación, en contacto directo con el suelo y que protege a éste de la erosión, tuvo una variación de un 10% en el sitio 4 hasta un 80% en el sitio 9, en donde se presenta mayor abundancia del estrato arbustivo.

Los dos tipos de roca identificados fueron: caliche y dolomía, el primero se presenta en los límites inferiores (2250 hasta 2390 msnm aproximadamente), en tanto que los límites superiores por encima de los 2400 msnm se presenta la dolomía. Es en estos sitios donde se presentan los mayores porcentajes de afloramiento de roca, principalmente en los sitios con exposición NE en donde dichos valores son de hasta un 40%.

La capa de hojarasca no descompuesta, que también protege al suelo de la erosión, presentó coberturas variables desde un 10 hasta un 40% en los sitios con exposición SW. En la cima se presentó el mayor porcentaje debido posiblemente a que no presenta inclinación, éste porcentaje fue de 40%. La composición de la hojarasca fue generalmente de P. cembroides.

En cuanto a la profundidad de los suelos podemos decir que se trata de suelos someros. La menor profundidad correspondió al sitio 13, con solo 10 cm, en tanto la mayor profundidad correspondió al sitio 9 con 30 cm aproximadamente. Es en éste si-

Tabla 3. - Características ecológicas de los sitios de muestreo del bosque de P. cembroides

Sitio	#conos	altitud	Exp.	pend. (%)	Roca	Prof. sue.	% de veg.	% af. roca	dens. arb.
1	37	2250	NE	40	caliche	22	40	10	95
2	45	2300	NE	20	caliche	24	60	5	83
3	95	2350	NE	20	caliche	20	30	20	43
4	--	2400	NE	25	dolomia	15	10	40	70
5	--	2450	NE	57	dolomia	20	25	40	88
6	32	2500	NE	47	dolomia	22	50	35	66
7	--	2550	NE	58	dolomia	20	50	30	100
8	10	2650	cen	--	dolomia	20	30	20	49
9	893	2550	SW	60	dolomia	30	80	5	32
10	146	2500	SW	60	dolomia	26	60	10	42
11	--	2450	SW	45	dolomia	20	50	20	35
12	41	2400	SW	35	dolomia	25	60	10	32
13	52	2350	SW	25	caliche	10	50	5	47
14	96	2300	SW	25	caliche	20	60	20	46

#conos . - el total en 5 árboles

Prof. sue. - profundidad del suelo en cm.

dens. arb. - densidad arbórea (#árboles/0.11ha)

tio en donde se presentaron dos horizontes edáficos mientras que en los demás solo se presenta uno.

Con respecto a la densidad arbórea ésta fue variable, de -- tal modo que en los sitios 9, 11 y 12 se encontraron 32-35 árboles/.1 Ha, en tanto que en el sitio 7 se presentaron 100 árboles en una área similar. Las mayores densidades se registraron en la exposición NE.

En lo que respecta a la estructura de la vegetación existen diferencias notorias. Si bien el estrato arbóreo ésta dominado por P. cembroides con muy pocos individuos de Juniperus flaccida en una relación media de 9:1, en el estrato arbustivo se presentan las diferencias. tal es el caso de los sitios ubicados en -- las partes bajas del cerro, en las cuales Fluorencia resinosa es dominante, con una cobertura para éste estrato de 60%. En tanto los sitios ubicados en las partes altas ya no presentan ésta especie y en su lugar aparecen aunque no con la misma dominancia -- arbustos como Sargentia greggii y compuestas del género Stevia y Eupatorium, las cuales se presentan abundantes pero con cobertura baja para la mayoría de los sitios. En el sitio 9 es donde -- el estrato arbustivo presenta mayor cobertura y aparecen otros -- elementos que son los dominantes como son Arctostaphylos mucro-- nata y Quercus microphylla . Lo anterior puede verse en la figura 1. Es interesante notar que en el sitio de mayor producción de conos, es también el único sitio en que se presenta la especie Lindleyella mespiloides, lo cual puede ser debido a la profundidad de suelo en ese sitio así como a la temperatura. La riqueza de especies en los sitios muestreados fue de 14 especies en promedio. Las especies registradas se muestran en el apéndice I.

RESULTADOS DE LA PRODUCCION DE CONOS Y LAS VARIABLES. QUE INFLUYEN EN SU PRODUCCION.

De acuerdo con los datos de campo, obtenidos en los árboles muestreados en 1983, datos que aparecen en la tabla número 4 y siguiendo el criterio establecido por Mathews (1963) el cual con base en la cantidad de ramas que no presentan conos y que potencialmente pueden producirlos, se puede decir que en general el año citado no fue un año semillero. Sin embargo la producción de conos no fue similar en todos los sitios, puesto que en unos fue nula (sitios 4, 5, 7, 11) en la mayoría fue baja, excepto en el sitio 9 en donde la producción fue alta, es decir cerca del 100% de ramas vivas produjeron conos.

Por otra parte, la producción de conos y el número de semillas producidas se encuentran relacionadas, sin embargo ésta relación no se presenta con respecto al porcentaje de semillas germinadas, pues como puede observarse en la tabla número 4 los sitios 3, 10, 14 que produjeron una relativa mayor cantidad de conos en comparación con otros sitios, presentan un menor porcentaje de germinación de semillas. Asimismo se puede notar que el sitio que produjo más conos, fue también el que presentó mayor porcentaje de semillas germinadas. También se puede apreciar, en la columna correspondiente a semillas viables que en casi todos los sitios, estos no se presentan, por lo cual podemos decir que las semillas que potencialmente podían germinar lo hicieron en su totalidad. Ahora bien las semillas que no germinaron correspondieron a semillas vanas o que presentaron pudrición. Los porcentajes de semilla vana tienen un rango de un 27-66%, en tanto las semillas que presentaron pudrición presenta una variación de un 5-63%.

Con respecto al tiempo de germinación de las semillas de P. cembroides, se encontró que generalmente germinan a los 14 días

y muy pocas lo hacen a los 21 días, notándose además que no presentan latencia.

Tabla 4.- Resultados de las pruebas de germinación y viabilidad de las semillas de Pinus cembroides.

Sitio	conos	G	V	P	Viables
1	37	39	47	11	3
2	45	29	66	5	-
3	95	2	35	63	-
4	--	--	--	--	-
5	--	--	--	--	-
6	32	36	30	34	-
7	--	--	--	--	-
8	10	10	27	63	-
9	893	60	28	12	-
10	146	11	49	40	-
11	--	--	--	--	-
12	41	52	31	17	-
13	52	41	34	25	-
14	96	14	61	25	-

Nota.- El número de conos corresponde al total producido por 5 árboles en cada sitio.

G es el porcentaje de germinación

V es el porcentaje de semilla vana

P es el porcentaje de semilla que presenta pudrición.

