

LOS BOSQUES DE PINOS PIÑONEROS EN MEXICO

Marie-Françoise PASSINI

Traducción del libro LES FORÊTS DE PINUS CEMBROIDES AU MEXIQUE, Mission Archéologique et Ethnologique Française au Mexique, Etudes Mésoaméricaines II-5, Editions Recherche sur les Civilisations, Paris 1982, Cahier n° 9, 373 pp.

Courriel : mpassini@free.fr

Édition numérique réalisée, en 2007 à Paris, par J. et M.-F. Passini.

SUMARIO

Prologo del Dr. J. Rzedowski

Introducción

CAPITULO I : SISTEMÁTICA DE LOS PINOS DEL GRUPO CEMBROIDES

I. 1. Antecedentes de la subsección *cembroides* Engelm.

I. 2. Pinos del grupo *cembroides*

I. 2. 1. *Pinus monophylla* Torr. y Frem.

I. 2. 2. *Pinus edulis* Engelm.

I. 2. 3. *Pinus cembroides* Zucc.

I. 2. 4. *Pinus johannis* M. F. Robert

I. 2. 5. *Pinus quadrifolia* Parl.

I. 2. 6. *Pinus culminicola* Andresen y Beaman

I. 3. *Pinus edulis* s.l. y sus variaciones en México

I. 3. 1. Pinos de Santa Catarina, Nuevo León

I. 3. 2. Pinos del noreste del Estado de Coahuila

I. 4. *Pinus cembroides* s. l. en México

I. 4. 1. Las hojas

I. 4. 2. Estudio de las semillas y de las plántulas

I. 4. 2. Conclusión

I. 5. Conclusión

CAPITULO II : VEGETACION Y MEDIO

II. 1. Método de trabajo

II. 1. 1. Muestreos

II. 1. 2. Variables ecológicas

II. 1. 3. Plantas

II. 1. 4. Tratamiento de los datos

II. 2. Análisis global del medio y de la vegetación

II. 2. 1. El análisis factorial de las correspondencias

II. 2. 2. Análisis de las observaciones

II. 2. 3. Sierra Madre Oriental

II. 2. 4. Sierra Madre Occidental

II. 2. 5. Conclusión

II. 3. Especies vegetales y variables ecológicas

II. 3. 1. Variables ecológicas activas

II. 3. 2. Especies indicadoras en el conjunto de la zona estudiada

II. 3. 3. Sierra Madre Occidental

II. 3. 4. Sierra Madre Oriental

II. 4. Cartografía de las especies

II. 4. 1. Taxones de amplia distribución

- II. 4. 2. Especies localizadas en la Sierra Madre Occidental y en los macizos montañosos del Sur del Altiplano Central
- II. 4. 3. Taxones localizadas en la Sierra Madre Oriental
- II. 4. 4. Especies localizadas al Norte de México
- II. 4. 5. Especies localizadas al Sur de la dición

CAPITULO III : FORMACIONES DE PINUS CEMBROIDES

- III. 1. Distribución
 - III. 1. 1. Sierra Madre Occidental
 - III. 1. 2. Sierra Madre Oriental
- III. 2. Bioclima
 - III. 2. 1. Generalidades
 - III. 2. 2. Sierra Madre Occidental
 - III. 2. 3. Sierra Madre Oriental
 - III. 2. 4. Conclusiones
- III. 3. Límites altitudinales de las formaciones de *Pinus cembroides*
 - III. 3. 1. Sucesión altitudinal de la Sierra Madre Oriental
 - III. 3. 2. Sucesión altitudinal en la Sierra Madre Occidental
 - III. 3. 3. Sucesión altitudinal al sur del Altiplano Central
 - III. 3. 4. Conclusión
- III. 4. DINÁMICA DE LAS FORMACIONES DE *PINUS CEMBROIDES*

Conclusión general

Bibliografía

PRÓLOGO

En virtud de la gran diversidad de condiciones ambientales que caracterizan el territorio de la República Mexicana, su cubierta vegetal asume la forma de un mosaico muy completo. Los conocimientos que se tienen hasta ahora acerca de la vegetación de este país se deben básicamente a un gran número de estudios regionales, realizados con métodos y criterios no del todo concordantes, pero que en su conjunto permiten visualizar una imagen sintética de cierta aproximación.

Aun cuando no se puede negar la necesidad de investigaciones regionales en diferentes partes de México todavía, tampoco hay duda de que el momento ya está maduro y la demanda de la información exige el empleo de otros ángulos de ataque para ir descifrando la problemática sin ecológica de este mosaico.

Una de las técnicas más prometedoras en tal sentido la constituyen los estudios detallados, diríase monográficos de cada comunidad biótica en todas las zonas donde ésta se encuentre presente o al menos a lo largo de un gran segmento de su área de distribución. En nuestro medio el enfoque resulta aún poco familiar y más bien novedoso, pero es esencial para ir definiendo con precisión las correlaciones entre la vegetación y su ambiente y sobre todo para establecer el determinismo ecológico de las biocenosis.

En semejante marco, entonces, cabe dar la calurosa bienvenida a la obra de Marie-Françoise Robert-Passini, quien ha decidido consagrar sus esfuerzos, su entusiasmo y, por qué no reconocerlo, una buena parte ya de su vida al estudio de los bosques de *Pinus cembroides*. Esta es su segunda contribución trascendental al tema en cuestión, en la cual destacan no sólo un gran cúmulo de datos, sino también los resultados de diversos tipos de su análisis.

Hace poco la Dra. Passini me ha comunicado que no considera concluida la investigación que había emprendido y que hará lo posible por continuar las pesquisas sobre los piñonares mexicanos. No dudo que estas intenciones se harán realidad y que gracias a su incansable labor contaremos en un futuro no muy lejano con un acervo básico y exhaustivo de conocimientos referentes a estos bosques.

México, D.F., febrero de 1981

Dr. J. RZEDOWSKI
Laboratorio de Botánica Fanerogámica
Escuela Nacional de Ciencias Biológicas
Instituto Politécnico Nacional
México 17, D.F.

INTRODUCCIÓN

Los ecosistemas de México son muy variados, debido a que el país se localiza entre los 15 y 32° de latitud norte, encontrándose delimitado por dos masas de agua: el Océano Pacífico y el Golfo de México, y por lo accidentado de su relieve. Dos cadenas montañosas alineadas en dirección general NO-SE, las Sierras Madres Occidental y Oriental constituyen los elementos principales del relieve. La Sierra Madre Occidental, con una altitud promedio de 2 000 a 2 500 metros, llega a alcanzar los 3 000 m. Dicho sistema montañoso está compuesto de rocas volcánicas, formadas al principio de la era terciaria. La Sierra Madre Oriental se extiende desde Texas hasta Chiapas y alcanza los 3 650 metros de altitud en el Cerro Potosí, Nuevo León pero en San Luís Potosí, no rebasa los 1 600 metros. Es de origen sedimentario y emergió en el transcurso de la orogenia laramídica. Los pliegues, que siguen una dirección general N-NO S-SE, se orientan hacia el oeste en la región Monterrey-Saltillo.

Las Sierras Madres delimitan al Altiplano Central, el cual continúa a través de las praderas de Texas y Nuevo México. Su altitud se incrementa de 1 500 a 2 100 metros en dirección norte-sur; geológicamente el suroeste de la Altiplanicie Mexicana se integra a la Sierra Madre Occidental y el noreste al territorio de la Sierra Madre Oriental. Al sur del Eje neovolcánico se extienden algunos macizos montañosos prolongaciones de la Sierra Madre Oriental; los más destacados son la Sierra Madre del Sur y la Sierra Madre de Chiapas.

La península de Baja California es montañosa, al norte presenta algunos macizos de rocas plutónicas continuaciones de los grandes batolitos californianos; el centro es volcánico. En el extremo sur las rocas plutónicas vuelven a aparecer en la Sierra de la Laguna.

Las grandes líneas del relieve determinan la distribución de la vegetación. Las planicies húmedas del Golfo de México están ocupadas por la selva tropical perennifolia (Rzedowski, 1978). Las planicies costeras del Océano Pacífico, más secas que las precedentes están cubiertas de selva espinosa al norte de los 23° de latitud norte, y por selva sub-caducifolia hacia el sur. La selva caducifolia ocupa grandes extensiones sobre las vertientes del Pacífico, de las Sierras Madre Occidental, del Sur y de Chiapas. Las Sierras Madre Occidental y Oriental, los macizos montañosos del norte de Baja California y la Sierra de la Laguna están cubiertos por bosques de coníferas y de encinos. Finalmente, el Altiplano Central y la península de Baja California están ocupados por matorral xerófito. Al oeste del Altiplano, una franja continua de praderas separa el matorral xerófito de los bosques de coníferas.

Los bosques de coníferas constituyen la mayor parte de los bosques de México, suman aproximadamente 38 millones de hectáreas (Madrigal, inédito), están representados por diez géneros: *Pinus*, *Abies*, *Cupressus*, *Picea*, *Pseudotsuga*, *Juniperus*, *Taxodium*,

Libocedrus, *Taxus* y *Podocarpus*. El género *Pinus* por la superficie que ocupa y por su valor económico es el más importante. Actualmente se conocen cuarenta y dos especies de pinos en México; entre éstos se citan: *Pinus arizonica*, *Pinus chihuahuana*, *Pinus cooperi*, *Pinus engelmannii* y *Pinus cembroides* en el norte de México; *Pinus montezumae*, *Pinus pseudostrobus* y *Pinus patula* en el centro y sur de México. Las especies mencionadas se encuentran en altitudes que varían de 400 metros (*Pinus oocarpa*) a 4 000 metros (*Pinus hartwegii*). Algunas especies son muy solicitadas por la calidad de su madera (*Pinus ayacahuite*, *Pinus patula*) y otras producen grandes cantidades de resina (*Pinus teocote*, *Pinus oocarpa*). Las semillas de *Pinus cembroides* son comestibles y comerciales.

Al *Pinus cembroides* se le considera como una especie de poco interés, ya que carece de rentabilidad. Sin embargo, constituye formaciones leñosas que frecuentemente se sitúan entre las formaciones xerófitas y los bosques de pinos de regiones húmedas. Crece sobre suelos de poco espesor y desempeña una función importante en la protección de los ecosistemas. Por ser muy resistente, es apropiado para la reforestación de zonas gravemente erosionadas (actualmente se efectúan algunos ensayos cerca de Saltillo, Coahuila). Debe agregarse que las formaciones de *Pinus cembroides* se encuentran en las áreas de las grandes migraciones indígenas.

La información se presenta de manera que en la parte inicial se hace referencia a las principales variaciones de *Pinus cembroides*, continuando en los capítulos subsecuentes con las relaciones entre vegetación y medio, distribución, bioclima, límites altitudinales y la dinámica de las formaciones de esta especie.

CAPITULO I

SISTEMÁTICA DE LOS PINOS DEL GRUPO *CEMBROIDES*

I. 1. ANTECEDENTES DE LA SUBSECCIÓN *CEMBROIDES* ENGELM.

En 1880, Engelmann publicó una revisión del género *Pinus*. En la sección *pinaster* Parlatore (pino en ambo dorsal), distinguió la subsección Engelmann, y la agrupó en un conjunto de pinos de conos cortos y de escamas delgadas. Indicó, además que esos pinos tienen semillas anchas y hojas aisladas, o agrupadas en 2, 3, 4 ó 5. Estos son *Pinus parryana* Engelm., *Pinus cembroides* Zuccarini, *Pinus edulis* Engelm., *Pinus monophylla* (Torr. y Frem.) Engelmann constató que el número de canales resiníferos de las hojas de *Pinus monophylla* es muy variable, observándose de 3 a 14. Por ello las hojas y los frutos de estas especies están muy relacionados. Engelmann propuso reunir las cuatro especies de la subsección *cembroides* en una sola.

En 1909, Shaw al estudiar los pinos de México, describió como *Pinus cembroides* Zucc. las cuatro variedades siguientes:

- Hojas en grupos de 3 ó de 1 a 5, estomas sobre las caras dorsal y ventral, canales resiníferos externos: *Pinus cembroides* Zucc. *s. str.*
 - Hojas generalmente únicas, algunas veces 2: *Pinus cembroides* var. *monophylla* (Torr. y Frem.) Voss.
 - Hojas más duras que las de las especies ya citadas, generalmente en grupos de 2: *Pinus cembroides* var. *edulis* (Engelm.) Voss.
 - Hojas duras en grupos de 4: *Pinus cembroides* var. *parryana* (Engelm.) Voss.
- Shaw consideró imposible separar específicamente estos cuatro taxones, ya que sus conos son idénticos y el número de hojas cambia demasiado en cada variedad.

En 1914, en su estudio sobre el género *Pinus*, Shaw describió en la sección *Haploxyton* Koehne (haz cribovascular único en la hoja), en la subsección *paracembra* Koehne (escamas del cono en ambo dorsal), un grupo *cembroides* de semillas ápteras. Este grupo *cembroides* comprende tres especies:

- *Pinus cembroides* Zucc. se caracteriza por tener hojas enteras, vaina caediza, conos con pocas escamas, subsésiles y subglobosos.
- *P. pinceana* Gordon, esta especie difiere de *P. cembroides* por que sus conos presentan pedúnculos largos y numerosas escamas.
- *P. nelsonii* Shaw, difiere de las dos especies anteriores por que sus hojas son aserradas y de vaina persistente.

Dallimore en 1966, adoptó esta última clasificación.

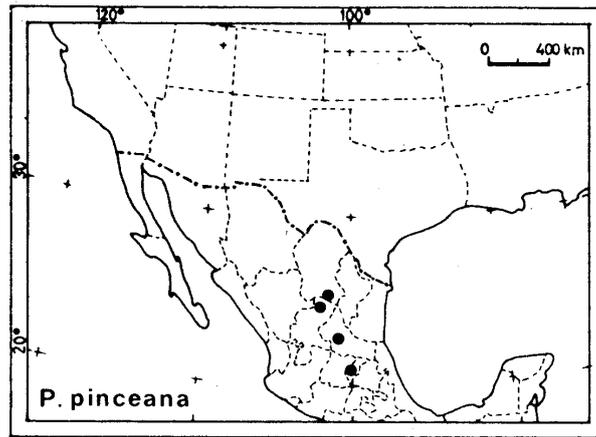


Figura 1 a. Mapa de distribución de *Pinus pinceana*, según Critchfield y Little (1965) modificado.

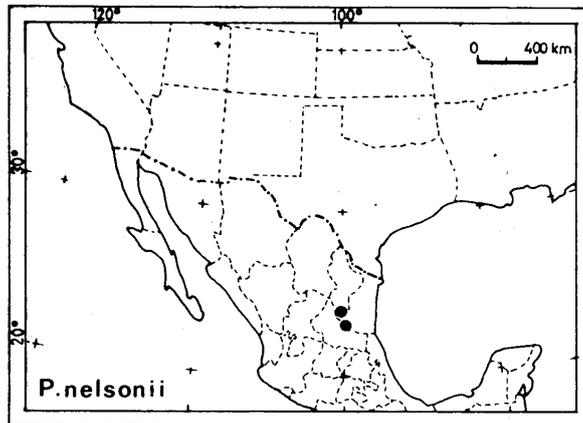


Figura 1 b. Mapa de distribución de *Pinus nelsonii*, según Critchfield y Little (1965) modificado.

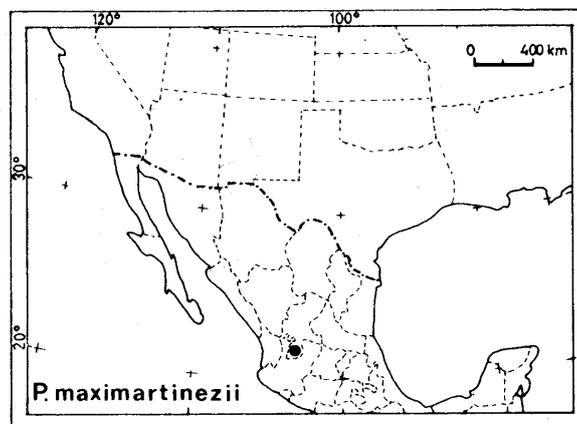


Figura 1 c. Mapa de distribución de *Pinus maximartinezii*, según Critchfield y Little (1965) modificado.