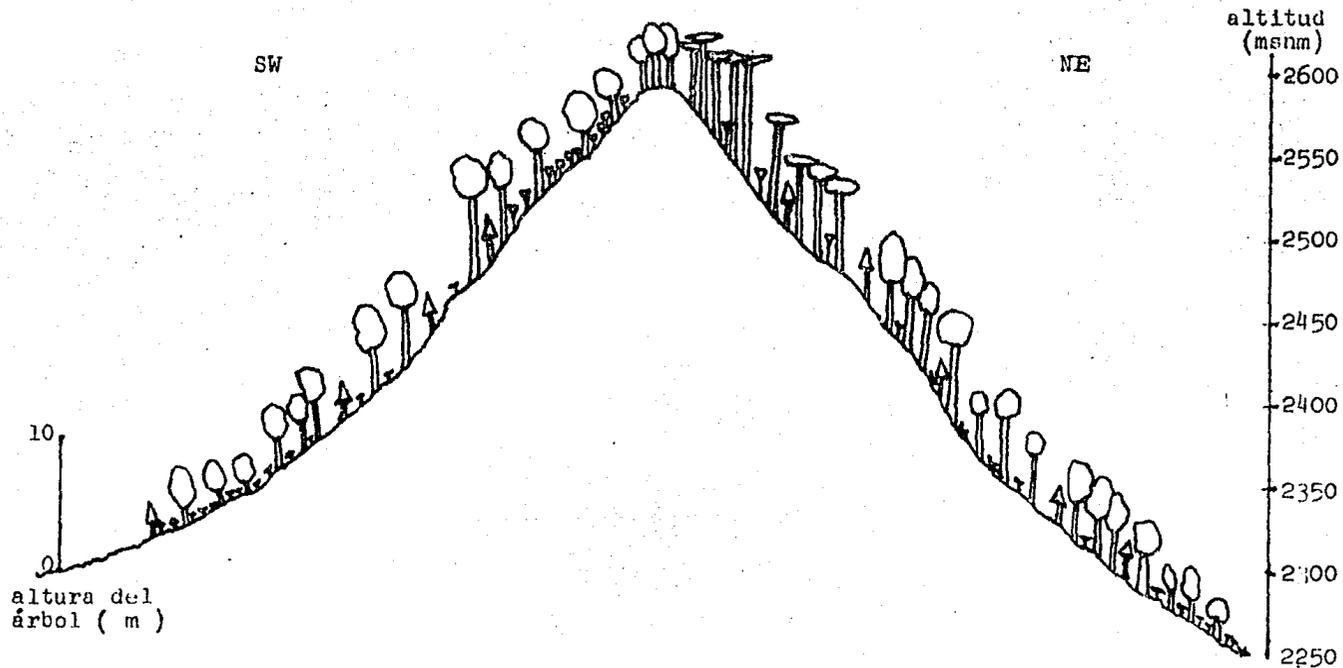
La cantidad de semillas viables también está expresada en porcentaje.

En lo que respecta a las características de el estrato arbóreo, se puede notar en el perfil obtenido, con base a las mediciones hechas a los árboles, que se presentan variaciones tanto en la altura total del árbol como en la altura de la copa. Dichas variaciones son con respecto a la altitud. Sobre este aspecto, se encontró que los árboles más grandes, aproximadamente de 10 m, se ubicaban a los 2400 msnm. Asimismo es posible notar que los árboles presentes en las partes bajas son más pequeños, pero tienen mayor altura de la copa que algunos árboles presentes a mayor altitud, que son más grandes pero con una menor altura de copa, como los que se presentan a 2550 msnm, en exposición NE. Tomando en cuenta la altura de la copa, el diametro del árbol y su altura total, podemos decir que los arboles con mayor -corpulencia se localizan en la exposición SW por encima de los 2400 msnm, siguiendoles en orden los que se presentan en las partes inferiores del gradiente altitudinal en ambas exposiciones y por último los árboles que presentan menor vigor se localizaron en las partes altas, exposición NE, en sitios con mayor densidad arbórea y mayor porcentaje de afloramiento de roca. (ver Fig. 1).

En cuanto al análisis edafológico los resultados expresados en la tabla 5 nos indican, al comparar algunas propiedades del suelo del piñonar con la de otros bosques, que el suelo de esta región es rica, ya que como podemos observar los niveles de materia organica, son normalmente mayores de 10%, superando en las tres propiedades comparadas a los suelos de los otros bosques.

Ahora bien comparando las características de las muestras del bosque de P. cembroides expresados en la tabla 5 podemos notar que el mayor pocentaje de materia orgánica correspondio al sitio 8, el cual posiblemente al no presentar pendiente, permite una mayor acumulación de hojarasca y por tanto de materia organica. Las concentraciones de nutrimentos tambien es alta, lo que

- 3 -



Perfil de la vegetación del bosque de Pinus cembroides, a través del gradiente altitudinal.

○ Pinus cembroides; ▲ Juniperus flaccida; ▼ Flouencia resinosa; ▮ Quercus microphylla
▽ Arctostaphylos mucronata; ✦ Agave sp.

Tabla 5.- Comparación de algunas propiedades del suelo del piñonar con la de otros bosques.

	M. O. (%)	Nitrogeno (%)	CIC (meq/100g)
Bosque de piñon	8-32	.3- 1.5	52-99
Asociación de ⁺ Quercus laurina- Q. rugosa	14	.38	31
Bosque de P. ⁺ leiophylla	3.63	.69	20
Bosque de P. ⁺ hartwegii	4.71	.12	19.2

+ Datos tomados de Anaya, et al (1980)

añadido a las funciones de la materia orgánica (M. O.), entre las cuales esta la de facilitar una mayor disponibilidad de nutrientes (Tamanhe, et al 1978; Duchafour, 1978) nos explica el porque una alta capacidad de intercambio catiónico, el cual varía de 52 a 99 meq/100g. Lo anterior indica, por tanto que no parece haber problemas en cuanto a disponibilidad de nutrientes, excepto para los sitios 4, 5, 7 y 8, en los cuales se puede notar un gran incremento en los contenidos de Calcio y Magnesio.

Con respecto a la textura, los suelos son generalmente de tipo franco, franco-arenoso, franco-arcilloso, franco-arcilloso-arenoso y arcillosos en muy pocos sitios.

En lo que respecta al análisis estadístico de los datos, las variables que se consideraron para poder explicar la variación de la producción de conos fueron: Altura del árbol, altura de la copa, DAP, exposición, pendiente, altitud, tipo de roca, estimación del % de vegetación, % de afloramiento de roca, profundidad del suelo, contenido de materia orgánica del suelo (%), macronu-

Tabla 6 .- Resultados del análisis físicoquímico de las muestras de suelo del bosque de P. cembroides

Sitio	alt.	Exp.	textura	pH	A. D. (%)	PMP	MO	N	P	Ca	Mg	K	CICT
1	2250	NE	fra-are	7.7	28	34.2	25	0.9	416	60	2	1.9	97
2	2300	NE	"	7.7	32	38.9	27	1	413	93	6	2.8	99
3	2350	NE	fra-arc	7.3	31	37.8	21	0.7	428	70	3	1.6	76
4	2400	NE	"	7.4	28	34.4	12	0.5	410	101	68	2.4	87
5	2450	NE	arc	7	30	35.7	14	0.7	380	118	60	1.9	89
6	2500	NE	fra-are	7.6	22	30	9	0.4	420	49	4	2.1	65
7	2550	NE	fra	7.4	27	32.5	18	0.7	420	190	35	1.6	92
8	2650	cen	fra-are	7.4	39	47.5	32	1.5	400	93	87	1.7	90
9	2550	SW	fra	7.8	28	34	19	0.8	430	60	1.7	1.8	70
10	2500	SW	fra-arc	7.1	22	26	17	0.6	430	30	1.2	2.4	70
11	2450	SW	"	7.7	25	31	17	0.6	400	46	1.3	2.2	75
12	2400	SW	arc	7.3	23	28	12	0.4	440	46	2	2.3	62
13	3350	SW	arc	7.6	23	28	8	0.3	430	52	1.6	0.9	61
14	2300	SW	fra-are-arc	7.6	19	22	11	0.5	440	42	1	0.7	54

alt. - altitud

Exp. -exposición

A.D.-agua disponible

PMP.-punto de marchites permanente

MO.-materia organica (%)

N.-nitrogeno total

P.- fósforo (ppm)

Ca.-Calcio (meq/100g)

Mg.-Magnesio "

K.-Potasio "

CICT.-capacidad de intercambio catiónico (meq/100g)

trimentos (Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Calcio y Magnesio), la capacidad de intercambio catiónico, el porcentaje de agua disponible y la densidad arbórea. La producción de conos se consideró como la variable dependiente (ver datos del análisis estadístico en el apéndice 2).