En un estudio realizado sobre los pinos mexicanos, en 1948, Martínez distinguió una sección llamada *piñoneros*, de vaina caediza; en ella las escamas del cono tienen ambo dorsal y sus semillas ápteras son comestibles. Estos pinos son:

| | |
|---|--------------------------------------|
| - de una hoja (número más frecuente) | <i>Pinus monophylla</i> Torr. |
| - de dos hojas (número más frecuente) | <i>Pinus cembroides edulis</i> Voss. |
| - de cuatro hojas (número más frecuente) | <i>Pinus quadrifolia</i> Sudw. |
| - de tres hojas (raramente 2 ó 5): | |
| -- conos oblongos o suboblongos y hojas rectas | <i>Pinus pinceana</i> Gord. |
| -- conos subglobosos, hojas generalmente curvas | <i>Pinus cembroides</i> Zucc. |
| -- semillas ápteras | <i>Pinus nelsonii</i> Shaw |

Martínez consideró que *Pinus cembroides* y *Pinus edulis* pueden incluirse en una misma especie, sin precisar la clasificación taxonómica que él da a la triple nomenclatura de *Pinus cembroides edulis*. Este taxón se distingue de *P. cembroides* s. str. en que sus fascículos tienen predominantemente dos hojas, gruesas, duras y acuminadas; en México existe solamente en Baja California Norte. En ocasiones el número de canales resiníferos es superior a dos como en *P. quadrifolia* y *P. monophylla*, las que se encuentran sólo en Baja California.

Martínez propuso separar *P. quadrifolia* y *P. monophylla*, sin desconocer por ello las afinidades de *P. quadrifolia* y de *P. edulis*.

Gausson, en 1960, separó los pinos en seis secciones, la sección VI, llamada *Parryanoides* Gausson, se caracteriza por sus grandes semillas comestibles. Abarca cinco grupos de pinos, uno de los cuales es el grupo americano de semillas ápteras, llamado *cembroides*, los cuales son pinos haplostelados de canales resiníferos marginales. El grupo *cembroides* de Gausson incluye *P. nelsonii*, *P. monophylla*, *P. edulis*, *P. cembroides*, *P. parryana* y *P. pinceana*.

Mirov en 1967, consideró también un grupo *cembroides* (pino piñonero o pinón) constituido por siete especies, a las que se agrega además de las seis ya mencionadas *Pinus culminicola* Andresen y Beaman, descrito en 1961.

La última clasificación completa de los pinos es la efectuada por Little y Critchfield en 1969, misma que continúa la realizada por Shaw en 1914 y además la amplía. En los pinos haploxilados que constituyen el subgénero *Strobus* Lemb., Little distingue dos secciones: *Strobus* Lemm. (con hojas en grupos de cinco y ambo terminal) y *Parrya* Mayr (hojas agrupadas de una a cinco y ombo dorsal). La sección *Parrya* se divide en las siguientes tres subsecciones: *cembroides* Engelm., *gerardiana* Loud. y *balfouriana* Engelm. La subsección *cembroides* Engelm. se caracteriza por incluir pinos cuyos fascículos tienen de una a cinco hojas, generalmente enteras y cortas (de 2 a 9 centímetros de longitud). Las semillas son grandes y ápteras. Esta subsección comprende ocho especies de árboles o de arbustos de las regiones semiáridas del suroeste de los Estados Unidos y de México, que son: *Pinus cembroides*, *Pinus edulis*, *Pinus quadrifolia*, *Pinus culminicola*, *Pinus maximartinezii* Rzedowski, *Pinus pinceana* y *Pinus nelsonii*. De éstas tres, *Pinus maximartinezii*, *Pinus pinceana* y *Pinus nelsonii* están claramente definidas y de área limitada (Figuras 1a, 1b, 1c). Por el contrario, las otras cinco especies



Pinus cembroides Zucc., 15 metros de altura.
25°27'N, 100°23'W, Municipio de Arteaga (Coahuila), 2 350 m de altitud.
4 de septiembre de 1975.

son muy semejantes. Lanner, en 1974, agrupó a cuatro de ellas, *Pinus monophylla*, *Pinus edulis*, *Pinus cembroides* y *Pinus quadrifolia*, en “*Pinus cembroides* complex”. Así mismo, propuso agregar a las cuatro especies mencionadas *Pinus culminicola* y *Pinus johannis* Robert, y reunir estas seis en el grupo *cembroides*.

Antes de iniciar el estudio de los pinos piñoneros mexicanos, se describen las especies del grupo *cembroides*, con el propósito de facilitar la comprensión del parentesco y complejidad del grupo.

I. 2. PINOS DEL GRUPO CEMBROIDES

El número de hojas por fascículo es el carácter más visible y utilizado para diferenciar entre sí las especies del grupo. Al considerar únicamente este carácter, el grupo de *Pinus cembroides* aparece como una serie evolutiva continua cuyos extremos son *Pinus monophylla* y *Pinus culminicola*. Bajo esta hipótesis, el orden de las especies es el siguiente: *Pinus monophylla*, *Pinus edulis*, *Pinus cembroides*, *Pinus johannis*, *Pinus quadrifolia* y finalmente, *Pinus culminicola*. Este es el orden seguido en el presente estudio.

I. 2. 1. *Pinus monophylla* Torr. y Frem.

Esta especie fue descrita en 1842, a partir de una muestra tomada en las Montañas Rocosas. Es un árbol de tamaño pequeño, de 7 a 10 metros de altura, con tronco corto muy ramificado desde la base. Sus fascículos son de una sola hoja/ característica considerada durante largo tiempo como debida a la unión de dos hojas. En 1935, Doak demostró que la monofilia se debía a la formación de un sólo primordium foliáceo y que era de carácter hereditario. Las hojas de 4 a 6 centímetros de largo, son gruesas, rígidas y de color verde claro. Su sección transversal es circular; los estomas son numerosos y el número de canales resiníferos varía de 3 a 12.

Los conos son muy numerosos y están compuestos de 6 a 7 hélices de escamas; las semillas ápteras, “tienen una cáscara tan delgada y frágil que puede ser fácilmente quebrada con dos dedos”, como indicó Little en 1968. Este carácter lo remarcan varios autores, y se constató en un lote de semillas provenientes de Estados Unidos. La cáscara tiene un espesor de 0.1 a 0.3 milímetros. El endospermo es blanco; la conservación de las semillas es difícil y el porcentaje comprobado de germinación es bajo (10%). El número de cotiledones varía de 5 a 10, siendo el promedio de 7.07 (calculado en 73 semillas provenientes de Estados Unidos). Las plántulas son muy frágiles y muy sensibles al exceso de humedad. Las hojas del primer año, o eufilos, son denticuladas, característica notada por Ferre en 1965. El crecimiento de la planta joven es lento, por lo menos así se observó en París, Francia.

Pinus monophylla se ha encontrado en California, Utah, Arizona

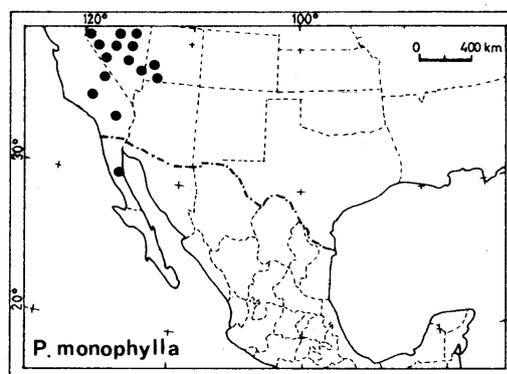


Figura 2 a. Mapa de distribución de *Pinus monophylla*, según Critchfield y Little (1965) modificado.

y suroeste de Nuevo México (Estados Unidos) (Figura 2 a). En México sólo se conoce en el norte del Estado de Baja California Norte. Crece entre los 1 000 y 2 200 m de altitud de acuerdo con lo señalado por Martínez en 1948. En el Estado de Utah convive con *Pinus edulis* Engelm.

I. 2. 2. *Pinus edulis* Engelm.

Pinus edulis fue descrito, en 1848, por Engelmann a partir de una muestra tomada en los alrededores de Santa Fe Nuevo México, colectada por A. Wislizenius. Es un árbol de 6 a 15 metros de altura de copa redondeada. Sus hojas son rígidas, muy acuminadas y enteras, y se presentan por pares. Las caras dorsal y ventral contienen los estomas. Los canales resiníferos, son extensos y en número de dos. En Arizona y Nuevo México, Little en 1968, describió la variedad *fallax*, que se distingue de *Pinus edulis* var. *edulis* por poseer una hoja rígida (a veces dos) y de 2 a 4 canales resiníferos. La cáscara de las semillas también es delgada (0.3 a 0.4 milímetros).

Según Little la variedad *fallax*, se distingue fácilmente de *Pinus monophylla*, ya que sus hojas son verdes, con un espesor de 1 a 1.4 milímetros mientras que las de *Pinus monophylla* miden de 1.5 a 2 milímetros y además su color es gris verde o verde oliva pálido. Según el mismo autor, las semillas de *Pinus monophylla* se distinguen fácilmente de las de *Pinus edulis*, e incluso de la variedad *fallax*, ya que son más grandes de 15 a 22 milímetros de largo.

Por otra lado, Lanner en 1972, señaló la existencia de híbridos entre *Pinus edulis* y *Pinus monophylla*, los que se distinguen por la presencia, en el mismo árbol, de fascículos con 1 y 2 hojas y por un número variable de canales resiníferos (de 2 a 10). Es probable que Gaussen haya reunido en 1960, en su descripción a *Pinus edulis* y a los híbridos mencionados después por Lanner, ya que en las hojas de *Pinus edulis* señala la presencia de 1 a 10 canales resiníferos. Se añade que el endospermo de las semillas de *Pinus edulis* es también blanco (observación hecha en un lote de semillas proveniente de Estados Unidos). El promedio de cotiledones alcanza 8.30, según Ferre (1965).

Lanner mencionó en 1974, que las áreas ocupadas por *Pinus monophylla* y *Pinus edulis* no se interpenetran, sino que presentan grandes interfases a lo largo de las cuales podrían ser posibles las hibridaciones. Este autor considera que *Pinus edulis* var. *fallax* no es una variedad estable, sino un híbrido; basa su estudio en el número de hojas por fascículo y por el número de canales resinífero, sin embargo no considera el carácter de la cáscara de la semilla. Bailey (inédito), al estudiar los terpenos, comparte la opinión de Little. Esta controversia indica el estrecho parentesco existente entre *Pinus edulis* y *Pinus monophylla*. La primera especie se localiza en el suroeste de los Estados Unidos (Figura 2 b), y para Critchfield y Little (1966) no existe en México. En 1967, Mirov amplió en sus mapas el área de *Pinus edulis* al norte del Estado de Coahuila, pero sin dar ninguna

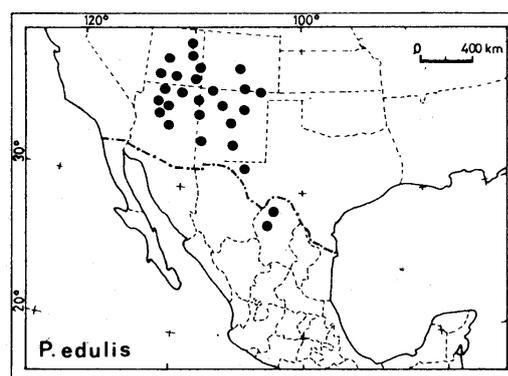


Figura 2 b. Mapa de distribución de *Pinus edulis*, según Critchfield y Little (1965) modificado.

explicación en su texto. Por otra parte al realizar el autor la presente investigación, encontró algunos ejemplares de *Pinus edulis* en la Sierra Santa Fe del Pino y en la Sierra Encantada, Coahuila. Estas poblaciones son relictos.

I. 2. 3. *Pinus cembroides* Zucc.

Esta especie fue descrita por Zuccarini a partir de una muestra sin conos recolectada en el centro de México, la cual se conserva en Munich. Es un árbol cuya altura varía de 5 a 15 metro , los fascículos están compuestos de 2 hojas, y en ocasiones 3 ó 4. Estas son flexibles, lo que permite diferenciar dicha especie de *Pinus edulis*. Los estomas se encuentran en las caras dorsal y ventral de las hojas. En el corte transversal se ven únicamente dos canales resiníferos. Little describió en 1966, en el Estado de Texas una variedad de *Pinus cembroides* con dos hojas flexibles, cuyas semillas tienen una cáscara delgada (de 0.1 a 0.4 milímetros de grosor). Se trata de la variedad *remota* Little. En noviembre de 1979, Bailey y Hawksworth clasificaron a *Pinus cembroides* var. *remota* como especie, basándose en las tres siguientes razones:

- Las hojas de este taxón poseen frecuentemente más de dos canales resiníferos.

- Las escamas de la vaina en la base del fascículo foliáceo hacen un ángulo de 90° mientras que en las otras especies de pinos piñoneros el ángulo es de 270°

- Este taxón se encuentra en altitudes inferiores en relación con aquellas donde se encuentra *Pinus cembroides*.

Los autores no indican ni el número máxima de canales resiníferos observados, ni la altitud en la cual se localizan uno y otro taxón. Señalan su presencia en el oeste de Texas, junto al límite altitudinal inferior de *Pinus cembroides*. Esta especie y *Pinus remota* no se hibridan en esta área lo que parece indicar que son especies diferentes. Según los mismos autores *Pinus edulis* var. *edulis* del noreste de México es en realidad *Pinus remota*.

En Arizona, Little en 1968 describió otra variedad de *Pinus cembroides*: *bicolor*, cuyas hojas flexibles, en grupos de tres, no tienen estomas en la cara dorsal. Esta es de color verde oscuro y la cara ventral blanca. Las semillas tienen una longitud de 8 a 13 milímetros, la cáscara es gruesa (de 2/3 a 1 milímetro) y “no pueden quebrarse con los dientes”, a diferencia de las semillas de *Pinus edulis*, *Pinus cembroides* var. *bicolor* se encuentra de 1 620 a 2 300 metros (a veces hasta 2 600) de altitud en el suroeste de Nuevo México, suroeste de Arizona, noreste de Sonora y oeste de Chihuahua y por último, localmente en las montañas de Coahuila, Nuevo León, Tamaulipas, San Luis Potosí y Zacatecas. Se han recolectado otros especímenes de *Pinus cembroides* sin estomas en la cara dorsal, en diversos Estados de la República Mexicana. En los herbarios, el carácter bicolor de las hojas desaparece con frecuencia. Así Little concluyó que las muestras sin estomas en la cara dorsal quizás no pertenecen a la var. *bicolor*. Bailey y Hawksworth elevaron esta variedad a la categoría de especie, dándole el nombre de *Pinus discolor*.

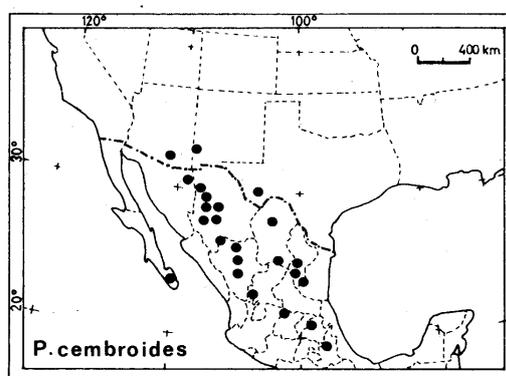


Figura 2 c. Mapa de distribución de *Pinus cembroides*, según Critchfield y Little (1965) modificado.

Pinus cembroides tiene una área de distribución más amplia en México que en los Estados Unidos (Figura 2 c).

I. 2. 4. *Pinus johannis* M. F. Robert

Esta especie fue descrita a partir de una muestra tomada en Concepción del Oro, Zacatecas (Robert, 1978). Es un arbusto de 1 a 4 metros, ramificado desde la base, generalmente con más copa que altura; el tronco no está bien diferenciado, la corona es densa y de color verde oscuro. Las hojas son variables en número de 2, 3 y raramente 4 (Cuadro 1).

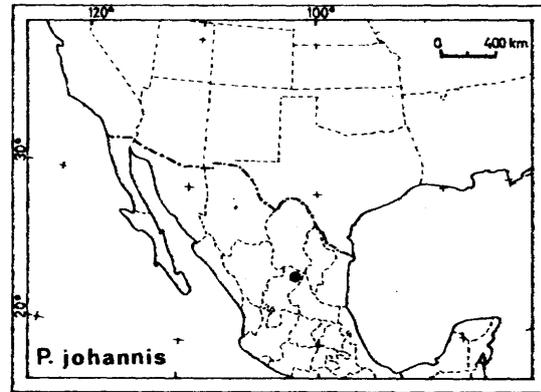
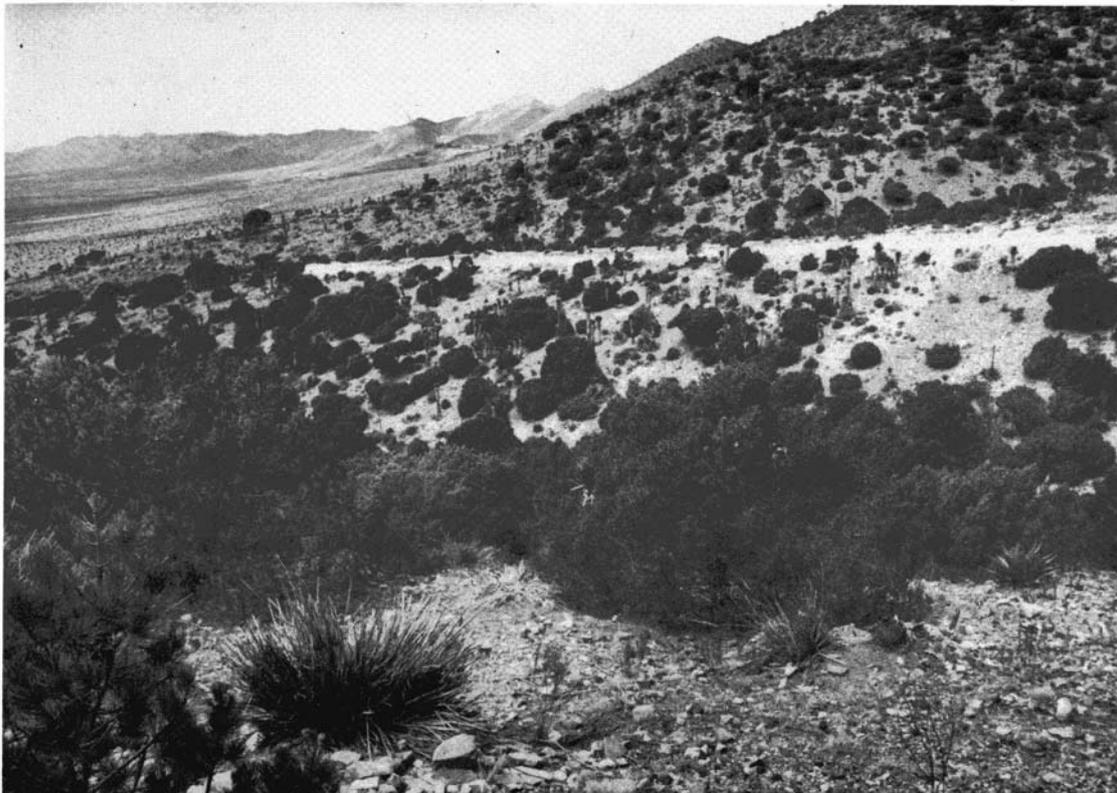


Figura 3 a. Mapa de distribución de *Pinus johannis*.



Formación baja de *Pinus johannis* con *Yucca carnerosana*.
Camino de Concepción del Oro a Mazapil (Zacatecas), 2 500 m de altitud.
7 de febrero de 1978.

CUADRO 1. Variaciones en el número de hojas por fascículos* en la población de *Pinus johannis* en Puerto El Dique, Zacatecas.

| Número del árbol | Número de fascículos examinados | Porcentaje de fascículos con: | | |
|------------------|---------------------------------|-------------------------------|---------|---------|
| | | 2 hojas | 3 hojas | 4 hojas |
| 1 | 1 201 | 6.6 | 93.3 | 0.1 |
| 2 | 472 | 15.9 | 83.7 | 0.4 |
| 3 | 222 | 13 | 86.5 | 0.5 |
| 4 | 575 | 12 | 87.8 | 0.2 |
| 5 | 474 | 12.9 | 86.9 | 0.2 |
| 6 | 320 | 11.9 | 88.1 | 0 |
| 7 | 322 | 7.8 | 91.9 | 0.3 |
| 8 | 311 | 16 | 83.6 | 0.4 |
| 9 | 561 | 6.6 | 90.7 | 2.7 |
| 10 | 440 | 9.5 | 90.5 | 0 |
| 11 | 323 | 17 | 82.4 | 0.6 |
| 12 | 334 | 4.8 | 92.2 | 3 |
| TOTAL | 5 555 | 10,4 | 89 | 0,6 |

* Se obtuvieron cinco ramas a 1 metro del suelo en 12 árboles seleccionados al azar en la población.

Las hojas son de color verde azulado y sin estomas en la cara dorsal; pruinosas y claras en la cara ventral. pero en ésta se observan de 3 a 8 filas de estomas. En el corte transversal se ven dos canales resiníferos externos. Las semillas son ápteras y tienen endospermo blanco. El embrión tiene de 6 a 11 cotiledones; el promedio de éstas, calculado en un lote de 98 plántulas, fue de 8.7.

Pinus johannis muestra mucha analogía con *Pinus culminicola*, estrecho parentezco con *Pinus edulis* y algunas afinidades con *Pinus cembroides* s, 1., y en particular con *Pinus cembroides* var. *bicolor* Little.

Bailey y Hawksworth, en 1979, señalaron la existencia de algunos pinos piñoneros arbustivos en la Sierra Nevada de la Madera, Coahuila, y en la Sierra Madre Oriental hacia el Este. Según estos autores, la composición en monoterpenos de los arbustos de la Sierra de la Madera es idéntica a la composición de *Pinus johannis*. Por esta razón consideraron esos pinos como *Pinus johannis sensu lato*. Además se ha observado a *Pinus johannis* en la Sierra Madre Oriental, rumbo a Miquihuana y Aramberri (Figura 3a), son arbolillos de tres hojas con 2 canales resiníferos, sin estomas en la cara dorsal. El endospermo es blanco.

Conforme a los trabajos de Bailey y Hawksworth, realizados en 1979, la composición en terpenos es idéntica en las especies *Pinus johannis*, *Pinus remota* y *Pinus cembroides*.

I. 2. 5. *Pinus quadrifolia* Parl.

Las hojas de este pino aparecen en fascículos de cuatro. Fue descrito en el siglo XIX en Baja California y se observa únicamente en ese Estado de la República y en California, Estados Unidos a lo largo de la Frontera mexicana (Figura 3 b). Puede alcanzar hasta 25 metros de altura. Lanner en 1974 lo consideró como un híbrido de un pino de 5 hojas, descubierto también en Baja California y llamado *Pinus juarezensis* Lanner y *Pinus monophylla*. Esta afirmación constituye una hipótesis interesante que confirma

la complejidad de la serie *cembroides*. El autor no logró observar *Pinus quadrifolia* y *Pinus juarezensis* en su medio natural, y ningún investigador menciona los caracteres de las semillas o plántulas. El Instituto Nacional de Investigaciones Forestales de México, actualmente Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (INIFAP), proporcionó un lote de semillas de *Pinus quadrifolia*. El endospermo es blanco.

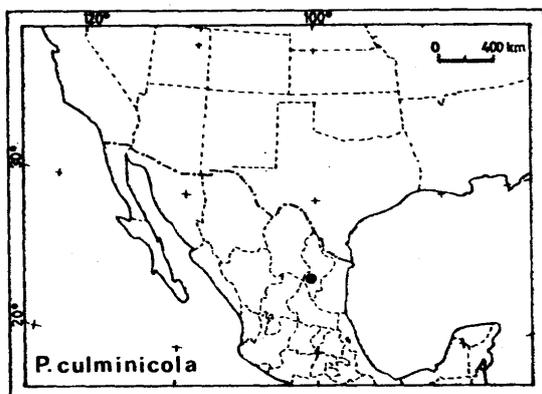


Figura 3 c. Mapa de distribución de *Pinus culminicola*, según Critchfield y Little (1965) modificado.

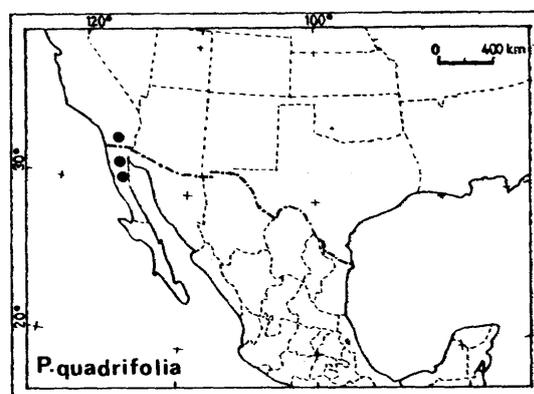


Figura 3 b. Mapa de distribución de *Pinus quadrifolia*, según Critchfield y Little (1965) modificado.

I. 2. 6. *Pinus culminicola* Andresen y Beaman

El último pino del grupo *cembroides*, tiene 5 hojas por fascículo y fue descrito en 1961. Su área es muy reducida (Figura 3 c). Este árbol vive en lugares más elevados que *Pinus cembroides*, y es de porte muy bajo. Sus hojas son finas; la cara dorsal carece de estomas, es de color verde-azul en tanto que la cara ventral es verde clara. En un corte transversal se observa únicamente un canal resinífero por hoja. Los conos son sésiles y pequeños. Se hicieron algunas observaciones en la población del Cerro Potosí, Nuevo León, de donde fue descrito el tipo, y en individuos de la Sierra de la Marta, Coahuila como cito Riskind en 1975. En estas dos poblaciones había numerosos conos muy resinosos; las semillas estaban frecuentemente vacías y eran pequeñas, de 4 a 6 milímetros de largo. El endospermo, blanco y resinoso, tiene un sabor menos agradable que el de *Pinus cembroides*. Siembras efectuadas en París, permitieron obtener 23 plántulas; en ellas se observó que el número de cotiledones varía de 8 a 11, con un promedio de 9.23. Las plántulas son robustas, los éufilos tienen bordes enteros. En esta especie la caracterización es más rápida que en *Pinus edulis* y *Pinus monophylla*, ya que desde el segundo año el 80% de las plántulas presentan fascículos con cinco hojas.

Por consiguiente, los dos extremos del grupo *cembroides* están bien definidos y son *Pinus monophylla* y *Pinus culminicola*. Sus caracteres respectivos se describen en el Cuadro 2. El estudio de *Pinus monophylla* y *Pinus culminicola*, no será ampliado, tampoco la información de *Pinus quadrifolia* y *Pinus juarezensis*, aún no se terminan los trabajos al respecto.

En el transcurso de las observaciones florísticas y ecológicas realizadas en los bosques de *Pinus cembroides s.l.*, se consta gran variabilidad en esta especie (por ejemplo, el número de hojas por fascículo varía de 2 a 4 en un mismo individuo). Por otro lado, al visitar los mercados se advirtió que las semillas descascaradas (piñones) son de color rosa.

Además se observó que cualquiera que sea el número dominante de hojas por fascículo del árbol productor de semillas, éstas del mismo color. Así fue estableciéndose la convicción de que *Pinus cembroides* s. str. tiene semillas color rosa debido a compuestos fenólicos.

CUADRO 2. Comparación de *Pinus monophylla* y *Pinus culminicola*

| | <i>Pinus monophylla</i> | <i>Pinus culminicola</i> |
|------------------------------|--------------------------------------|--------------------------|
| Hojas | | |
| número | 1 | 5 |
| sección | circular | triangular |
| estomas | numerosos, distribuidos regularmente | cara dorsal solamente |
| canales resiníferos | 2 a 12 | 1 |
| Conos | subglobosos, sésiles | subglobosos, sésiles |
| Semillas | | |
| largo | 11 a 18 milímetros | 4 a 6 milímetros |
| cáscara | delgada | gruesa |
| endospermo | blanco | blanco |
| Número de cotiledones | 5 a 10 | 8 a 11 |
| Eufilos | borde dentado | borde entero |

El siguiente estudio tratará sobre *Pinus edulis* s.l. y *P. cembroides* s.l. y sus variaciones en México.

I. 3. *PINUS EDULIS* s.l. Y SUS VARIACIONES EN MÉXICO

I. 3. 1. Pinos de Santa Catarina, Nuevo León

Los pinos del municipio de Santa Catarina, Nuevo León (carretera de Monterrey a Saltillo), prosperan desde los 1 000 metros de altitud al pie de monte del arco oriental de la Sierra Madre Oriental (figura 4 a).

Su aspecto singular es muy semejante al de los enebros. Su altura es menor a los 4 metros, siendo muy ramificados. Las hojas se presentan en fascículos de 2, 3 ó 1 (Cuadro 3). Son de color verde oscuro, más rígidas que las de *P. cembroides*. Las caras dorsal y ventral tienen estomas. El corte transversal de las hojas solitarias es triangular, sin ninguna semejanza con las de *P. monophylla*.

El pedúnculo de los conos femeninos es curvo, lo que no se observa en *Pinus edulis* ni en *P. cembroides*. Los conos maduros tienen un pedúnculo corto; son subglobosos y muy parecidos a los de *P. edulis* y *P. cembroides*, aunque más resinosos. Las escasas semillas que se encontraron en 1974 tenían endospermo blanco y cáscara gruesa.

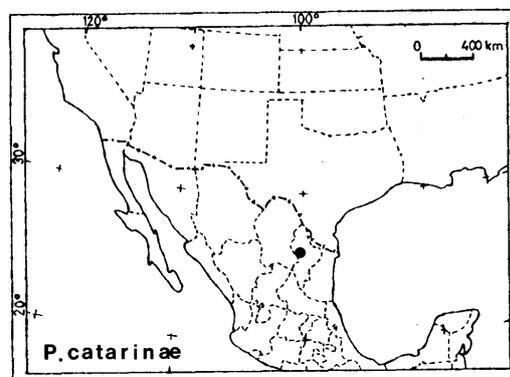


Figura 4 a. Mapa de distribución de *Pinus catarinae*.

CUADRO 3. Frecuencia de hojas por fascículos, en porcentaje, en la formación de Casa Blanca, Nuevo León, a una altitud de 1 100 metros.

| Número del árbol | Número de hojas | | | Número de fascículos contados |
|------------------|-----------------|------|-----|-------------------------------|
| | 1 | 2 | 3 | |
| 1 | 2.5 | 95 | 2.5 | 200 |
| 2 | 0 | 94.5 | 5.5 | 200 |
| 3 | 1.5 | 77.5 | 21 | 200 |
| 4 | 0 | 99 | 1 | 200 |
| 5 | 2.5 | 91 | 6.5 | 200 |
| 6 | 0 | 99 | 1 | 100 |
| 7 | 0.5 | 96 | 3.5 | 200 |
| 8 | 0 | 100 | 0 | 200 |
| 9 | 1 | 93 | 6 | 200 |
| 10 | 1 | 93.5 | 5.5 | 1 700 |
| TOTAL | 1 % | 94 % | 5 % | 3 400 |

Estos pinos se observan hacia el sur, en dirección de Galeana, Nuevo León, sobre las laderas interiores de las cadenas montañosas orientadas este-oeste, hasta 1 500 metros de altitud. Raramente alcanzan los 6 metros de porte.

Se realizaron muestreos de fascículos a 1 400 metros de altitud, observando que los de 2 hojas son dominantes (Cuadro 5).