La ecuación obtenida tuvo las siguientes características:

Tabla 7.- Ecuación obtenida a partir de un análisis de regresión múltiple, de datos de producción de conos como función de variables ambientales y propias del árbol.

R múltiple = 0.8

R^2 = 0.64

F = 8.33 p 0.001

Las variables incluidas son (en orden de ingreso al modelo) :

Profundidad del suelo	Exposición cenital
Potasio	Agua disponible (%)
Altura de la copa	Calcio
Vegetación en contacto con el suelo(%)	Afloramiento de roca
Roca dolomía	Exposición SW
Altura del árbol	Magnesio

De este modelo podemos decir que el coeficiente de correlación múltiple (R múltiple), el cual nos indica una medida de asociación de las variables es relativamente alto (0.8), en tanto el coeficiente de determinación (R^2) nos da una medida de proporción de la varianza explicada por la regresión y la significancia del modelo es bastante alta, como lo indica el valor de p. Según esto, los factores que favorecen la producción de conos --

según los coeficientes de correlación (ver apéndice 2) son: la profundidad del suelo, porcentaje de vegetación, altura de la copa del árbol, la exposición SW y el tipo de roca dolomita. En tanto las variables que según los coeficientes de correlación, - influyen negativamente en la producción de conos son: Altura del árbol, exposición cenital, Magnesio, porcentaje de afloramiento de roca, Calcio, Potasio y el porcentaje de agua disponible. Si bien parece existir contradicción en cuanto al papel que parecen desempeñar algunas variables, como por ejemplo el porcentaje de agua disponible, el cual es importante en estas zonas áridas, la interpretación de estas se hará en el siguiente apartado.

Con respecto a las variables que no fueron incluidas en el modelo podemos decir que para los resultados obtenidos, permanecen indiferentes y no influyen en la producción de conos, si bien, en el caso del diámetro a la altura del pecho (DAP) se notó que su influencia es local, es decir en un mismo sitio el árbol que produjo más conos fue el que tenía mayor DAP, sin embargo en otro sitio, un árbol con menor DAP produjo mayor número de conos, que el primero, por lo cual posiblemente su influencia sea mayor en buenos años semilleros.

DISCUSION DE RESULTADOS

Con base en los resultados obtenidos, las observaciones hechas en campo y tratando de seguir un criterio ecológico, se discute el papel que desempeñan los siguientes factores en la producción de conos y semillas.

A.- PROFUNDIDAD DEL SUELO Y LA VEGETACION.- La profundidad del suelo al estar correlacionada con el porcentaje de vegetación -- ($r=0.54$), indican que una mayor cantidad de suelo implica un mayor almacen y aporte de nutrimentos (Daubenmire, 1979), lo cual se comprueba al haber una mayor cobertura vegetal en el sitio que presentó una mayor producción de conos. La importancia de la profundidad del suelo aumenta al observarse que las raíces del piñonero en esta zona, no son profundas y se extienden lateralmente, lo cual es debido según Mirov (1967) a la dureza de la roca sobre la que se desarrolla. Por otra parte una mayor cobertura de la vegetación en este tipo de zonas indican condiciones menos extremas de temperatura y humedad (Daubenmire, 1979), lo cual parece ser favorable para la producción de conos de P. cembroides. Por otra parte la correlación que existe entre la producción de conos y la profundidad del suelo fue de $r= 0.48$, el cual es similar a la correlación entre la producción de conos y el porcentaje de vegetación, $r= 0.47$. Estos valores de correlación son altos en comparación con las de otras variables, lo que puede ser un indice de su importancia.

B.- ALTURA DE LA COPA.- En el sitio de mayor producción de conos se presentaron árboles cuya copa fue de las mayores en la zona, esto es importante para la formación de conos debido a que el follaje aporta nutrimentos para la formación de los mismos. Sin embargo el coeficiente de correlación entre la altura de la copa y la producción de conos fue de $r=0.28$ por lo cual en el -

presente estudio y para el año en que se hizo el muestreo, su influencia es menor, si consideramos además que en otros sitios con menor producción de conos, se presentaron árboles cuya altura de la copa fue similar.

C.- EXPOSICION SW.- Este factor es importante, puesto que en esta exposición se presentaron los árboles con mejor desarrollo y presentaron en general una relativa mayor producción de conos que la exposición NE, lo que permite pensar que no solo este año va a presentar esta mayor producción, sino también en los años siguientes. Es interesante señalar que en los sitios con exposición NE se presenta mayor densidad arbórea y los árboles son de menor vigor. Con base en lo anterior podemos decir que las semillas para germinar necesitan humedad, como se observó en laboratorio, y esto lo van a encontrar más frecuentemente en lugares que presenten más humedad como son las exposiciones hacia el norte (Daubenmire, 1979) y en las zonas altas, por lo que es de esperarse que en estas zonas habrá mayor germinación y una mayor competencia intraespecífica, pero si también tomamos en cuenta que P. cembroides está adaptado a condiciones frías y que uno de sus limitantes en cuanto a distribución es la humedad (Robert, 1982; Yeaton, 1983) podemos decir que su mejor desarrollo se dará en zonas secas, en resumen: las exposiciones o sitios con mayor humedad favorecen la mejor germinación de semillas pero no su óptimo desarrollo. Al respecto Robert (1982) y Rebolledo (1982) han encontrado que los árboles con mayor vigor se encuentran en exposiciones hacia el Sur, que son más secas, en tanto en sitios más húmedos reportan mayor densidad arbórea y menor vigor, en concordancia con lo que se observó en ésta zona.

Por otra parte el hecho de que en la exposición SW presente

una relativa mayor cantidad de conos, puede ser debido a que reciba mayor número de horas luz, temperatura adecuada, lo cual es importante según Mathews (1963) para el proceso de fotosíntesis, lo que conduce a una mayor producción de futos y semillas.

D.- CALCIO, MAGNESIO, PORCENTAJE DE AFLORAMIENTO DE ROCA Y EL TIPO DE ROCA DOLOMIA.- Estos factores al estar correlacionados entre sí (ver apéndice 2) así como la composición de la roca dolomía, se puede interpretar como: altos porcentajes de afloramiento de roca dolomía implica una mayor concentración en el suelo de Calcio y Magnesio. En la tabla 6 podemos observar que en los sitios que presentaron mayor concentración de estos elementos no produjeron conos. Sobre el efecto de altas concentraciones de Magnesio, Daubenmire (1979) menciona que este elemento en altas concentraciones afecta a las plantas en su nutrición, debido a que al presentar la misma carga y el mismo radio iónico que el calcio, va a competir con éste impidiendo su absorción, lo que afecta la nutrición de las plantas. Buoll *et al* (1981) señala que las altas concentraciones de Magnesio, pueden indicar un mayor intemperismo de la zona. Lo anterior nos llevo a observar el aspecto de la planta, encontrando que en estos sitios los árboles presentan gran número de ramas secas y deformadas por la abrasión del viento, siendo la altura de la copa muy corta, por lo que suponemos que *P. cembroides* puede resistir altas concentraciones de Calcio y Magnesio, pero esto aunado al efecto abrasivo del viento, no ofrecen condiciones favorables para un buen desarrollo de la planta afectando la producción de conos y semillas.

E.- ALTURA DEL ARBOL.- El coeficiente de correlación entre este factor y la producción de conos es de $r = -0.19$ lo que indica un cierto efecto negativo, que se puede explicar al saber que los árboles con mayor altura se localizaron en los sitios con alto contenido de Calcio y Magnesio, por lo que a pesar de ser

más altos, también son los de menor vigor, por lo que mas bien se debe a los factores mencionados anteriormente.

F.--POTASIO.--Las concentraciones de este elemento en el suelo no presentan gran variación, ni tampoco indican una falta o un exceso del mismo. Al analizar los datos de este elemento en los suelos de los sitios que presentaron una pobre o nula producción de conos, se puede notar que su concentración es en algunos casos ligeramente mayor a la de otros sitios. Lo anterior aunado a el valor de su coeficiente de correlación con respecto a la producción de conos ($r=-0.05$) nos permite suponer que este factor permanece más bien indiferente, no teniendo influencia en la producción de conos y semillas.

G.--EXPOSICION CENTAL Y EL PORCENTAJE DE AGUA DISPONIBLE.-- Estos factores al estar correlacionados entre si, $r=0.7$, lo cual es debido a que el agua disponible en el suelo está relacionada con el contenido de materia organica y éste presenta alto porcentaje en la exposición cenital, factor presente en un solo sitio, que tuvo una baja producción de conos, nos permite mencionar que dichos factores tampoco son muy importantes en la producción de conos y semillas, como se muestra en la correlación entre el porcentaje de agua disponible y la producción de conos, cuyo valor $r=-0.01$, es muy bajo. Además en este tipo de zonas en donde el agua es un factor limitante, no debería por tanto influir negativamente, por lo que mas bien se interpreta que estos factores permanecen indiferentes a la producción de conos.

H.-- FACTORES QUE INFLUYEN EN LAS CARACTERISTICAS DE LAS SEMILLAS.-- Al representar los resultados de los porcentajes de germinación y la producción de conos, el cual puede verse en la figura 2, podemos notar que existe una relación entre la dirección del viento, el cual fue obtenido a partir de la dirección de ra-

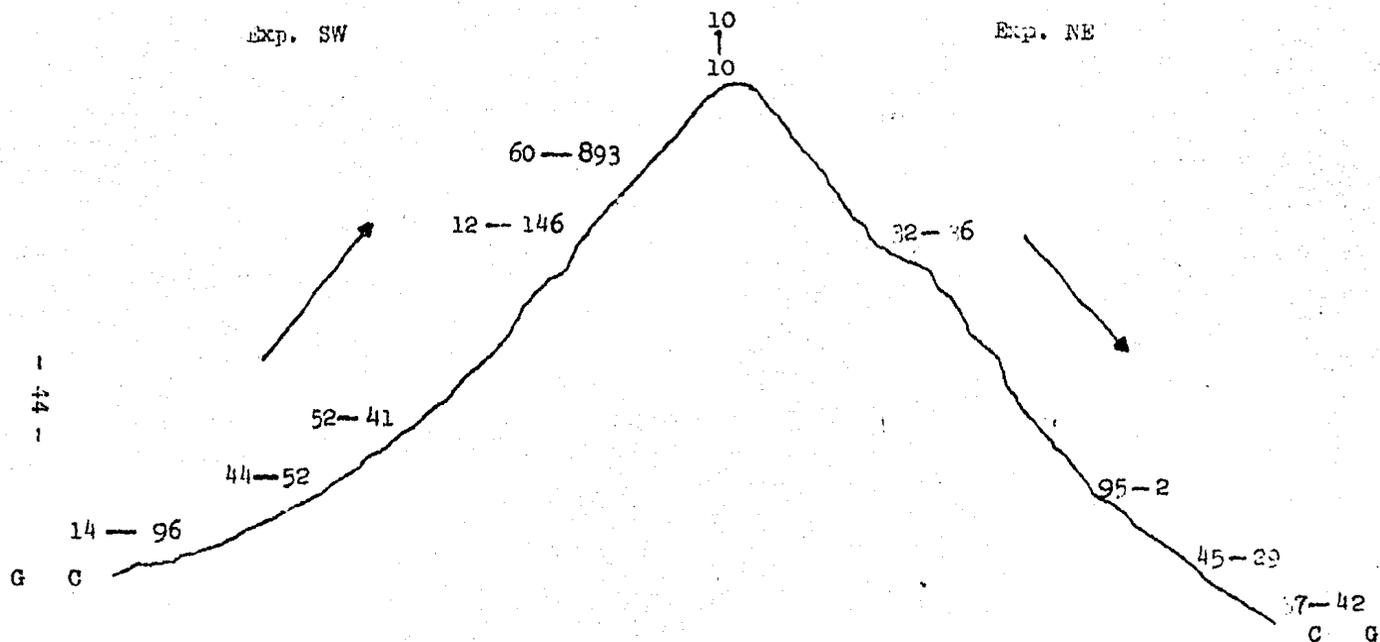


Fig. 2.-Relación entre la producción de conos y el porcentaje de germinación

C es el número de conos producidos en 5 árboles
 G es el porcentaje de germinación en cada sitio.
 La flecha es la dirección del viento.

mas deformadas por el viento, y los porcentajes de germinación de tal forma que en los sitios 1, 2 y 3 podemos notar una relación inversa, es decir: sitios que produjeron un relativo mayor número de conos, presentaron menor porcentaje de germinación de semillas. La posible explicación de esto es que el viento como elemento importante en la polinización, transportó el polen producido en el sitio 3 hacia los sitios 1 y 2 en los que hubo una creciente polinización y por tanto mayor porcentaje de semillas viables. Caso similar se puede observar en los sitios 12, 13 y 14, así como en los sitios 9 y 10. Por otra parte la formación de semilla vana es debida, según Mathews (1963), a una inadecuada polinización, por esta razón podemos suponer que la dirección del viento es importante en la formación de semillas viables y tal vez esta importancia sea mayor en años de pobre o regular producción, más que en los buenos años semilleros, debido a la gran cantidad de polen que se produce en estos últimos. Con respecto a los porcentajes de semilla podrida, ésta pudo deberse a causas internas tales como escasa asignación de recursos de la planta hacia la producción de semillas (Stephenson, 1981) o a causas externas como el clima adverso, el cual influye en el proceso de desarrollo del embrión, el cual dura aproximadamente un año en las coníferas (Mirov, 1967) ocasionando la formación de semillas defectuosas.

En cuanto al tamaño, peso y número de semillas producidas en los diferentes sitios de muestreo, mencionaremos que existe variabilidad, ya que en los sitios 1 y 14 como puede verse en la tabla 8, presentaron semillas chicas cuyo peso promedio fue de 0.27 y 0.23 g respectivamente. En el caso especial del sitio 1 se puede notar que a pesar de que produjo menor número de conos presenta un mayor número de semillas en comparación con los sitios 2, 3 y 4. En tanto las semillas más grandes se presentaron en la zona de mayor producción de conos, sin embargo no fueron

los más pesados. La variabilidad en producción de semillas, parece estar debida a presiones ambientales (Sarukhan, 1979).

Tabla 8.- Peso y número de semillas de P. cembroides en los diferentes sitios de muestreo.