CUADRO 4. Frecuencia de canales resiníferos, en por ciento, en la formación de Casa Blanca a 1 100 metros de altitud.

| Número de árbol | Número de canales | | | Número de hojas estudiadas |
|-----------------|-------------------|------|------|----------------------------|
| | 2 | 3 | 4 | |
| 1 | 10 | 55 | 35 | 20 |
| 2 | 10.5 | 79 | 10.5 | 20 |
| 3 | 30 | 65 | 5 | 20 |
| 4 | 10 | 70 | 20 | 20 |
| 5 | 25 | 60 | 15 | 20 |
| 6 | 50 | 50 | 0 | 20 |
| 7 | 0 | 100 | 0 | 20 |
| 8 | 20 | 70 | 10 | 20 |
| TOTAL | 18 | 69.5 | 12.5 | 160 |

El análisis de los datos del cuadro 5 permite considerar el árbol número 3 como un híbrido entre los pinos con 2 hojas, de baja altura (Cuadro 2), y *P. cembroides* de 3 hojas, el cual crece más al sur en la misma cadena montañosa. Los muestreos señalan que a una altitud de 1 500 m los números de los canales resiníferos varían de 2 a 5, con un promedio de 3 (Cuadro 4).

CUADRO 5. Frecuencia de hojas por fascículos, en por ciento, en una formación de pinos en el municipio de Santa Catarina, N. L., a 1 400 metros de altitud.

| Número de árbol | Número de hojas | | Número de fascículos contados |
|-----------------|-----------------|------|-------------------------------|
| | 2 | 3 | |
| 1 | 98.75 | 1.25 | 200 |
| 2 | 99.5 | 0.5 | 200 |
| 3 | 65.7 | 34.3 | 100 |
| 4 | 100 | 0 | 100 |
| 5 | 99.2 | 0.8 | 100 |
| 6 | 100 | 0 | 100 |
| 7 | 100 | 0 | 100 |
| 8 | 98.2 | 1.8 | 120 |
| TOTAL | 97 | 3 | 1 020 |

Estos pinos crecen en una región xerofítica donde la precipitación media anual no sobrepasa los 270 milímetros y la temperatura media anual varía de 17 a 18°C (datos de Ramos Arizpe, Coahuila, a 1 399 metros de altitud), localizado sobre roca madre calcárea, el suelo es rendzina lítica, somero. A 1 100 metros de altitud, en esta comunidad existen *Yucca thompsoniana*, *Fouquieria splendens*, *Larrea tridentata*, *Berberis trifoliata*, *Agave striata*, *Agave lecheguilla*, *Bouteloua curtipendula* y *Bouteloua hirsuta*, (entre otras especies en altitudes superiores, hasta de 1 500 metros se vuelven más importantes las siguientes especies: *Sophora secundiflora*, *Rhus microphylla*, *Nolina* sp. y numerosas gramíneas.

Por los conos súbglobosos y las semillas se deduce que los pinos de Santa Catarina pertenecen al grupo *cembroides*. Sus hojas duras y el endospermo blanco los asemejan a *Pinus edulis*, especies con la cual tienen en común el predominio de 2 hojas por fascículo. Sin embargo, se distinguen de *P. edulis* var. *edulis* por su baja altura y por el número de canales resiníferos (superior a dos). En cuanto a *P. edulis* var. *fallax* Little, se vio que tiene más de 2 canales resiníferos, posee fascículos de una sola hoja, en raras ocasiones dos, hecho que no ocurre con los pinos de Santa Catarina (Cuadro 5).

Bailey y Wendt en 1979, afirmaron sin argumentos, que la población de pinos piñoneros situada de 1 000 a 1 100 metros de altitud entre Monterrey y Saltillo está constituida por *P. remota*. Se reconoce que esta población representa los pinos piñoneros mexicanos más cortos de talla ("New pinyon records for northern Mexico"), pero no se acepta la identificación de estos autores. Los mismos autores describen someramente a *P. remota*. De aceptarse como válida la descripción de *P. cembroides* var. *remota* Little, debe considerársele como un árbol de 3 a 9 metros de alto, de copa amplia y redondeada. Los pinos de Santa Catarina son enanos, ya que difícilmente alcanzan los 6 metros de alto. Sin embargo la fructificación se logra aún en ejemplares menores de 2 metros de altura. Dos factores que en ocasiones provocan el enanismo no hereditario son la baja altitud, y la acción de los vientos, pero en este caso son insignificantes. Por lo tanto, el carácter de enanismo debe considerarse como característica de los pinos de Santa Catarina. Por otra parte, Bailey y Hawksworth señalaron que en ocasiones *P. remota* se confunde por *P. edulis* en el noreste de México; sin embargo estos últimos tienen un aspecto muy diferente al de los pinos de Santa Catarina.

Para una mayor comprensión del grupo *cembroides* en México, se considerará a los pinos de Santa Catarina como pertenecientes a un nuevo taxón. Se propone darles el nombre de *Pinus catarinae*, nombre del municipio donde se encuentra esta población.

Pinus catarinae M.-F. Robert-Passini, *sp. nov.*

Diagnosis: Arbol ramoso de 6 metros de altura. Hojas rígidas y aciculadas pero rara vez conjuntas; presentan estomas en las caras dorsal y ventral conos pedunculados y curvos de 3 a 8 milímetros de largo. Semilla teguncutada, de color blanco.

Tipo: ROBERT 10 011, Casa Blanca, Municipio de Santa Catarina Nuevo León. (25° 39' 30" N, 100° 42' 40" O), pie de monte pedregoso-calcáreo, con una formación de *Agave filifera* (figura), altitud de 1 140 metros 10.02. 1978 (holotipo, P; isotipo, MPU, TLJ, ENCE, INIF, ANSM).

Se trata de un arbusto de 1 a 6 metros de altura, ramificado desde la base, generalmente con mas copa que altura y de corona densa; su tronco no está bien definido. Su corteza es grisácea y sus ramas presentan color gris. Tiene 2 ó 3 hojas coriáceas y aciculares de 2.5 a 5 centímetros de largo; su color es verde grisáceo en ambas caras. Su borde es entero. Se observan 4 ó 5 hileras de estomas en la cara ventral y de 3 a 4 hileras en la cara dorsal. Los conos femeninos son de color claro, miden de 4 a 8 milímetros de largo y de 4 a 8 de ancho, presentan un pedúnculo de 5 a 10 milímetros de largo. Sobre las escamas se observa un muero.

Los conos, pequeños, son muy dehiscentes. Las escamas, en número inferior a 30, tienen una apófisis romboidal. Las carenas laterales están bien marcadas. El ombligo dorsal es ligeramente cóncavo y no tiene muero.

Las semillas ápteras son pequeñas y su tegumento externo mide de 0.2 a 0.5 milímetros de espesor. El endospermo es blanco y comestible.

I. 3. 2. Pinos del noreste del Estado de Coahuila

Se han observado dos poblaciones de *Pinus edulis*, una en la Sierra de Santa Fe del Pino y otra en la Sierra de la Encantada, Coahuila (Figura 4 b). Su determinación fue basada en el ancho, dureza y número de hojas. Estas poblaciones son consideradas relictos.

En los cortes transversales de las hojas se aprecian canales resiníferos en número superior a dos y más comúnmente cuatro, por lo tanto, no se trata de *P. edulis* s. str. Debido a ello, se formularon las siguientes hipótesis:

1. El número de canales resiníferos varía dentro del taxón.
2. Estos pinos representan algunos híbridos entre *P. monophylla* y *P. edulis*.
3. Constituyen una variedad que puede distinguirse al interior de la especie. A continuación se revisarán sucesivamente y exhaustivamente las hipótesis:

1. El número de canales resiníferos varía dentro del taxón. Little nunca señaló tales variaciones para *Pinus edulis* en los Estados Unidos. El número de canales resiníferos parece constante con excepción de la variedad *fallax*, la cual tiene de 2 a 4 canales resiníferos, pero sobre todo una sola hoja, lo que no ocurre en las poblaciones antes mencionadas. Lanner en 1974, al estudiar los híbridos entre *P. monophylla* y *Pinus edulis*, verificó este carácter y concluyó que el número de canales resiníferos es "marcadamente uniforme" ya que sólo el 1.7% de las hojas examinadas presentaban "un número de canales resiníferos diferentes del número característico de la especie". Tal es la situación encontrada en Arizona, Colorado, Nuevo México y Utah, por lo que es difícil aceptar que sea diferente al sur del río Bravo.

Se debe señalar que la Sierra de Santa Fe del Pino está bastante cerca de algunos lugares estudiados por Lanner al norte del río Bravo. Por supuesto, el clima de Utah es diferente del clima del noroeste del Estado de Coahuila. Los pinos de la Sierra de Santa Fe del Pino se desarrollan en altitudes de 2 000 a 2 100 metros, sobre suelos de horizonte superficial negro, con un pH de 7 y alcanzan de 9 a 15 metros de altura. Los pinos de la Cuesta La Encantada crecen a 1 400 metros en un suelo idéntico al de la Sierra de Santa Fe del Pino, pero el microclima es xerofítico. En los pinos de las dos estaciones el promedio de canales resiníferos es de cuatro.

De los estudios realizados por Lanner en 1974 sobre las condiciones ecológicas, se desprende que la primera hipótesis no puede ser aceptada; ya que los pinos de la Sierra de Santa Fe del Pino y de la Encantada, Coahuila no pertenecen a *P. edulis* s. str. Quizá se trata de híbridos entre *P. monophylla* y *P. edulis*.

2. Estos pinos son híbridos entre *P. monophylla* y *P. edulis*. Los híbridos entre *P. edulis* y *P. monophylla* descritos por Lanner en 1974 tienen de 2 a 4 canales resiníferos, pero correlativamente presentan un alto porcentaje de fascículos con una hoja. Así pues, en las muestras recolectadas en las dos estaciones se observó la carencia de fascículos con una hoja, pero deberán realizarse otros muestreos. La hipótesis de un híbrido entre *P. monophylla* y *P. edulis* es sólo una probabilidad. Para confirmar la hipótesis se deberían encontrar no lejos de la Sierra de Santa Fe del Pino y de la Sierra de La Encantada, sitios con *P. edulis* y *P. monophylla*. Estos dos taxones se localizan al suroeste de Nuevo México, y es probable que se extiendan en México. Desde el siglo XVII la lata de árboles es intensa. La Sierra de La Encantada está horadada por minas que ha utilizado mucha madera, y la Sierra de Santa Fe del Pino, ha sido sometida a un desmonte desordenado a partir de la Reforma Agraria. Martínez en 1948 menciona en esa zona la existencia de *P. cembroides*, especie que no fue encontrada.

En caso de confirmar en lo futuro la ausencia de fascículos con una hoja por medio de recolecciones ulteriores, esta segunda hipótesis se desechará.

3. Estos pinos representan una variedad de *P. edulis*.

Por lo tanto, representan una variedad de *P. edulis*, que se distingue de *P. edulis* var. *edulis* por su número de canales resiníferos, que varía de 2 a 4. Se distinguen también de *P. edulis* var. *fallax* Little, porque el número de canales resiníferos es superior a 2, pero con fascículos de una hoja, raramente dos.

Según Barley y Hawksworth 1979, *P. remota* se ha confundido con *P. edulis* en el noroeste de México y el oeste de Texas, ya que en estas regiones sus hojas son más coriáceas que en la Planicie de Edwards. Estos datos permiten suponer que *P. remota* presenta fluctuaciones en la dureza don sus hojas, lo que aumenta la dificultad de esta característica, de ser utilizada para distinguir *P. edulis* de *P. cembroides*. Si bien *Pinus remota* es

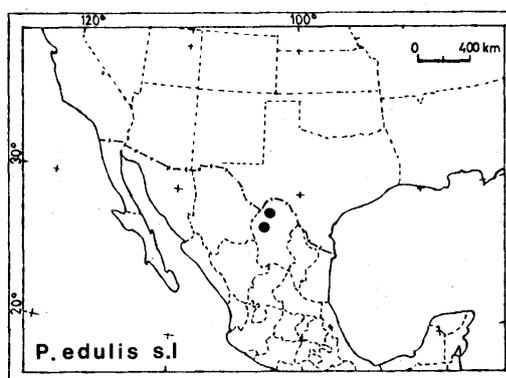


Figura 4 b. Mapa de distribución de *Pinus edulis* s.l., según Critchfield y Little (1965) modificado.

muy parecido a simple vista con *Pinus cembroides*, la identificación es difícil. Así pues, los pinos del noroeste de Coahuila están más cercanos, desde el punto de vista taxonómico a *P. edulis* que *Pinus cembroides*; por ello se dificulta considerarlos como *Pinus remota*. Aún más, *Pinus cembroides* var. *remota* fue descrito por Little como un árbol pequeño, y los pinos del noroeste de Coahuila alcanzan una altura de 9 a 15 metros.

Una recopilación más completa permitirá precisar las características de las semillas y las plántulas y aclarar el parentesco con *Pinus remota* (Little) Bailey y Hawksworth así como su nivel sistemático.

I. 4. *PINUS CEMBROIDES* s.l. EN MÉXICO

Los recorridos regionales permitieron observar las variaciones en los caracteres morfológicos de *Pinus cembroides*. Por ejemplo la altura varía de 3 a 15 metros también existen diferencias en el tamaño. La longitud de las hojas fluctúa en un mismo árbol y sobre una misma rama, de un año a otro. Esta característica y la duración de la vida de las hojas, parecen estar ligadas a las condiciones hídricas del medio, por esta razón, se prefirió no tomarla en consideración, para el presente estudio.

Sucesivamente se observaron el número de hojas, las semillas y las plántulas de *Pinus cembroides* en México.

I. 4. 1. Las hojas

I. 4. 1. 1. Número de hojas por fascículo

Sobre cada uno de los 10 árboles tomados al azar en una población de condiciones ecológicas homogéneas, se colectaron 5 ramas situadas a 1.30 metros de alto, en las poblaciones de Sierra del Carmen, La Herradura y Paso de Carneros en Coahuila, Concepción del Oro, Zacatecas y la Laguna en Baja California Sur. Los datos se observan en el cuadro 6.