Sitio	conos 5 árboles	# S* 20 conos	Peso \bar{X} ** (g)
1	37	220	0.27
2	45	137	0.37
3	95	119	0.44
6	32	204	0.36
8	10	---	---
9	893	293	0.30
10	146	233	0.30
12	41	248	0.37
13	52	265	0.30
14	96	243	0.28

* semillas

++ peso promedio de las semillas.

Se puede apreciar también que el sitio que produjo mayor número de conos también produjo mayor número de semillas.

Es aquí tal vez donde se pueda mostrar más claramente el efecto de la exposición, notando que todos los sitios con exposición SW (sitios 9-14) presentan mayor producción de semillas en un mismo número de conos, en comparación con los sitios con exposición NE. En las pruebas de germinación, las semillas chicas germinaron al mismo tiempo que las grandes.

Por otra parte se detectaron diferencias en el color de la

testa de las semillas de P. cembroides, característica importante para los recolectores de semilla que se basan en ésta para poder distinguir entre las semillas vanas y "buenas". Las semillas vanas presentan por lo general colores muy claros, en tanto las otras presentan colores pardos y oscuros. La diferencia en el color de estas últimas no parece obedecer a ningún factor del medio ambiente.

I.- DEPREDACION Y PRODUCCION DE CONOS.- En lo que respecta a la depredación podemos mencionar que ésta se presentó sobre los conos, en particular del sitio 1 en aproximadamente un 20% de los conos producidos y con base en la presencia de conos persistentes podemos decir que este sitio fue el único que había producido conos el año anterior. Las polillas que dañaron los conos fueron identificadas como Eucosma sp. y Diorycetria sp. (Fam. Lepidoptera). Al respecto Forcella (1978) reporta que polillas de la especie Eucosma bobana tienden a aumentar su población y a destruir la producción de conos si hay producción continua de conos.

La producción de conos en 1984, fue nula para todos los sitios de muestreo, observaciones hechas hasta julio del mismo año y con base en los conillos presentes en los árboles, podemos decir que los sitios 1 y 3 produjeron en 1985 un número regular de conos. Es importante señalar que en estos sitios se observó lo siguiente: árboles con vigor similar y creciendo en un mismo sitio presentaban diferente actividad, ya que mientras unos presentaban crecimiento vegetativo, renuevos con crecimiento en verano, otros producían conos, lo cual nos permite pensar en la diferente respuesta que presentan los árboles a los mismos factores ambientales. Robert (comunicación personal), Vander & Balda (1977) mencionan que en pocos sitios o árboles en los bosques de piñón tienen buena producción de conos, en tanto en la mayor parte del

bosque presenta una pobre o nula producción de conos. Este hecho aunado al valor nutritivo de la semilla, a la dominancia de P. cembroides en los bosques de piñon-junipero de México, la pobre composición florística de estos, la gran depredación sobre las semillas que se observó es ejercida por aves y roedores y -- que se ha reportado para otros piñoneros (Lanner, 1981; Vander & Balda, 1977) permiten pensar que la especie debe adoptar una estrategia de escape de sus semillas a la depredación. Jansen (1971) menciona que el valor nutritivo de las semillas influyen en su depredación, y que además si la semilla no presenta compuestos tóxicos, debe escapar saciando al depredador. Asimismo señala que cuando los animales que depredan la semilla, regularmente son agentes dispersores, la depredación debe ser vista como el costo de la dispersión. Con base a esto podemos mencionar que la semilla de P. cembroides al no poseer un mecanismo de autodispersión, carecen de alas y son pesados, además de no poseer compuestos tóxicos, permite su depredación pero asegura su dispersión, lo cual ya ha sido reportado para otros piñoneros (Ligon, 1978; Vander & Balda, 1977). En la zona del presente estudio, -- las personas colectoras de semillas de piñon informan que el --- "cuervo del piñon", el cual se observó pero no fue identificado, -- picotean y cortan los conos ya maduros y se comen las semillas, -- la cual posiblemente almacenaran para tener alimento en la temporada más improductiva del año. La forma de almacenarlo consiste en que entierran las semillas, con lo cual escapan a la depredación de otros organismos, teniendo oportunidad de germinar si el cuervo al tener bastante alimento, tampoco la depreda. Por la razón anterior la semilla para germinar en la siguiente temporada de lluvias, no debe presentar latencia. De este modo y en resumen: Una producción irregular de semillas, mantiene baja la población de depredadores y cuando se presente un buen año semilla

ro, saciaran al depredador y quedaran por tanto semillas para germinar, con lo cual se logra un exito reproductivo de la especie. Asimismo, el hecho de una buena producción en solo unos árboles o sitios, permite una selección de árboles que tienen más reservas para producir buenas semillas, lo que pudo ser el caso del sitio 9 en este estudio, que no van a estar igualmente disponibles para todos los depredadores, por la dificultad de trasladarse de un sitio a otro (Jansen, 1971). Por las razones anteriores para que haya un buen año semillero, la población en general, debe responder fisiologicamente a un fenómeno ambiental raro, el cual parece ser las heladas tempranas que ocurren entre agosto y septiembre, como reporta Forcella (1961).

Con base en lo discutido en esta parte se obtuvieron las siguientes conclusiones.

CONCLUSIONES

La exposición SW influye favorablemente en la producción de conos y semillas de Pinus cembroides.

Suelos profundos y una mayor cobertura de la vegetación indican condiciones más favorables para la producción de conos y semillas.

Altas concentraciones de Calcio y Magnesio, así como el efecto abrasivo del viento tiene efectos negativos tanto en la planta como en la producción de conos.

La formación de semillas viables se ve afectada por la exposición y dirección del viento.

Las características de la semilla y la depredación que sufren por aves, insectos y mamíferos, permite pensar que una producción de conos a intervalos irregulares en espacio y tiempo, favorecen el éxito reproductivo de la especie.

OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES

Un estudio sobre la posible relación que parece existir entre la mayor frecuencia en la producción de conos, sea alta o baja, en árboles jóvenes, es necesario junto con un estudio fisiológico, especialmente en la temporada de formación de yemas florales, agosto-septiembre, para un mejor conocimiento de los fenómenos que inducen a la producción de conos en solo algunos árboles, en tanto otros crecen vegetativamente.

Los campesinos de la zona informan que esta especie no soporta el trasplante, por lo cual es necesario un estudio sobre los factores que afectan éste, previo a la utilización de esta especie como elemento reforestador.

Dada la marcada estacionalidad que se presenta en esta zona así como a la riqueza de los suelos de éste bosque, se recomienda un estudio cuantitativo y cualitativo sobre la caída de hojarasca de P. cembroides, lo que nos daría una idea de su capacidad como elemento a utilizar en la recuperación de suelos, degradados.

Un estudio sobre los factores bióticos que causan mortalidad a nivel de plántula en esta especie, es también necesario para prever el éxito de su utilización como elemento reforestador.

BIBLIOGRAFIA

- Anaya, A., R. Hernández y X. Madrigal 1980.- La vegetación y los suelos de un transecto altitudinal del declive occidental del Iztaccíhuatl (México). Boletín técnico No. 65. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, S.A.R.H. México.
- Atlas Nacional del Medio Físico 1981.- Carta edafológica del Estado de Hidalgo. Secretaría de Programación y Presupuesto, -- México.
- Buoll, S., F. Hole y R. Mc Cracken 1981.- Génesis y clasificación de suelos. Ed. Trillas. México.
- Daubenmire, R 1979.- Ecología vegetal. Ed Limusa, México.
- Draper, N & H. Smith 1981.- Applied regression analysis. Second edition, Wiley & Sons. U.S.A.
- Düchaufour, P. 1978.- Manual de edafología. Ed. Toray-Masson, Barcelona, España.
- Eguiluz, T. 1978.- Ensayo de integración de los conocimientos de el género Pinus en México. Tesis profesional, UACH. México.
- F. A. O. 1971.- Notas sobre semillas forestales. Cuaderno forestal No. 5, Roma.
- Flores, O y G. Alanís 1981.- Notas autoecológicas de Pinus cem-- broides Zucc. en el Estado de Nuevo León, México. VIII Congreso Mexicano de Botánica, Resúmenes. México.
- Forcella, F. 1978.- Irregularity of pinyon cone production and - its relation to pinyon cone moth predation. Madroño; 25:170-172.
- Forcella, F. 1981.- Estimation of pinyon cone production in New Mexico and Western Oklahoma. Journal Wildlife Management, 45: 2:553-557.
- Fritts, H. 1978.- Tree rings and climate. Academic Press. U.S.A.

- Janzen, D. 1971.- Seed predation by animals. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 2: 465-492.
- Kramer & T. Kozlowsky 1960.- *Physiology of trees.* Mc Graw-Hill, U.S.A.
- Larner, R. 1981.- *The piñon pine, a natural and cultural history.* University Nevada Press. U.S.A.
- Larson, M. & C. Schubert 1970.- Cone crop of ponderosa pine in central Arizona, including the influence of abert squirrels. USDA Forest Service, Research paper RM-58. Rocky Mount. Forest and Range Exp. Sta.
- Ligon, J. 1978.- Reproductive interdependence of Piñon Jay and Piñon pines. *Ecological Monographs.* 48:111-126.
- Lopes Ramos, E. 1979.- Carta geológica del Estado de Hidalgo. Instituto de Geología. U. N. A. M.
- Madrigal, X. 1967.- Algunos aspectos ecológicos de los bosques de coníferas mexicanas. *México y sus Bosques.* Epoca III:15:15-19.
- Madrigal, X. 1970.- Instructivo para la caracterización ecológica de los sitios de muestreo del Estudio Ecológico Forestal del Eje Neovolcanico. Boletín Divulgativo No 24, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, S. A. R. H. México.
- Martínez, M. 1948.- Los pinos mexicanos, 2a ed. Ed. Botas. México.
- Memoria de la Comisión Geologica del Valle del Mezquital, 1938.- Pub. del Instituto de Geologica. U. N. A. M.
- Mirov, N. 1967.- The genus Pinus. Ronald Press. U.S.A.
- Mathews, J. 1963.- Factors affecting seed production in Forest trees. *Forestry Abstracts*, vol. 42: 1-3.
- Niembro, A. 1983.- Producción sexual de especies forestales. En Reunión sobre problemas en semillas forestales Tropicales. - Tomo II: 129-141. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Publicación especial No. 40. México.

- Odum, E. 1978.- Ecología. Ed. Interamericana. México.
- Pandeya, S., G. Puri y J. Singh 1968.- Research Methods in plant ecology. Asia Publishing House. India.
- Peters, B. 1981.- Demografía de poblaciones de plántulas de Pinus hartwegii en habitats contrastantes en Zoquiapan, Edo. de México. VIII Congreso Mexicano de Botánica, Resúmenes. México.
- Rebolledo, A. 1982.- Estudio preliminar sobre la ecología de los piñoneros del altiplano potosino-zacatecano. Tesis M. C. Colegio de Postgraduados. Chapingo. México.
- Robert, M. 1973.- Contribution a l'étude des forets de Pinus cembroides dans l'est du Mexique. These de 3e cycle. Montpellier.
- Robert, M. 1977.- Notas sobre el estudio ecológico y fitogeográfico de los bosques de Pinus cembroides Zucc. en México. Ciencia Forestal. Vol. 2: 10:49-58.
- Robert, M. 1982.- Les forets de Pinus cembroides au Mexique. Ed. Recherche sur les civilisations. Cahier No. 9. Paris.
- Rzedowsky, J. 1978.- La vegetación de México, Ed. Limusa. México.
- Salem, B. 1980.- Silvicultura en zonas áridas. Unasylva:32:128: 8-10.
- S A R H , 1982.- Cifras estadísticas de la producción forestal. Subsecretaría forestal y de la fauna. S. A. R. H. México.
- Sarukhán, J. 1979.- Mecanismos de regulación de poblaciones vegetales. En Rabinovich J. y G. Halfter (comp.). Tópicos de ecología contemporánea. pp 13-26. Fondo de Cultura Económica. México.
- Sarukhán, J. & J. Harper. 1973.- Studies on plant demography: Ranunculus repens L., Ranunculus bulbosus L. and Ranunculus acris L. I: population flux and survivorship. J. Ecol. 61:675-716.

- Schmidt, W. & R. Shearer 1971.- Ponderosa pine seed- for animals or trees?. USDA Forest Service. Research Paper INT-112. Inter-mountain Forest and Range Exp. Sta.
- Seed of Woody plant in the United States 1974. Forest Service USDA, Agriculture Handbook No. 450, USA.
- Segerstrom, K. 1956.- Estratigrafía y tectónica del Cenozoico - entre México D. F. y Zimapan Hgo. En Congreso Geológico Inter nacional, 20°. México. Libreto Guía de excursiones A3:11-22.
- Smith, C. 1970.- The coevolution of pine squirrel (Tamiasciurus) and Conifers. Ecological Monographs 40: 349-371.
- Stephenson, A. 1981.- Flower and fruit abortion: proximate causes and ultimate functions. Ann. Rev. Ecol. Syst. 12:253-279.
- Stiell, V. 1971.- Comparative cone production in young Red Pine at diferecing spacing. Canadian Forestry Service. Pub. 1306.
- Tamanhe, R., D. Motiramani & Y. Bali 1978.- Suelos: su química y fertilidad en suelos tropicales. Ed. Diana. México.
- Valera, P. 1973.- Floración, fructificación y recolección de conos y aspectos sobre semillas de pinos mexicanos. Bosques y Fauna: vol. X:4:20-30.
- Valera, P. 1983.- Instructivo para la recolección y manejo de semillas de especies forestales. Boletín Div. Inst. Nal. Invest For. No 63. México.
- Vander Walls, S & R. Balda 1977.- Coadaptation of Clarck's Nut-cracker and the piñon pine for efficient seed harvest and dispersal. Ecological Monographs: 47:89-111.
- Yeaton, R. 1983.- The altitudinal distribution of the genus Pinus in the Western United States and México. Bol. Soc. Bot. Mex. 42:55-71.

APENDICE I

LISTA DE ESPECIES IDENTIFICADAS EN LOS DIFERENTES SITIOS DE MUESTREO DEL BOSQUE DE Pinus cembroides Zucc.