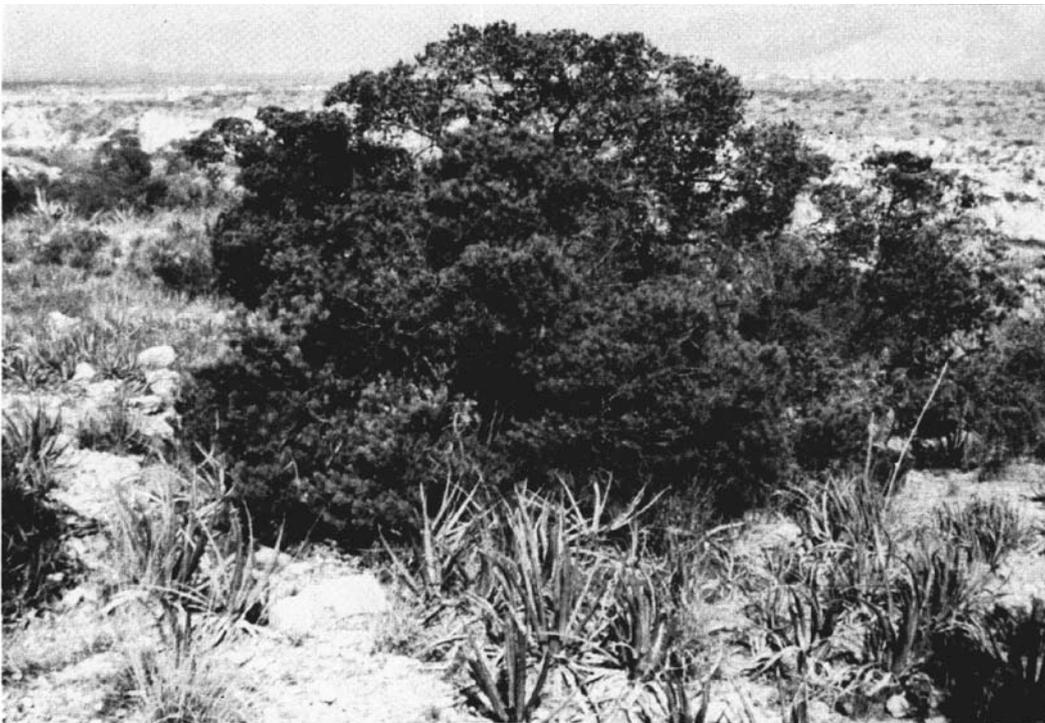
CUADRO 6. Frecuencia del número de hojas por fascículo.

| Población | Coordenadas | Número de fascículos contados | Número de hojas % | | | |
|---------------------------------|---------------------------|-------------------------------|-------------------|------|------|-----|
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Sierra del Carmen (Coahuila) | 28°56'20"N 102°34'15"O | 158 (3 árboles) | 0 | 86 | 14 | 0 |
| La Herradura (Coahuila) | 25°23'00"N 100°46'20"O | 263 (árboles) | 3 | 75.7 | 21.3 | 0 |
| Paso de Carneros (Coahuila) | 25°07'30"N 101°07'10"O | 4 224 (10 árboles) | 1 | 31.5 | 67.3 | 0.2 |
| Concepción del Oro (Zacatecas) | 24°37'00"N 101°28'00"N | 2 367 (5 árboles) | 3 | 48 | 48.8 | 0.2 |
| La Laguna (Baja California Sur) | 23°34'00"N 109°55'00"O | 5 709 (10 árboles) | 1 | 28 | 71 | 0 |

En el caso de los fascículos con una hoja, ésta no se parece a la de *Pinus monophylla*, ya que en su sección triangular se observan 2 canales resiníferos. La información presentada en el cuadro 6, permite distinguir dos poblaciones de pinos, cuyos individuos tienen predominantemente 3 hojas por fascículo: las de la Sierra del Carmen, al norte del Estado de Coahuila (figura 2), y los de La Herradura, en el municipio de Arteaga, Coahuila. Otras



Formación baja con *Pinus culminicola* de 3 metros de altura.
 Se nota un individuo de *Pinus culminicola* aislado en una formación herbácea con *Muehlenbergia* sp.
 y diversas Compositae; al fondo: *Pinus teocote*, *Pinus arizonica*, *Pinus ayacahuite*.
 25°21'40"N, 100°31'30"W, Municipio de Arteaga (Coahuila), 3 150 m de altitud.
 4 de septiembre de 1975



Pinus catarinae, 3 metros de altura; enfrente *Agave lecheguilla*.
 Carretera de Monterrey a Saltillo, Municipio de Santa Catarina (Nuevo León).
 10 de febrero de 1978.

dos poblaciones, la de Paso de Carneros, Coahuila, geográficamente muy próxima de la de La Herradura, y la de La Laguna, municipio de Todos Santos, en Baja California Sur, tienen generalmente 3 hojas por fascículo.

Existen variaciones dentro de la población de Paso de Carneros: un árbol tenía 58% de fascículos con 2 hojas y 42% de fascículos con 3; asimismo, otro presentaba 63% de fascículos con 2 hojas y 37% con 3 (cuadro 7).

CUADRO 7. Frecuencia del número de hojas por fascículo, en Paso de Carneros, Coahuila.

| Número del árbol | Número de fascículos | Número de hojas por fascículo en % | | | |
|------------------|----------------------|------------------------------------|-------|-------|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | 200 | 0 | 27 | 73 | 0 |
| 2 | 200 | 0 | 11 | 89 | 0 |
| 3 | 120 | 0 | 34 | 66 | 0 |
| 4 | 160 | 0 | 58 | 42 | 0 |
| 5 | 200 | 0 | 63 | 37 | 0 |
| 6 | 160 | 0 | 19.5 | 80.5 | 0 |
| 7 | 190 | 0 | 16 | 82 | 2 |
| 8 | 133 | 8.5 | 26.3 | 65.2 | 0 |
| 9 | 488 | 1 | 38.75 | 60.25 | 0 |
| 10 | 2.373 | 1.25 | 30 | 68.75 | 0 |

En la población de Concepción del Oro, Zacatecas, se observaron las variaciones más importantes de *Pinus johannis* con respecto a otras poblaciones (cuadro 8).

CUADRO 8. Frecuencia del número de hojas por fascículo, en Concepción del Oro, Zacatecas.

| Número del árbol | Número de hojas por fascículo en % | | | | Número de fascículos observados |
|------------------|------------------------------------|------|------|-----|---------------------------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| 1 | 1.2 | 29.6 | 69 | 0.2 | 1 007 |
| 2 | 2.4 | 92 | 5.6 | 0 | 412 |
| 3 | 5.8 | 31.8 | 62.4 | 0 | 362 |
| 5 | 0 | 65.9 | 43.1 | 0 | 208 |
| 6 | 8.9 | 60 | 30.5 | 0.6 | 318 |

En un individuo se nota más del 90% de fascículos con dos hojas. La heterogeneidad de esta población hace pensar que se trata de hibridaciones entre pinos con 2 hojas y pinos con 3 hojas; a éstos pertenece *Pinus johannis*.

El número de hojas por fascículo varía también en la población de La Laguna, Baja California Sur. Sin embargo predominan los fascículos con 3 hojas (cuadro 9).

Quizás estamos en presencia de fenómenos de introgresión. Lo que supone la existencia de una población de pinos con dos hojas por fascículo, otra con tres hojas por fascículo. Las hibridaciones, los back-cross sucesivas entre pinos de 2 y 3 hoja podrían ser el origen de la variabilidad en la frecuencia del número de hojas por fascículo.



Pinus cembroides var. *lagunae*, de 12 metros de altura. Notar el tronco alargado de esta variedad. Formación alta cortada y quemada. Sierra de La Laguna, Delegación de Todos Santos (Baja California Sur), 1 650 m de altitud. 14 de febrero de 1978.

CUADRO 9. Frecuencia del número de hojas por fascículo, en La Laguna, Baja California Sur.

| Número del árbol | Número de hojas por fascículo en % | | | | Número de fascículos |
|------------------|------------------------------------|-------|-------|-----|----------------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| 1 | 0 | 66 | 34 | 0 | 50 |
| 2 | 2.7 | 46.5 | 50.8 | 0 | 1 210 |
| 3 | 0 | 17.7 | 82.3 | 0 | 498 |
| 4 | 0 | 16 | 81.5 | 2.5 | 81 |
| 5 | 0 | 77 | 23 | 0 | 50 |
| 6 | 0 | 8 | 92 | 0 | 171 |
| 7 | 1 | 22.5 | 76.5 | 0 | 1 885 |
| 8 | 0 | 46.25 | 53.75 | 0 | 560 |
| 9 | 0 | 10 | 90 | 0 | 959 |
| 10 | 0 | 25 | 75 | 0 | 245 |

I. 4. 1. 2. Presencia o ausencia de estomas en la cara dorsal de las hojas

En las poblaciones que se estudiaron anteriormente, las hojas tienen estomas en las caras dorsal y ventral. Se encontraron muestras sin estomas en la cara dorsal del norte al sur de México y de este a oeste, sin embargo fueron menos numerosas que las muestras con estomas en las dos caras.

Los pinos de San Buenaventura, Chihuahua, tienen hojas con la cara dorsal de color verde oscuro y la cara ventral de color verde claro. La cara dorsal carece de estomas. Por ello se deduce que podrían pertenecer a la variedad *bicolor*, descrita por Little en 1968, en Arizona. El carácter "bicolor" de las hojas no es aparente en las muestras señaladas anteriormente, pero Little menciona que frecuentemente desaparece cuando se tienen en herbario. La ausencia de estomas en la cara dorsal es una característica común en *Pinus johannis*, *Pinus culminicola* y *Pinus quadrifolia*. Este carácter representa una variación individual o genética. Little en 1968 y Bailey (*In lit.*) consideraron que este carácter por sí solo no es suficiente para definir a *Pinus cembroides* var. *bicolor*. Sin embargo, posteriormente, Bailey Hawkesworth, en 1979, elevaron a *Pinus cembroides* var. *bicolor* al nivel de especies, diferenciándola de *Pinus cembroides* a la que llaman *Pinus discolor*. La ausencia de estomas en la cara dorsal, el carácter bicolor de las hojas y el tamaño pequeño del cono agregan otros caracteres que diferencian este taxón de *Pinus cembroides*; ellos son:

1. En ocasiones los fascículos de *Pinus discolor* de tres hojas predominan sobre los de cuatro; los fascículos con dos hojas son menos frecuentes que los de cuatro. No se indican las proporciones respectivas. En los cuadros 7 y 9 se muestra que en algunos individuos de *Pinus cembroides* es posible encontrar proporciones elevadas de fascículos con tres hojas.
2. Las hojas de *Pinus discolor* viven de 4 a 7 años, mientras que las de *Pinus cembroides* duran de 2 a 5 años, también se observó que en *Pinus cembroides* esta característica, varía según las condiciones hídricas de la estación.
3. La composición de los terpenos es diferente. *Pinus cembroides* posee un elevado porcentaje de α -pinero

4. *Pinus discolor* tiene tendencia al dioicismo carácter que aumenta al irse aproximando al sur y se encuentra en grandes proporciones en la Sierra Madre Occidental y llega a observarse hasta la Sierra de San Miguelito, San Luis Potosí.

Los observaciones de las hojas han puesto de manifiesto una gran variabilidad en las poblaciones de *Pinus cembroides*.

I. 4. 2. Estudio de las semillas y de las plántulas

Se utilizaron semillas colectadas por el INIF (hoy INIFAP), semillas provenientes de colectas personales así como las compradas en los mercados locales.

La procedencia de los lotes estudiados aparece en el cuadro 10.

CUADRO 10. Procedencia de los lotes de semillas.

| Número del lote | PROCEDENCIA |
|-----------------|---|
| INIF 235 | San Antonio las Alazanas, Coahuila; 2 400 metros. |
| INIF 85 | Zimapán, Hidalgo; 2 010 metros. |
| INIF 299 | San Luis Atexcac, Puebla; 2 490 metros. |
| INIF 359 | La Laguna, Delegación Todos Santos, Baja California Sur; 2 200 metros. |
| 1 | Rancho de San Luís Potosí de Los Pinos, municipio de Ajalpan, Puebla; 2 200 metros colectado. |
| 2 | Concepción del Oro, Zacatecas; 2 700 metros colectado. |
| 3 | Sierra de Arteaga, Coahuila; comprado. |
| 4 | San Miguelito, municipio de San Luís Potosí, San Luís Potosí; 2 200 metros colectado. |
| 5 | Vizarón, Hidalgo; comprado. |
| 6 | Cofre de Perote, Veracruz; comprado. |

Para hacer una diferenciación lo más completa posible, se anotaron las características externas de las semillas y de la plántula.

1. 4. 2. 1. Datos de las semillas

Longitud de las semilla en milímetros, Grosor de las semillas en milímetros

Números de semillas por kilogramo, Espesor de la cáscara en milímetros

Porcentaje de semillas vanas por kilogramo

CUADRO 11. Medidas de las semillas (promedio de 100 semillas)

| Número del lote | Longitud en milímetros | Grosor en milímetros | Número de semillas por kilogramos | Semillas vanas en % | Espesor de la cáscara en milímetros |
|-----------------|------------------------|----------------------|-----------------------------------|---------------------|-------------------------------------|
| 85 | 14 | 8.5 | 2 490 | 5 | 0.2 - 0.4 |
| 235 | 13 | 7.5 | 2 835 | 19 | 0.4 - 0.5 |
| 299 | 13 | 7.5 | 4 132 | 42 | 0.5 - 0.4 |
| 359 | 13.5 | 7 | 3 831 | 5 | 0.1 - 0.2 |
| 1 | 13 | 7.5 | | 5 | 0.4 - 0.5 |
| 2 | 13.5 | 9 | 2 225 | 5 | 0.4 - 0.5 |
| 3 | 13 | 8 | | 5 | 0.4 - 0.5 |
| 4 | 13 | 8 | | 5 | 0.4 - 0.5 |
| 5 | 13.5 | 8.5 | | 5 | 0.4 - 0.5 |
| 6 | 13 | 7.5 | | 5 | 0.2 - 0.5 |

El número de semillas por kilogramo está correlacionado positivamente con la longitud y el grosor de las semillas, excepto en caso de semillas con cáscara de espesor muy diferente, o de un porcentaje de semillas vanas elevado. El mayor porcentaje de semillas vanas que se nota en el lote de San Luis Atexcac, Puebla, indica condiciones de vida difíciles y presencia de enfermedades.

La longitud y el grosor de las semillas muestran una fluctuación máxima de un lote a otro.

Las medidas del espesor de la cáscara permiten separar las semillas de La Laguna (0, 1-0, 2, milímetros) de las de otras procedencias.

I. 4. 2. 2. Datos de la plántula

Esencialmente, se trató de establecer el número de cotiledones y la velocidad de crecimiento de las plántulas.

I. 4. 2. 2. 1. Número de cotiledones.

Las semillas fueron sembradas en París, Brunoy y Toulouse. Los datos obtenidos se presentan en el cuadro 12.

CUADRO 12. Número de cotiledones en promedio.

| | | | | | | | | | |
|-----------------------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Número de lote | 235 | 299 | 359 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Número de plántulas | (15) | (63) | (310) | (757) | (62) | (178) | (224) | (88) | (64) |
| Número de cotiledones | 10.46 | 9.21 | 12.62 | 10.59 | 10.56 | 10.95 | 11.22 | 10.74 | 10.53 |
| Desviación estándar | 0.94 | 0.82 | 0.57 | 0.33 | 0.99 | 0.60 | 0.54 | 0.64 | 0.70 |

Algunos lotes tuvieron bajo porcentaje de germinación, como en el caso del 235. Se nota que el lote 359 tiene un promedio de 12.62 cotiledones, superior al promedio de los otros lotes. El lote 359 se distingue de los otros por el número de cotiledones.

Los pinos de La Laguna, delegación de Todos Santos, Baja California Sur, difieren de las otras poblaciones estudiadas por el número de cotiledones, la delgadez de la cáscara y por su velocidad de crecimiento. Por lo anterior, se propone considerarlos como una variedad de *Pinus cembroides*.

I. 4. 2. 2. 2. La plántula y el individuo de un año

Las plántulas de todos los lotes tienen éufilos de borde entero, no aserrado. Su caracterización es medianamente lenta; al interior de un mismo lote, algunos individuos forman hojas agrupadas en fascículos en la primavera del segundo año y otros en la primavera del tercer año.

Los pinos de La Laguna, Baja California Sur, se distinguen de los otros lotes por su rápido crecimiento: a edad igual y condiciones de crecimiento idénticas, su tamaño es del doble. Este crecimiento más rápido se notó en París y también en las siembras hechas en la Universidad Autónoma Agraria. En todos los lotes el número de hojas por fascículo varió en el transcurso del segundo y tercer año.

I. 4. 3. Conclusión

La fluctuación del número de hojas por fascículos se nota en individuos de 2 a 3 años en observación.

Se recuerda que el número de hojas por fascículo es muy variable al interior de las poblaciones de *Pinus cembroides*; esta variabilidad se presenta también en las plantas jóvenes. Es necesario un estudio más amplio para relacionar este dato con los de la semilla y de las plántulas.

Por otro lado, las observaciones sobre semillas y plántulas permiten definir una variedad de *Pinus cembroides* var. *lagunae* var. nov., que se diferencia del tipo por que su semilla es de cáscara delgada (0.1 - 0.3 milímetros), el promedio de cotiledones (12.62) y el crecimiento es más rápido que el del tipo. El árbol adulto alcanza de 12 a 15 metros de altura.

Tipo: ROBERT 10 021. Sierra La Laguna, Delegación Todos Santos, Baja California Sur, 23° 34' N, 109°55'0, roca madre cristalina. 1 650 metros 15.02.1978. (holo-, P ; iso-, MPU, TLJ, ENCB, INIF).

Arbol 12-15 m alta, citatius typo crescens, Seminis putamen tenue (0.1 - 0.3 milímetros nec 0.4 - 0.5 Cotyledones 12.62 in mediate (nec 0.54).

Arbol de 12 a 15 m de alto, con tres hojas por fascículo, en ocasiones dos, flexibles y de color verde gris. Los estomas se localizan en las caras dorsal y ventral de las hojas. Los canales resiníferos son dos. Los conos maduros son globosos o subglobosos. Las semillas miden de 10 a 16 milímetros de longitud (con un promedio de 12.7), de 6 a 10 milímetros de grosor. Su cáscara es delgada (de 0.1 a 0.3 milímetros).