FAMILIA	ESPECIES
Berberidaceae	<u>Berberis pallida</u> Hartw.
Compositae	<u>Chrysactinia mexicana</u> A. Gray <u>Coreopsis mutica</u> D.C. var. <u>leptomera</u> Sherff <u>Eupatorium petiolare</u> Moc. <u>Fluorencia resinosa</u> (T.S. Brandeg) Blake <u>Senecio praecox</u> Cav. D.C. <u>Stevia pyrolaefolia</u> Schlht. <u>Tagetes tenuifolia</u> Cav.
Convolvulaceae	<u>Ipomoea stans</u> Cav. <u>Ipomoea tyruanthina</u> Lindl.
Cupressaceae	<u>Juniperus flaccida</u> Schl.
Ericaceae	<u>Arctostaphylos mucronata</u> Klotz
Fagaceae	<u>Quercus microphylla</u> Née
Labiatae	<u>Salvia regla</u> Cav. <u>Salvia concolor</u> Lamb <u>Salvia</u> aff. <u>polystachya</u> Ort.
Leguminosae	<u>Dalea obovatifolia</u> Ort. var. <u>obovatifolia</u> <u>Sophora secundiflora</u> (Ortega) Lag.
Onagraceae	<u>Lonezia mexicana</u> Jacq.
Rubiaceae	<u>Bouvardia longiflora</u> (Cav.) H.B.K.

FAMILIA	ESPECIES
Rosaceae	<u>Lindleyella mespiloides</u> (H.B.K.) Rydb.
Rutaceae	<u>Sargentia grandif</u> Watson
Scrophulariaceae	<u>Lamouruxia microphylla</u> Martens y Galeotti <u>Castilleja tenuiflora</u> Benth.
Solanaceae	<u>Physalis</u> sp.
Verbenaceae	<u>Citharexylum olcinum</u> (Benth) Moldenke

APENDICE LI

DATOS QUE SE ANALIZARON ESTADISTICAMENTE
LOS COEFICIENTES DE CORRELACION Y LAS
ETAPAS SEGUIDAS PARA LA OBTENCION DE
LA ECUACION.

En la siguiente matriz que contiene los coeficientes de correlación entre las variables incluidas para el análisis, éstas tienen una clave para dichas variables, que pueden verse en la parte superior de las columnas, así como a la izquierda de las mismas. Su significado es el siguiente:

conos.- número de conos producidos por árbol

V1.- Altura del árbol

V2.- Tipo de roca

V3.- Exposición SW

V4.- Exposición cenital

V5.- Magnesio

V6.- % de afloramiento de roca

V7.- Altura de la copa del árbol

V8.- Fósforo

V9.- Cobertura

V10.- Densidad arbórea

V11.- Nitrógeno

V12.- Pendiente

V13.- Altitud

V14.- % Agua disponible

V15.- Profundidad del suelo

V16.- Calcio

V17.- Materia orgánica

V18.- Capacidad de intercambio catiónico total

V19.- Potasio

FILE NONAME (CREATION DATE = 05/25/84)

CORRELATION COEFFICIENTS

A VALUE OF 99.00000 IS PRINTED
IF A COEFFICIENT CANNOT BE COMPUTED.

CONOS	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11	
CONOS	1.00000	-0.19013	0.10667	0.32313	-0.09587	-0.22348	-0.32767	0.28530	0.25834	0.47684	-0.32686	-0.01329
V1	<i>h. adol</i> 0.19013	1.00000	0.44424	-0.01933	0.00929	0.29253	0.34671	0.07002	-0.35426	-0.24056	0.09130	0.08907
V2	0.10667	0.44424	1.00000	0.04303	0.20672	0.43334	0.17134	-0.19431	-0.32329	-0.07866	-0.11127	0.14089
V3	<i>EM</i> 0.32313	-0.01933	0.04303	1.00000	-0.24019	-0.54097	-0.56169	0.39589	0.53208	0.67373	-0.75329	-0.50630
V4	<i>UMA</i> 0.09587	0.00929	0.20672	-0.24019	1.00000	0.64589	0.02249	0.18029	-0.31355	-0.27018	-0.12148	0.57561
V5	<i>H₂</i> 0.22348	0.29253	0.43334	-0.54097	0.64589	1.00000	0.60942	0.03355	-0.65576	-0.71432	0.32934	0.48882
V6	<i>MJ</i> 0.32767	0.34671	0.47134	-0.56169	0.02249	0.60942	1.00000	-0.40290	-0.55207	-0.70749	0.42506	0.06083
V7	0.28530	0.07002	-0.19431	0.39589	0.18029	0.03355	-0.40290	1.00000	-0.04946	0.12510	-0.37048	-0.12172
V8	0.25834	-0.35426	-0.32329	0.53208	-0.31355	-0.65576	-0.55207	-0.04946	1.00000	0.59850	-0.45452	-0.34200
V9	0.47684	-0.24056	-0.07866	0.42373	-0.27018	-0.71432	-0.70749	0.12510	0.59850	1.00000	-0.39073	-0.11825
V10	<i>Dens</i> 0.32686	0.09130	-0.11127	-0.75329	-0.12148	0.32934	0.42586	-0.37048	-0.45452	-0.39073	1.00000	0.43693
V11	<i>N</i> 0.01329	0.08907	0.14089	-0.50630	0.57561	0.48882	0.06083	-0.12172	-0.34200	-0.11825	0.43693	1.00000
V12	0.29341	0.29404	0.45664	0.23003	-0.57416	-0.29665	0.13537	-0.15876	-0.01742	0.35886	0.14804	-0.11209
V13	0.09893	0.10800	0.47301	-0.14324	0.30059	0.29165	0.23078	-0.12021	-0.19329	-0.04982	-0.02038	0.34950
V14	<i>Agua</i> 0.01439	-0.07369	-0.10470	-0.54067	0.70560	0.64237	0.06580	0.26660	-0.48906	-0.41748	0.20374	0.71127
V15	<i>Prof</i> 0.48048	-0.13434	0.28983	0.15590	-0.05991	-0.29859	-0.29523	0.02053	0.17770	0.54363	-0.17258	0.21259
V16	<i>C</i> 0.17131	0.26627	0.21390	-0.62133	0.12351	0.58901	0.49455	-0.33357	-0.42835	-0.36953	0.70609	0.68918
V17	<i>no</i> 0.04357	-0.10329	-0.12200	-0.41797	0.59946	0.27924	-0.26709	0.13619	-0.31237	-0.10050	0.18596	0.78984
V18	<i>col</i> 0.19517	0.14020	0.01286	-0.75743	0.24351	0.50811	0.22177	-0.13203	-0.65237	-0.47131	0.73718	0.70264
V19	<i>K</i> 0.05632	0.14346	0.40326	-0.25408	-0.08975	0.07190	0.08710	-0.28471	-0.30445	-0.09456	0.15283	0.07126

CONOS	V12	V13	V14	V15	V16	V17	V18	V19
CONOS	0.29341	0.09893	-0.01439	0.48048	-0.17131	0.04357	-0.19517	-0.05632
V1	0.29404	0.10800	-0.07369	-0.13434	0.26627	-0.10329	0.14020	0.14346
V2	0.45664	0.47301	-0.10470	0.28983	0.21390	-0.12200	0.01286	0.40326
V3	0.23003	-0.14324	-0.54067	0.15590	-0.62133	-0.41797	-0.75743	-0.25408
V4	-0.57416	0.30059	0.70560	-0.05991	0.12351	0.59946	0.24351	-0.08975
V5	-0.29665	0.29165	0.64237	-0.29859	0.58901	0.27924	0.50811	0.07190
V6	0.13537	0.23078	0.06580	-0.29523	0.49455	-0.26709	0.22177	0.08710
V7	-0.15876	-0.12021	0.26660	0.02053	-0.33357	0.13619	-0.13203	-0.28471
V8	-0.01742	-0.19329	-0.48906	0.17770	-0.42835	-0.31237	-0.65237	-0.30445
V9	0.35886	-0.04982	-0.41748	0.54363	-0.36953	-0.10050	-0.47131	-0.09456
V10	0.14804	-0.02038	0.20374	-0.17258	0.70609	0.18596	0.73718	0.15283
V11	-0.11209	0.34950	0.71127	0.21259	0.68918	0.78984	0.70264	0.07126
V12	1.00000	0.13035	-0.56491	0.45153	0.08807	-0.34803	-0.08602	0.17471