Las plántulas tienen de 9 a 17 cotiledones; el promedio, calculado en un lote de 310 plántulas, es de 12.62. El crecimiento es más rápido que el de *Pinus cembroides* var. *cembroides*.

Se observa en Baja California Sur, en lugares situados entre 1 600 y 2 200 metros de altitud. Forma bosques de masas puras o asociados con *Quercus* sp. En el estrato bajo existen *Dalea* sp. y *Bouteloua gracilis*, *P. cembroides* var. *lagunae* se desarrolla en suelo proveniente de la degradación de roca cristalina, con textura limo-arenosa y un pH de 4 o 5.

Debido a su rápido crecimiento esta variedad podría ser utilizada para reforestar zonas secas; soporta suelos con pH de 7 a 8, como se pudo apreciar en las plantaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, de Saltillo.

I. 5. CONCLUSIÓN

P. edulis s.l. y *Pinus cembroides* s. 1. constituyen un conjunto de poblaciones complejo y dinámico.

En un estudio posterior se deberá establecer la relación entre los distintos caracteres sistemáticos examinados (número de hojas, ausencia o presencia de estomas, semillas y conos) y de profundizar la fenología de las principales poblaciones identificadas durante este trabajo. Se necesita proseguir la investigación para establecer las relaciones de los principales datos sistemáticos usados y aclarar la fenología de las principales poblaciones ya mencionadas.

En seguida se da la clave de los pinos piñoneros del grupo *cembroides* conocidos en México:

Forma arbustiva, ramificado desde la base

Fascículos de 5 hojas, 1 canal resinífero dorsal, semillas con endospermo blanco, promedio de 9 cotiledones

Pinus culminicola

Fascículos de 3 hojas, en ocasiones 2, raramente 4, bicolor, 2 canales resiníferos, sin estoma en la cara dorsal; semilla de endospermo blanco, promedio de 8.7 cotiledones

Pinus johannis

Fascículos de 2 hojas (en ocasiones 3), 2 a 4 canales resiníferos, semilla con endospermo blanco. . .

Pinus catarinae

Forma arbórea, tronco definido

Hojas largas y duras

Hojas solitarias, de 2 a 17 canales resiníferos, semillas con endospermo blanco, promedio de 7 cotiledones ..

Pinus monophylla

Fascículos de 2 hojas, 2 canales resiníferos semilla con endospermo blanco, promedio de 8.3 cotiledones

Pinus edulis

Fascículos de 4 hojas, 2 canales resiníferos, semilla con endospermo blanco

Pinus quadrifolia

Hojas flexibles, en fascículos de 3 bicolors, 2 canales resiníferos, sin estomas en la cara dorsal, espesor de la cáscara de la semilla de 0.5 a 1 milímetros

Pinus discolor

Fascículos de 2 a 3 hojas, 2 canales resiníferos, espesor de la semilla de 0.2 a 0.5 milímetros endospermo de color rosa, promedio de 10.5 cotiledones

Pinus cembroides var. *cembroides*

Fascículos de 2 a 3 hojas (de preferencia 3), 2 canales resiníferos, cáscara de la semilla delgada de 0.2 a 0.5 milímetros endospermo de color rosa; promedio de 12.6 cotiledones

Pinus cembroides var. *lagunae*

Los pinos del noroeste de Coahuila, incorporados a *Pinus edulis*, no están incluidos en esta clave.

El estudio fitogeográfico y ecológico trata de *Pinus cembroides sensu lato*, que reúne 4 especies y dos variedades de una de ellas: *Pinus johannis*, *Pinus catarinae*, *Pinus discolor*, *Pinus cembroides* var. *cembroides* y *Pinus cembroides* var. *lagunae*.

CAPITULO II

VEGETACIÓN Y MEDIO

Las formaciones leñosas altas de *Pinus cembroides* se mencionan en estudios generales de la vegetación de México, o bien en algunos estudios regionales. Entre los primeros se cita el de Leopold (1950) quien ubica los “piñon - juniper woodland” en las colinas áridas o en las montañas bajas.

Shreve (1939) y Lesueur (1945), al estudiar la vegetación de Chihuahua, y Gentry (1957) al hacerlo en las praderas del Estado de Durango, señalaron algunas formaciones de *Pinus cembroides* en asociación con *Quercus* pl. sp., *Arctostaphylos pungens* y *Juniperus* pl. sp.

Muller (1937 y 1939) cito la presencia de *Pinus cembroides* en el Estado de Nuevo León, como un posible integrante de la formación que él llama “western montane chaparral”, a la cual frecuentemente acompañan *Quercus* pl. sp. y *Rhus virens*.

En 1965, Rojas Mendoza llamó a las formaciones de *Pinus cembroides* del Estado de Nuevo León como “bosque bajo aciculiescuamifolio con *Pinus* y *Juniperus*”. En el Estado de San Luis Potosí, Rzedowski en 1965 observó que los bosques de *Pinus cembroides* constituyen masas casi puras, ocupando el mismo hábitat que el encinar arbustivo; indicó también que la transición vegetativa se hace notoria por la mezcla de pinos y encinos.

Puig menciona en 1967, la existencia de algunos bosques de *Pinus cembroides* entre la estepa suculenta y el bosque de *Pinus patula*, *Pinus teocote* y *Quercus* sp., en la región de El Doctor, Querétaro, y entre Zimapán y Jacala, Hidalgo. En el valle de Mezquital, Hidalgo, González Quintero (1968) señaló la presencia de *Pinus cembroides* combinados con matorrales de *Juniperus flaccida* y encinares arbustivos de *Quercus crassifolia*.

La breve revisión bibliográfica anterior muestra que al iniciarse la presente investigación existían datos muy escasos sobre las formaciones de *Pinus cembroides*.

Este estudio se propone precisar las características distintivas de las formaciones de *P. cembroides* y a la vez, determinar las condiciones de vida y la composición de la flora existente en los bosques de la especie mencionada, así como poner en evidencia sus diferencias respecto a las formaciones vegetales adyacentes.

II. 1. MÉTODO DE TRABAJO

II. 1. 1. Muestreos

Con el fin de conocer las características distintivas del medio donde se encuentran las formaciones leñosas de *Pinus cembroides*, se realizó un muestreo sistemático de las poblaciones señaladas por Martínez en 1948. Las poblaciones se identificaron en los

mapas en una escala de 1:100.000, que eran los únicos disponibles en 1969. Un muestreo estratificado era utópico, pues por una parte se temía la carencia de mapas en gran escala, y por la otra, existía la falta de carreteras próximas a las poblaciones de *Pinus cembroides*. Finalmente, las posibilidades de acceso condicionaron los lugares de muestreo.

También se efectuaron observaciones a diferentes altitudes cuando la topografía del terreno fue propicia.

Los muestreos se realizaron en los meses de julio a octubre, época de lluvias en México, durante los años de 1969 a 1975.

Cada muestreo comprendió la anotación de las variables ecológicas y la composición de la flora.

II. 1. 2. Variables ecológicas

Las variables ecológicas se distribuyen en las siguientes cuatro clases:

1. Variables geográficas
2. Variables del sustrato
3. Variables de la vegetación
4. Variables antrópicas

Dichas variables fueron codificadas de acuerdo con el “Codigo de la Vegetación” aplicado por el CEPE-CNRS de Montpellier (Godron et al. 1968).

Cabe aclarar que el número de clases contenido en el cuadro 13 no corresponde al número anotado en el campo, sino al conservado para el análisis estadístico de los datos.

CUADRO 13. Variables ecológicas .

| GEOGRAFICAS | Número de clases |
|------------------------------------|------------------|
| Latitud | 9 |
| Longitud | 9 |
| Clima según Köppen | 12 |
| Precipitación | 9 |
| Temperatura | 7 |
| Altitud | 15 |
| Exposición | 9 |
| Topografía | 5 |
| Pendiente | 8 |
| SUSTRATO | |
| Tipo de roca | 4 |
| Reacción de la roca al HCl | 5 |
| Textura del suelo (en el campo) | 13 |
| HCl del suelo (en el campo) | 2 |
| pH del suelo (en el campo) | 10 |
| Color del suelo (en laboratorio) | 3 |
| Textura del suelo (en laboratorio) | 6 |
| pH del suelo (en laboratorio) | 8 |
| Humedad aparente de la estación | 5 |
| Porcentaje de bloques | 8 |
| Porcentaje de grava | 14 |
| Porcentaje de tierra fina | 7 |
| Porcentaje de vegetación | 8 |

| | |
|---|----|
| VEGETACION | |
| Tipo de formación | 7 |
| Primera especie dominante | 7 |
| Segunda especie dominante | 11 |
| Recubrimiento del estrato I | 5 |
| Recubrimiento del estrato II | 8 |
| Recubrimiento del estrato III | 8 |
| Recubrimiento del estrato IV | 5 |
| Recubrimiento del estrato V | 7 |
| Recubrimiento del estrato VI | 8 |
| Recubrimiento del estrato VII | 8 |
| Recubrimiento del estrato IX | 5 |
| Recubrimiento arbustivo | 7 |
| Recubrimiento herbáceo | 6 |
| Diámetro de los troncos de <i>P. cembroides</i> | 13 |
| ANTROPICAS | |
| Artificialización | 5 |
| Utilización | 6 |
| Explotación forestal | 8 |
| Animales, en particular domésticos | 4 |

Como se señala posteriormente el programa para establecer los perfiles ecológicos funciona con menos de quince clases. Por ello cuando el número de clases fue superior a quince, se efectuaron reagrupamientos, como ocurrió en el caso de las especies dominantes, clima según Koeppen y altitud entre otras clases. Estos reagrupamientos son arbitrarios, por lo que deben evitarse hasta donde sea posible para evitar errores aunque sea ligeramente en los resultados obtenidos.

En caso de utilizar el muestreo estratificado, es innecesario hacer reagrupamientos, pero fue imposible aplicar este método por las razones expuestas.

A continuación se describen los reagrupamientos al interior de la variable especie dominante.

II. 1. 2. 1. Especie dominante.

La especie dominante constituye un criterio básico para estudiar la dinámica de las formaciones vegetales. Pero es más subjetiva que otras variables. En este caso, se le asignó el significado utilizado por Flahault, citado por Godron en 1968: “algunas especies son dominantes, ya sea por ser características del estrato vegetal, por el tamaño, la forma o la duración de los individuos (especies sociales). o bien por la acción que ejercen sobre el hábitat, creando, por así decirlo, la estación”. No siempre es fácil seguir las recomendaciones del “Codigo para la observación metódica de la vegetación y del medio”; “mantener presente en el espíritu que el objetivo de la investigación es caracterizar globalmente la vegetación de la estación y registrar la especie más visible”. La dominancia puede estar desligada de la abundancia: en los bosques de pinos, y *Yucca filifera* o *Y. carnerosana*, *Yucca* es la segunda especie dominante, sin embargo, “salta a los ojos” a pesar de su baja población. El registrar las especies dominantes permite tener conocimiento impresionista de la vegetación a estudiar.

La dominancia es resultado de una apreciación personal, ligada por una parte al fenómeno de la visión, y por la otra a discernimiento.

En el área estudiada se registraron cuarenta y cinco especies dominantes, integradas en la primera y segunda especie dominantes; éste es un número elevado de especie, el que rara vez se encuentra en regiones templadas. Ahora bien, para utilizar el programa

de información mutua, que permitió analizar quince claves dentro de cada variable, se hicieron reagrupamientos de especies, de acuerdo con sus afinidades sistemáticas o su integración a un tipo de formación vegetal. De esta manera se obtuvieron siete claves, que son las siguientes:

- 01 *Pinus cembroides*
- 02 *Quercus* spp.
- 03 Coníferas: *Pinus engelmannii*, *P. arizonica*, *P. ayacahuite*, *Cupressus* sp., *Pseudotsuga* sp.
- 20 Pinos piñoneros diferentes de *P. cembroides*: *Pinus pinceana*, *P. nelsonii*, *P. culminicola*
- 16 Matorral submontano: *Fraxinus* sp., *Juglans* sp., *Acacia* sp., *Zizyphus* sp., Gramíneas
- 09 Chaparral: *Arctostaphylos pungens*, *Ceanothus* spp.
- 14 Matorral desértico micrófilo (*Maitenia* sp., *Agave lecheguilla*, *Gymnosperma glutinosum*, *Prosopis juliflora*, *Mimosa* sp., *Agave* sp.)

Un procedimiento idéntico se siguió para reducir el número de especies dominantes en segundo término, conservándose al final 11 claves que son:

- 15 Matorral desértico rosetófilo
- 28 Matorral desértico micrófilo
- 23 Bosque deciduo templado
- 09 Chaparral
- 34 Gramíneas
- 20 Pinos piñoneros diferentes de *Pinus cembroides*
- 03 *Juniperus* spp.
- 01 *Pinus cembroides*
- 02 *Quercus* spp. diferentes de *Q. rugosa*
- 06 *Quercus rugosa*
- 05 Coníferas diferentes de los pinos piñoneros

Algunas de las especies conservadas son comunes a la primera y segunda especies dominantes. El total de especies dominantes conservadas fue de doce.

Cualquiera que sea la variable considerada, no hay duda de que los agrupamientos producen pérdida de información y originan ligeras modificaciones en los resultados.

Las observaciones de las Sierras Madre Oriental y Occidental se trataron separadamente, rechazándose las especies dominantes cuya presencia era igual o inferior a 2, esto evitó reagrupamientos.

II. 1. 3. Plantas

De cada planta recolectada se depositó un ejemplar en el herbario de la Escuela de Ciencias Biológicas del Instituto Politécnico Nacional de México; con respecto a las plantas recolectadas en el Estado de Coahuila un espécimen se depositó en el herbario de la Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro", con sede en Buenaventura, Coahuila. Una muestra de los encinos y coníferas se envió al herbario del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales en la ciudad de México. Algunas muestras de coníferas se remitieron a los herbarios de los institutos de botánica de Montpellier y Toulouse. El herbario se conservó en el Museo de Historia Natural de París. La lista florística del área de estudio está formada por más de mil taxones.

En México se carece de una lista completa de las especies vegetales conocidas. Por ello, para conocer la repartición de las familias identificadas en el área de estudio,

se decidió codificarlas, por medio del código de los órdenes y las familias establecido en el CEPE por B. Descoings y N. Denelle (sin publicar), basado en la clasificación de Emberger (1960), las familias se clasificaron alfabéticamente.

Para cada familia se levantó la lista de los géneros y especies encontrados en el área de estudio. A cada planta se le asignó un código de ocho cifras; sin embargo, su utilización se suspendió debido a que los programas utilizados en el CEPE-CNRS de Montpellier tendrían que haberse modificado. Por lo tanto, para cada planta se sustituyó el código de ocho cifras por un número de 1 a n, siendo n el número de plantas cuantificadas en el área de estudio. Este número puede transcribirse fácilmente al código de ocho cifras, el cual permitirá, en el futuro, un estudio corológico y una discusión fitogeográfica sobre la repartición de los géneros y las familias.

II. 1. 4. Tratamiento de los datos

Los datos relativos a los 185 muestreos efectuados en 1974 y 1975 se analizaron con métodos de informática. Se utilizaron el análisis factorial de correspondencias y otro que permite asociarle, a cada clase de una variable, la lista de especies cálculo de la información mutua y perfil ecológico.

Después del inicio de este trabajo, la Comisión de Estudios del Territorio Nacional (CETENAL) cartografió una porción del este del área de estudio, proporcionando los datos de los muestreos efectuados dentro de las formaciones de *Pinus cembroides* y de las formaciones vecinas. Estas observaciones, asociadas a las 185 ya mencionadas, constituyen un conjunto de 351 observaciones, en las cuales se aplicó el método de información mutua y de los perfiles ecológicos.

A este respecto, son necesarias dos observaciones:

1. Es preferible analizar el conjunto de muestras hechas por un mismo operador o, en su defecto, las muestras tomadas para el mismo propósito (cartografía, estudio ecológico). Porque así, las muestras tienen mayor homogeneidad, debido a que el modo de apreciar el mundo exterior es diferente para cada operador. Estas diferencias se acentúan cuando el objetivo de un operador es la cartografía regional y para el otro lo es el estudio de una especie forestal. Al agrupar observaciones hechas con finalidades diferentes, se introduce heterogeneidad, cuyo efecto no debe subestimarse. En caso de que esta situación sea inevitable, es posible introducir un factor de corrección, el que se evaluaría posteriormente.

2. Mas que analizar un gran número de observaciones para cubrir una amplia zona geográfica, es preferible tratar conjuntos de datos de entidades geográficas pequeñas.

II. 2. ANÁLISIS GLOBAL DEL MEDIO Y LA VEGETACIÓN

II. 2. 1. El análisis factorial de las correspondencias

El análisis factorial de las correspondencias se aplica a un cuadro formado por un conjunto de individuos (especies y observaciones) y un conjunto de clases de factores. Cada individuo se indica, dentro de cada clase de factor, por su frecuencia. La explicación del análisis factorial se hizo con la metodología desarrollada por Romane (1975), aplicada de la siguiente manera.

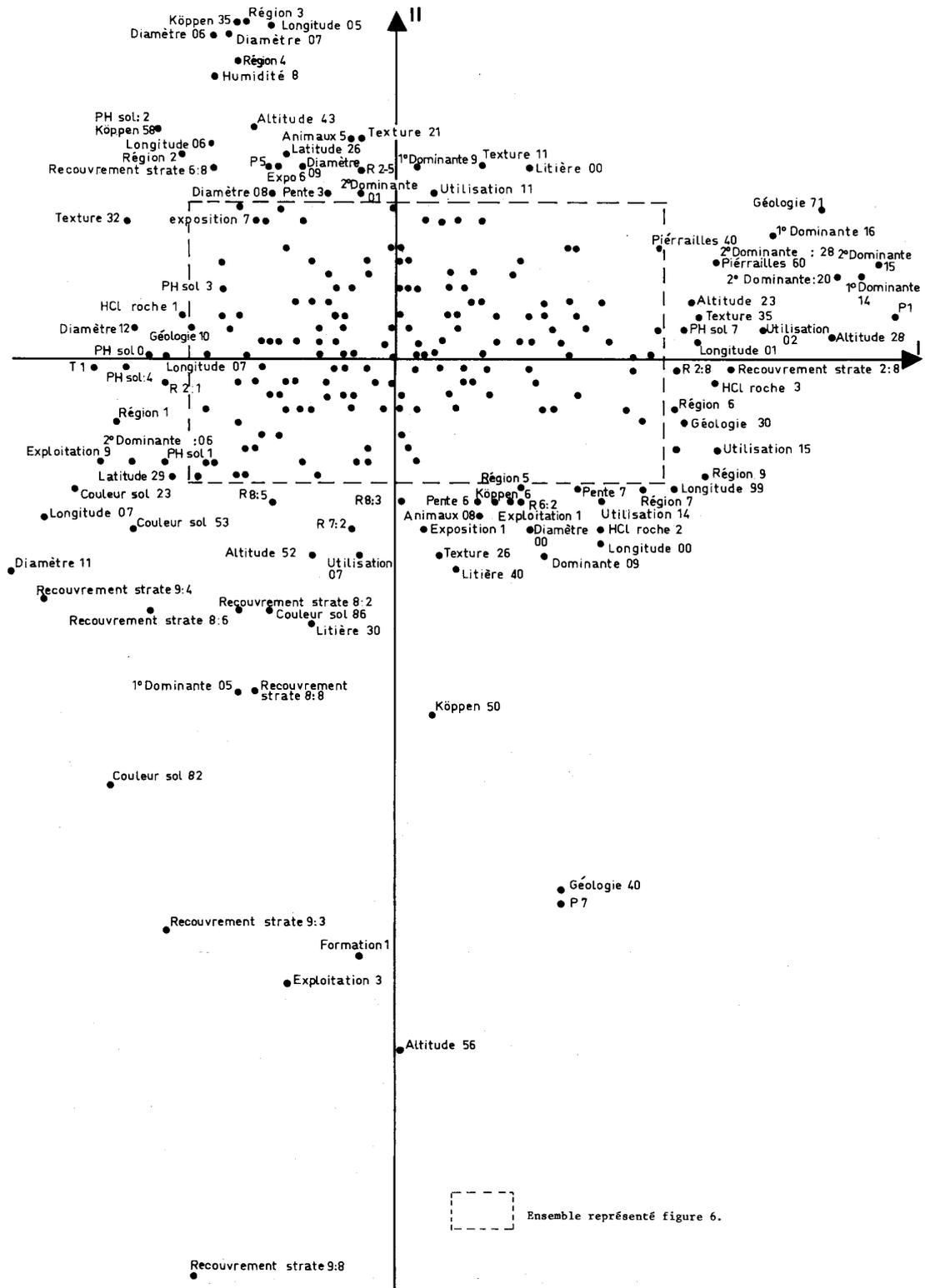


Figura 5. Analisis factorial de los 185 muestreos : diagrama de las variables ecológicas en el plano de los ejes I y II (los numeros indican las clases de las variables)

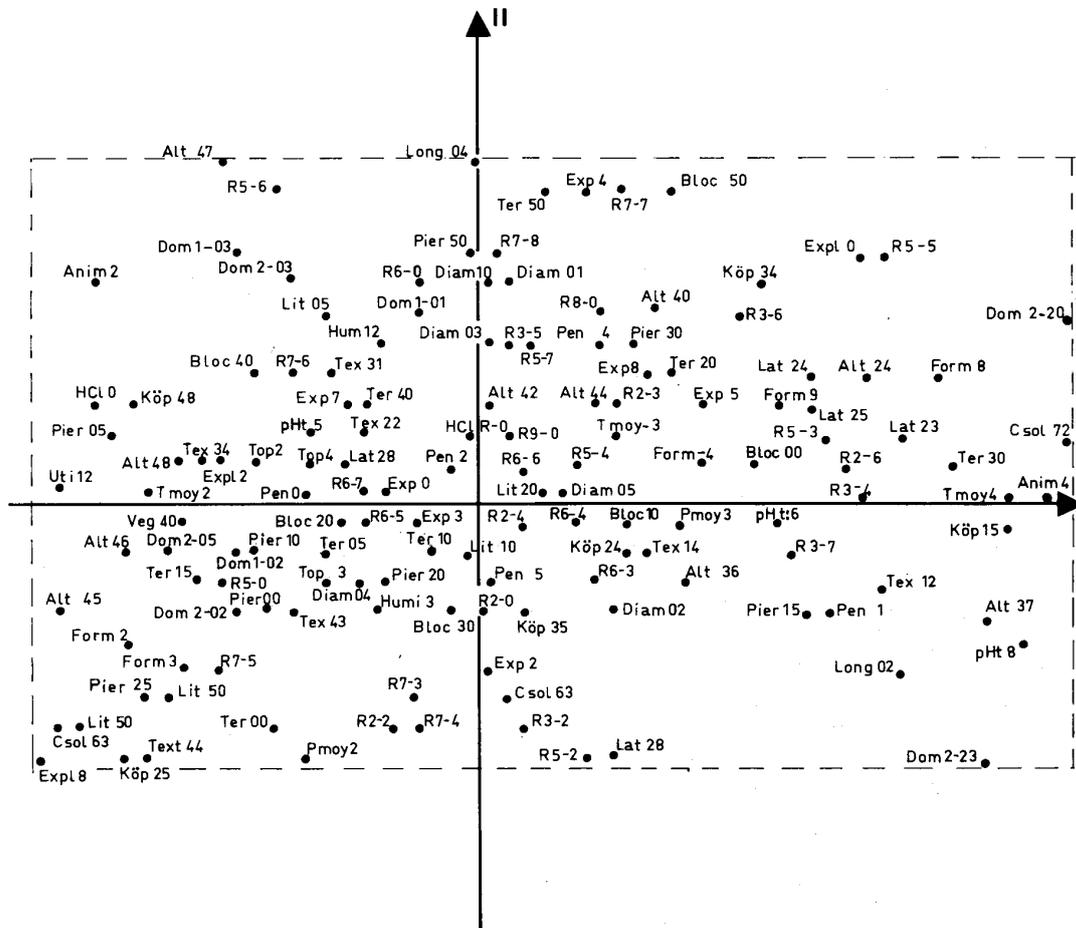


Figura 6. El centro de la figura 5 (las variables ecológicas de las cuales la lista aparecen en el cuadro por las primeras letras de su nombre)

Supongamos que

p clases de factores, numerados por 1, 2, ..., k están estudiados en

n especies

y que las medidas obtenidas se anoten por x_{kj} , donde

-k se relaciona con el número de la clase de factores y puede tomar los valores de 1 a p;

-j representa el individuo (especie) de la muestra y puede tomar los valores de 1 a n.

Se define un espacio factorial de “p”dimensiones. Con un sistema de ejes ortogonales en donde cada p eje de coordenadas corresponde a una variable. En tal espacio, cada especie se representa por un punto, el conjunto de puntos forma una nube. Los puntos se sitúan en un espacio con tantas dimensiones “p” como clases de variables independientes haya.

Si el número de clases de variables es igual a 1, 2 ó 3, es fácil representar en el espacio la semejanza de los individuos, con base en la proximidad de los puntos, pero si el número de clases es superior a tres, se debe completar por otro método, por ejemplo el análisis en componentes principales.

Para mayores detalles, se pueden consultar los trabajos de Goodall (1954), Benzecri (1973), Lacoste y Roux (1971, 1972), Romane (1972, 1977) y Hiernaux (1975).

En este trabajo, el análisis se hizo con el programa ETAVAR, elaborado en el C.E.P.E. (Montpellier) por David y F. Romane a partir de un programa concebido por G. Roux.

II. 2. Análisis de las observaciones

Los cinco primeros ejes seleccionados comprenden el 50 por ciento de los factores estudiados y de éstos sólo el eje I engloba el 20 por ciento.

La clasificación de las variables ecológicas se hizo con base en el orden de participación, quedando situadas desde el punto de vista jerárquico de la siguiente manera:

- 1 Variables geográficas
- 2 Variables de la vegetación
- 3 Variables del sustrato
- 4 Variables antrópicas

La distribución de los puntos en el plano de los ejes I y II presenta una forma clásica dentro del análisis factorial (figuras 5 y 6).

Algunos puntos escapan del conjunto circunscrito por la curva: T5 y K14 en el extremo derecho del eje I; y A56 y K50 en el extremo inferior del eje II. Estos puntos corresponden a situaciones excepcionales con relación al conjunto de las muestras, por ejemplo, T5 representa una temperatura media anual superior a 20°C, A56 corresponde a observaciones realizadas entre 2 700 y 3 200 metros de altitud.

En el eje I se presentan las clases de la variable temperatura media anual: las clases comprendidas entre la una y la cuatro están muy próximas al eje I; la clase cinco por el contrario, está más retirada (figura 7).

CUADRO 14. Participación de los grupos de variables ecológicas en el rango de cada uno de los primeros ejes.

| VARIABLES | EJES | | | | |
|-------------|-------|--------|--------|-------|-------|
| | I | II | III | IV | V |
| Geográficas | 41% | 37.25% | 55.3% | 45.5% | 55% |
| Sustrato | 18.5% | 11% | 12.3 % | 17.5% | 13% |
| Vegetación | 28% | 38% | 24.4% | 31.3% | 24.5% |
| Antrópicas | 12.5% | 13.5% | 7.8% | 5.8% | 7.5% |

Al eje I puede atribuírsele el sentido de un gradiente de temperatura creciente de izquierda a derecha.

Las variables longitud, latitud, tipo de roca, pH del suelo y región, se distribuyen en ambos lados del eje II, de la siguiente manera: en abscisas negativas las clases presentes

en la Sierra Madre Occidental y en abscisas positivas las observadas en la Sierra Madre Oriental. Esta segregación se presenta también en lo concerniente a la repartición de las especies vegetales; ya que las plantas presentes únicamente en la Sierra Madre Occidental tienen una abscisa negativa, mientras que las localidades sólo en la Sierra Madre Oriental siguen una abscisa positiva. Al centro de la gráfica se sitúan las plantas comunes a las dos sierras. Algunas especies se salen de este esquema, por ejemplo *Fouquieria splendens*, que se sitúa en la parte derecha de la figura de los ejes I y II, aun cuando se encuentra en ambas Sierras.

El eje II representa un meridiano que separa a la Sierra Madre Occidental de la Sierra Madre Oriental.

Las “coincidencias” o las “proximidades” de los puntos representativos de los factores o de las especies se interpretarán con prudencia, ya que estos puntos son “puntos medios” o centros de gravedad. Es importante reunir en una figura los puntos que representan por una parte las clases de las variables ecológicas, y por otra las especies, pues de esa manera se explican las interacciones entre variables múltiples y se pueden captar relaciones generalmente imperceptibles (Thurstone, 1955).

II. 2. 2. 1. Variables ecológicas

II. 2. 2. 1. 1. Regiones¹

Los puntos correspondientes al muestreo de la Sierra Madre Occidental están separados de los de la Sierra Madre Oriental.

Se observa que la región 1 fue más muestreada que las otras regiones de la Sierra Madre Occidental y que participa marcadamente en el eje I. En torno a este punto se agrupan las plantas de los alrededores del municipio Ignacio Zaragoza, Chihuahua, y también las clases uno y dos de temperatura media anual, la longitud 107° Oeste, la latitud 29° N.

Por otro lado, la región 5 se aparta de las regiones de la Sierra Madre Oriental, localizándose sola cerca del centro. Dicha región agrupa las observaciones de la Sierra Madera del Carmen y la Sierra Santa Fe del Pino, Coahuila. Además tiene afinidades con la Sierra

1 El área de estudio se dividió en regiones definidas por su latitud, las cuales se codificaron de la manera en que aparece en el cuadro siguiente:

| LATITUD | REGIONES | |
|---------|-------------------------|-----------------------|
| | Sierra Madre Occidental | Sierra Madre Oriental |
| | 1 | 5 |
| 28 | | |
| 26 | 2 | 6 |
| 25 | 3 | 7 |
| 18 | | |
| 24 | | 8 |
| 22 | 4 | 9 |
| 20 | | 10 |
| 18 | | |

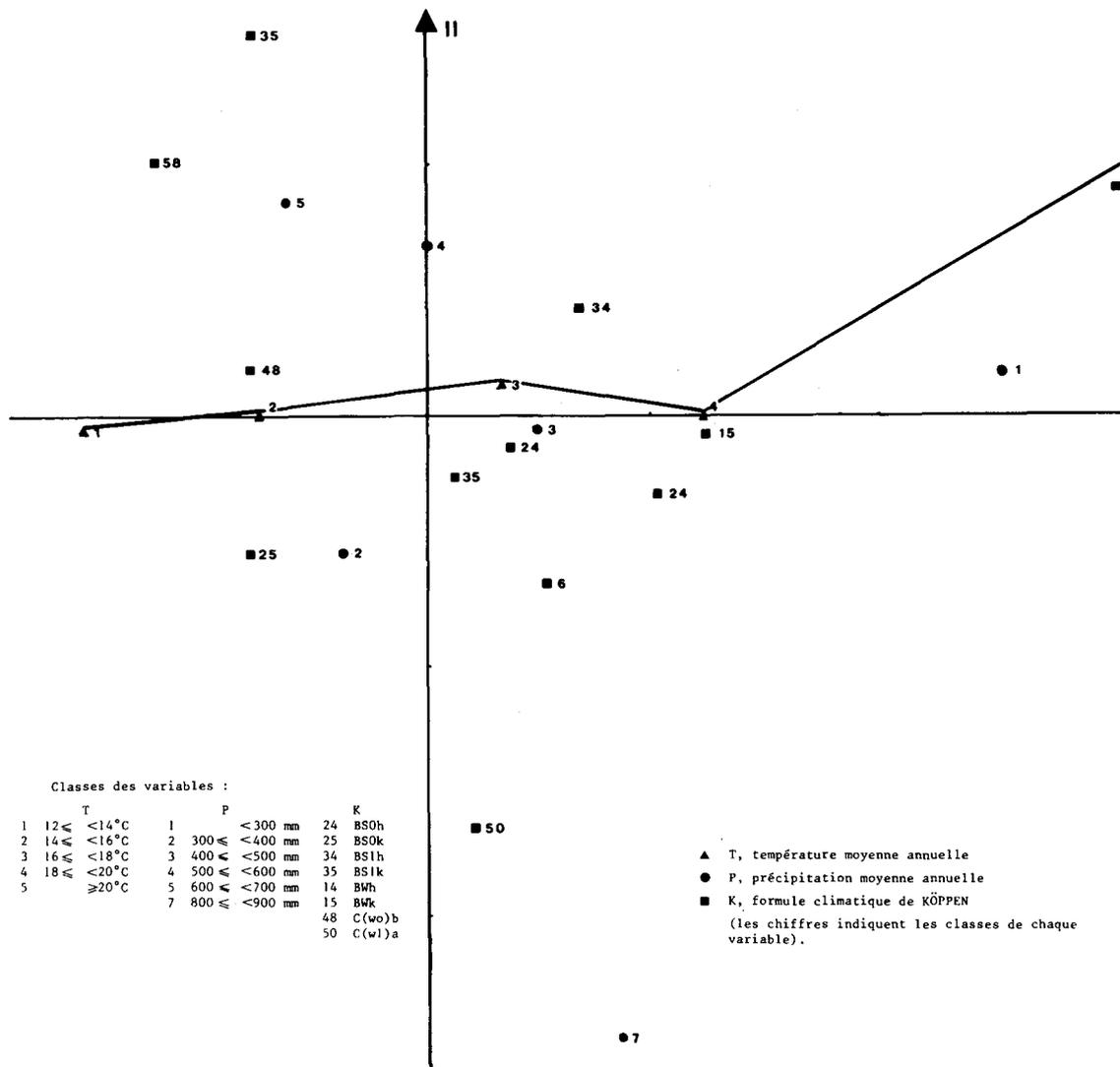


Figura 7. Analisis factorial de los 185 muestreos : diagrama de las variables climáticas en el plano de los ejes I y II. El eje I presenta una distribución lineal de la temperatura media anual.