PRODUCCION DE SEMILLAS EN PINUS CEMBRONES

05/25/84

PAGE 5

FILE NONAME (CREATION DATE = 05/25/84)

CONOS	V12	V13	V14	V15	V16	V17	V18	V19
V13	0.13035	1.00000	0.21297	0.34696	0.10316	0.23921	0.14077	0.21019
V14	-0.56491	0.21297	1.00000	-0.00337	0.42127	0.80373	0.53952	0.02000
V15	0.45153	0.34696	-0.00337	1.00000	-0.18743	0.34225	0.02850	0.44450
V16	0.08807	0.18316	0.42127	-0.18743	1.00000	0.23206	0.65138	0.02786
V17	-0.34803	0.23921	0.80373	0.34225	0.23206	1.00000	0.69809	0.27541
V18	-0.08602	0.14077	0.63852	0.02850	0.65138	0.69809	1.00000	0.45976
V19	0.17471	0.21019	0.02000	0.44450	0.02786	0.27541	0.45976	1.00000

PRODUCCION DE SEMILLAS EN PINUS CEMBRONES

05/25/84

PAGE 6

FILE NONAME (CREATION DATE = 05/25/84)

DEPENDENT VARIABLE,, CONOS NUMERO DE CONOS
 VARIABLE(S) ENTERED ON STEP NUMBER 1., V15 PROFUNDIDAD DEL SUELO

MULTIPLE R	0.48048	ANALYSIS OF VARIANCE	DF	SUM OF SQUARES	MEAN SQUARE	F
R SQUARE	0.23087	REGRESSION	1.	47658.01667	47658.01667	20.41101
ADJUSTED R SQUARE	0.21955	RESIDUAL	48.	150774.32619	2334.91656	
STANDARD ERROR	48.32097					

----- VARIABLES IN THE EQUATION -----

VARIABLE	B	BETA	STD ERROR B	F
V15	5.636667	0.48048	1.24764	20.411
(CONSTANT)	-97.59857			

----- VARIABLES NOT IN THE EQUATION -----

VARIABLE	BETA IN	PARTIAL	TOLERANCE	F
V1	-0.12789	-0.14450	0.98195	1.429
V2	-0.03558	-0.03883	0.91600	0.101
V3	0.25440	0.28653	0.97569	5.993
V4	-0.06732	-0.07663	0.99641	0.396
V5	-0.08785	-0.09560	0.91085	0.618
V6	-0.20356	-0.22176	0.91284	3.465
V7	0.27563	0.31422	0.99958	7.340
V8	0.17859	0.20040	0.96842	2.803
V9	0.30610	0.29295	0.70447	6.290
V10	-0.25143	-0.28239	0.97022	5.006
V11	-0.12090	-0.13471	0.95480	1.238
V12	0.09603	0.09770	0.79612	0.646
V13	-0.07205	-0.08200	0.87962	0.450

MULTIPLE R 0.77912
 R SQUARE 0.63699
 ADJUSTED R SQUARE 0.56054
 STANDARD ERROR 36.25869

ANALYSIS OF VARIANCE
 REGRESSION
 RESIDUAL

DF 12.
 57.
 SUM OF SQUARES 131494.87718
 74937.46568

MEAN SQUARE 10957.90643
 1314.69238

F 8.33496

(p < 0.001)

VARIABLES IN THE EQUATION

VARIABLE	B	BETA	STD ERROR B	F
V15	-2.598902	-0.22154	2.26727	1.314
V19	-105.4067	-1.07115	19.59162	28.946
V7	-38.36966	-0.37169	19.61284	3.827
V9	2.299627	0.74522	0.81678	7.927
V2	189.6276	1.67317	35.38132	28.735
V1	1.278457	0.03515	4.33262	0.087
V8	-415.0213	-1.96822	73.07564	32.255
V14	17.40412	1.46670	3.79708	21.009
V10	-1.821619	-1.35539	0.40934	19.803
V6	-5.584759	-1.24850	1.30345	18.358
V5	-119.7213	-1.06189	29.88244	15.784
V3	1.710800	0.91235	0.68939	6.158
CONDO (CND)	-54.09582			

VARIABLES NOT IN THE EQUATION

VARIABLE	BETA IN	PARTIAL	TOLERANCE	F
V8	0.18534	0.16537	0.28899	1.574
V10	-0.18113	-0.19170	0.11441	0.585
V11	0.50218	0.17341	0.04329	1.734
V12	-0.09244	-0.05313	0.12014	0.159
V13	0.00971	0.01271	0.62180	0.009
V17	0.39582	0.17238	0.04438	1.093
V18	0.03445	0.01842	0.10383	0.019

REGRESSION DE SEMILLAS EN PINUS CEMBOIDES

05/25/84

PAGE 18

FILE MONOME (CREATION DATE = 05/25/84)

***** MULTIPLE REGRESSION ***** VARIABLE LIST 1
 REGRESSION LIST 1

DEPENDENT VARIABLE., CONDS NUMERO DE CONDS

VARIABLE(S) ENTERED ON STEP NUMBER 13., V11 N

(p < 0.331)

MULTIPLE R 0.80492
 R SQUARE 0.64790
 ADJUSTED R SQUARE 0.56617
 STANDARD ERROR 36.02679

ANALYSIS OF VARIANCE
 REGRESSION
 RESIDUAL

DF 13.
 56.
 SUM OF SQUARES 133748.28506
 72684.05780

MEAN SQUARE 10288.32942
 1297.22960

F 7.92672

VARIABLES IN THE EQUATION

VARIABLE	B	BETA	STD ERROR B	F
V15	-5.612474	-0.47842	3.21027	3.056
V19	-110.0089	-1.11792	19.77720	30.940
V7	-41.35069	-0.40057	19.61829	4.443
V9	2.827175	0.91618	0.90494	9.760
V2	206.4012	1.82117	37.38893	30.475
V1	0.5687187	0.01564	4.33948	0.017
V4	-517.3022	-2.95329	106.28997	

VARIABLES NOT IN THE EQUATION

VARIABLE	BETA IN	PARTIAL	TOLERANCE	F
V8	0.34324	0.27741	0.22898	4.585
V10	-0.77981	-0.31737	0.05832	6.160
V12	-0.40720	-0.19314	0.07918	2.131
V13	0.00326	0.00433	0.62033	0.001
V17	-2.19753	-0.15779	0.00182	1.404
V18	-1.17687	-0.29423	0.02231	5.291

ETAPAS SEGUIDAS PARA OBTENER EL MODELO

ETAPA	Variable	R ²
1	Prof. suelo	0.23
2	Potasio	0.32
3	Altura copa	0.35
4	% vegetación	0.37
5	tipo de roca	0.38
6	altura árbol	0.41
7	exp. cenital	0.43
8	agua disp.	0.47
9	Calcio	0.50
10	% af. roca	0.52
11	exp. SW	0.52
12	Magnesio	0.64
13	Nitrógeno	0.64

Dado que el valor de R² ya no se incrementa, la ecuación que se elige para este caso es el que se desea tener un menor número de variables, es hasta la etapa 12, en donde también se obtuvo una gran significancia, según la prueba de F, aproximadamente de $p < 0.001$.