Madre Occidental en lo que respecta al clima y la naturaleza geológica (roca eruptiva o metamórfica).

II. 2. 2. 1. 2. Fórmula climática de Koeppen

Las clases de clima se distribuyen sin orden aparente. Sin embargo, se observa que aquellas presentes sólo en la Sierra Madre Occidental, 48 y 58, se localizan a la izquierda de la figura 7, mientras que las de la Sierra Madre Oriental se localizan a la derecha.

El factor climático está subordinado a la región; la cual desempeña la función principal.

II. 2. 2. 1. 3. Temperatura media anual

La temperatura media anual es el único factor en el cual las clases se distribuyen linealmente. La clase 1, con temperaturas, comprendidas entre 12 y 14°C, es frecuente en el área de estudio, normalmente de los puntos 28° N y 107° Oeste; por el contrario, la clase 5, con temperatura superior a 20°C, caracteriza la vertiente oriental de la Sierra Madre Oriental (Longitud de 99° Oeste). Esquemáticamente, la distribución creciente de las temperaturas medias anuales corresponde, en el conjunto analizado, a las longitudes decrecientes de oeste a este, lo que representa una distribución lineal de la temperatura media anual sobre el eje I, al menos para las clases una a cuatro (Figura 7).

II. 2. 1. 1. 4. Precipitaciones medias anuales

En el área de estudio el efecto de las precipitaciones medias anuales está relacionado a la separación por regiones sin embargo, se observa que las precipitaciones más altas corresponden a la Sierra Madre Occidental.

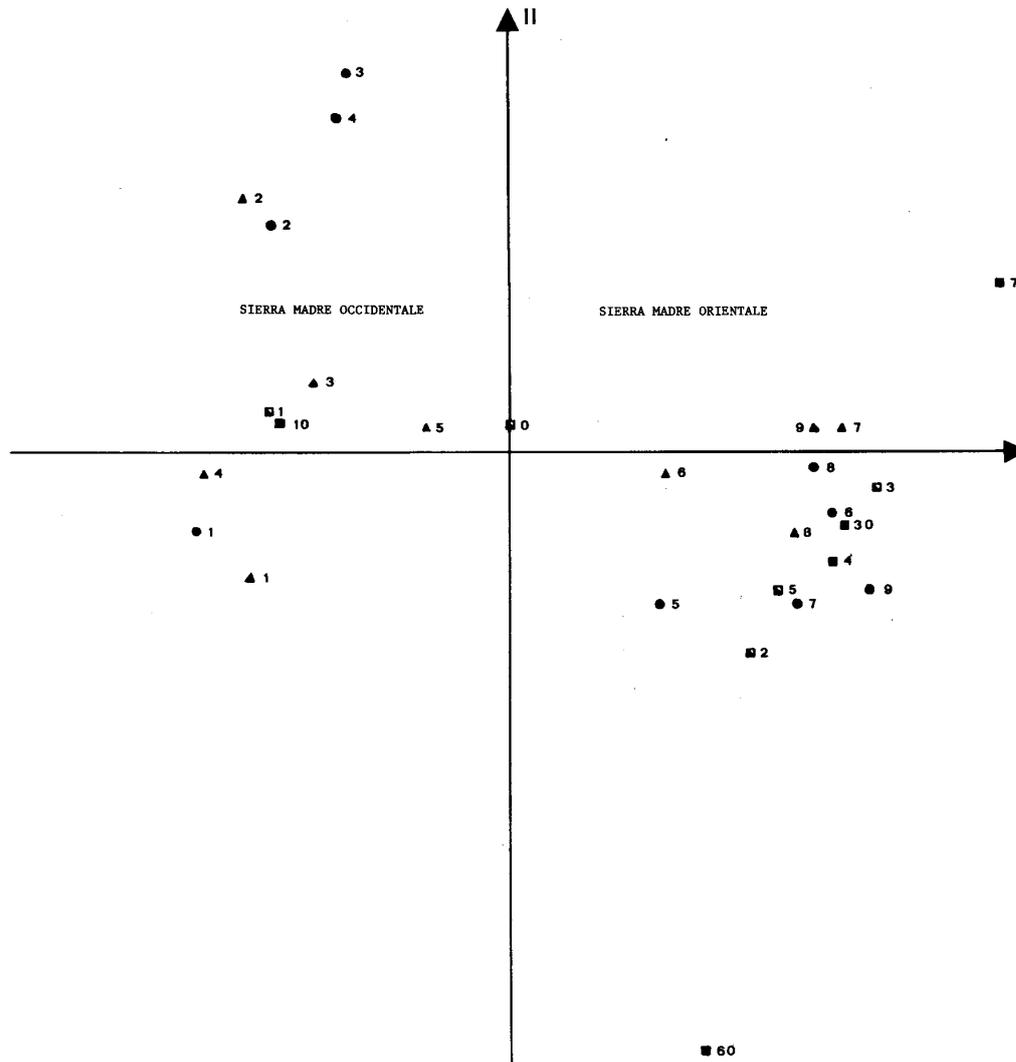
II. 2. 2. 1. 5. Altitud

La clase de altitud 28, que está comprendida en un rango de 1 250 a 1 700 metros y participa considerablemente en el eje I se sitúa al extremo derecho de éste, cerca de los puntos que representan, por una parte, la temperatura media anual de 20°C, y por otra, las precipitaciones medias anuales de 200 milímetros. Estas tres variables están relacionadas.

La clase de altitud 56, ubicada entre los 2 700 a 3 150 metros, se sitúa en ordenada negativa y participa en el eje II. De esta manera, las altitudes más elevadas en el área de estudio ocupan un punto extremo en el eje, hecho que se observa en el caso de la clase 7 de las precipitaciones (con 900 milímetros anuales). Cabe preguntarse si a esas altitudes las precipitaciones medias anuales que ocurren en la Sierra Madre Oriental alcanzan los 900 milímetros pero ninguna media disponible permite responder a esta pregunta. De aquí se deduce la necesidad de disponer de medidas climáticas precisas.

II. 2. 2. 1. 6. pH del horizonte superficial del suelo (en el campo)

Las clases derivadas de la variable pH se distribuyen en dos grupos: el conformado por los pH inferiores o iguales a 6 están agrupados en abscisa negativa, y el de los pH superiores o iguales a 6.5 está representado en abscisa positiva (Figura 8). Los pH de los niveles 3 y 7 tienen la más alta participación en el eje I. Los suelos con pH marcadamente ácido se encontraron en la Sierra Madre Occidental y en la Sierra del Carmen (al este del área de estudio se observa una aproximación de los puntos, correspondientes, por una parte, al pH inferior a 5 y una temperatura inferior a 14°C; muestras que por la otra parte, se contempla



Las variables:

. Regiones

Sierra Madre Occidental

1 al norte del 28° N

2 del 26 al 28° N

3 del 24 al 26° N

4 del 22 al 24° N

Sierra Madre Oriental

5 al norte del 28° N

6 del 26 al 28° N

7 del 24 al 26° N

8 del 22 al 24° N

Tipo de roca

10 eruptiva

30 sedimentaria

71 yeso

60 esquistos

HCl en roca:

0 no aflora

1 negativo

2 muy sencillo

3 sencillo

4 fuerte

5 muy fuerte

pH del suelo:

1 pH= 4 6 pH= 6,5

2 pH= 4,5

3 pH= 5

4 pH= 5,5

5 pH= 6

7 pH= 7

8 pH= 7,5

9 pH= 8

Figura 8. Análisis factorial de las correspondencias: diagrama de las variables, regiones, HCl en roca, pH del horizonte superficial del suelo en el plan de los ejes I y II. El eje II separa a la Sierra Madre Occidental (a la izquierda) de la Sierra Madre Oriental (a la derecha).

Los nombres indican las clases de cada variable.

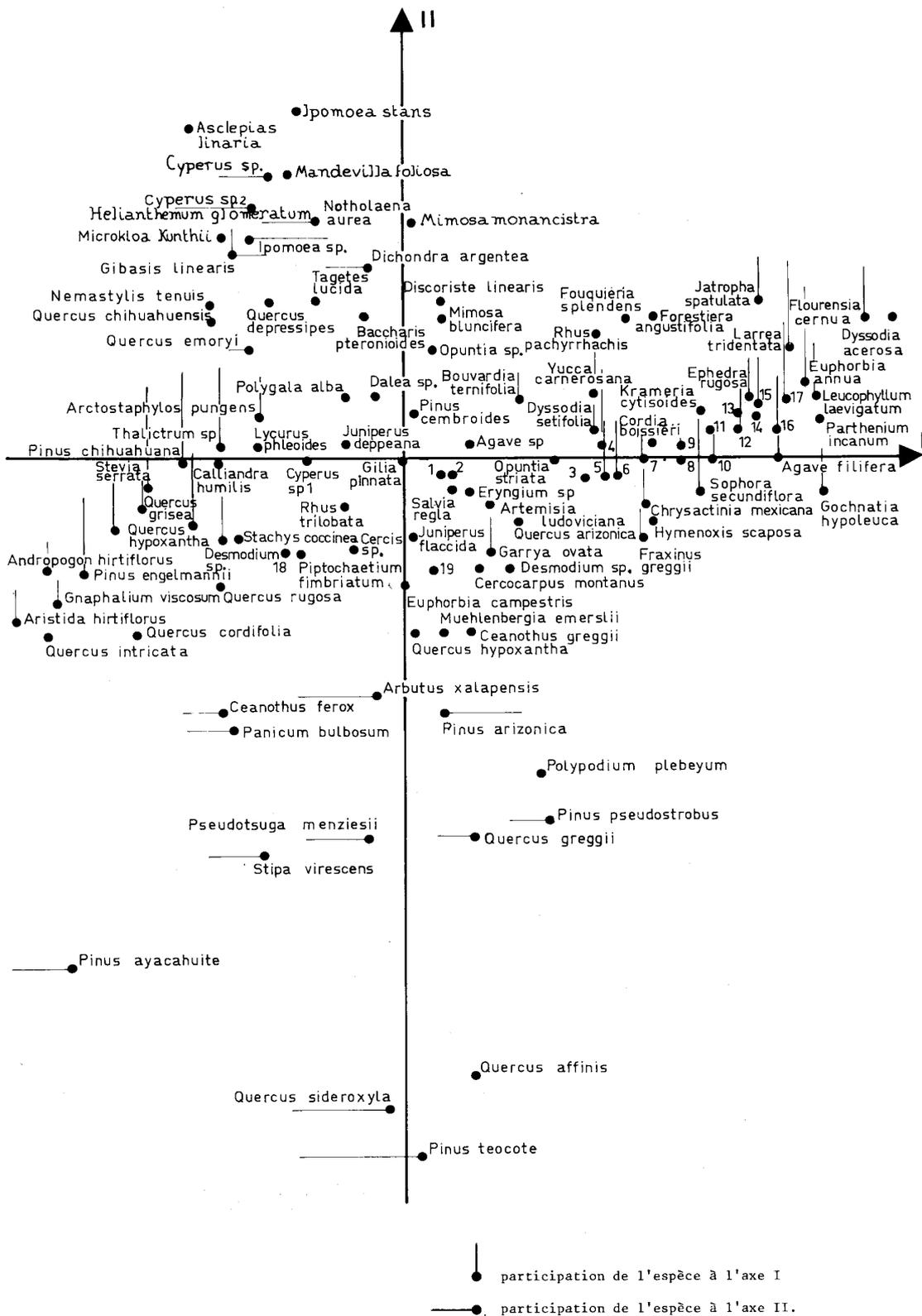


Figura 9. Analisis factorial de los 185 muestreos : diagrama de 120 especies en el plano de los ejes I y II

el pH superior a 7 y una temperatura superior a 20°C. Cabe suponer la existencia de una relación entre temperatura media y baja y acidez del suelo. Por ello sobre un mismo tipo de roca madre, los suelos de una zona caliente serían más alcalinos que los de una zona fría.

II. 2. 2. 2. Plantas

De la lista de plantas presentes en el conjunto de las 185 muestras, y que en total suman 120, sólo las más frecuentes aparecen en el análisis factorial.

La interpretación de la nube de puntos (Figura 9), es compleja: hacia la derecha aparece un núcleo denso y algunas especies aisladas en la parte inferior. Para facilitar la interpretación, se indica la participación de cada especie en la forma de un vector perpendicular al eje en el cual aquella participa.

Las plantas que ocupan los puntos extremos del eje I son:

- en abscisa negativa:

Gnaphalium viscosum *Arenaria lanuginosa*

Aristida hirtiflorus *Pinus engelmannii*

Andropogon hirtiflorus

- en abscisa positiva:

Dyssodia acerosa *Gochnatia hypoleuca.*

Flourensia cernua

Entre estas plantas que participan considerablemente en el eje I, las primeras se asocian a temperaturas medias anuales de 12 a 14°C y a la longitud 107° 50' Oeste (abscisa negativa), en tanto que las segundas corresponden a temperaturas medias anuales de 18°C o más (abscisa positiva). En el centro se sitúan las plantas *estenoicas* como:

Pinus cembroides, *Gillia pinnata*

Juniperus deppeana.

Sobre el eje II, en ordenada negativa, se distinguen los tres grupos de plantas siguientes:

1. El grupo conformado por las especies:

Pinus teocote *Quercus sideroxyla*

Quercus affinis

se registran en altitudes superiores a 2 800 metros (clase 56 de la variable altitudinal). Estas plantas están presentes únicamente en el este del área de estudio.

2. El segundo grupo de plantas esta constituido por:

Pinus ayacahuite *Quercus greggii*

Stipa virescens *Pinus pseudostrobus*

Pseudotsuga menziesii *Polypodium plebeyum*

se sitúa de 2 600 a 3 100 metros de altitud (clases de 52 y 56)

3. El tercer grupo comprende :

Panicum bulbosum *Quercus hypoxantha*

Ceanothus ferox *Muhlenbergia emersleyi*

Arbutus xalapensis *Ceanothus coeruleus*

Pinus arizonica

plantas que prosperan en altitudes situadas entre 2 600 y 3 100 metros.

En ordenada positiva, destaca un grupo de plantas, encontrado en la Sierra Madre

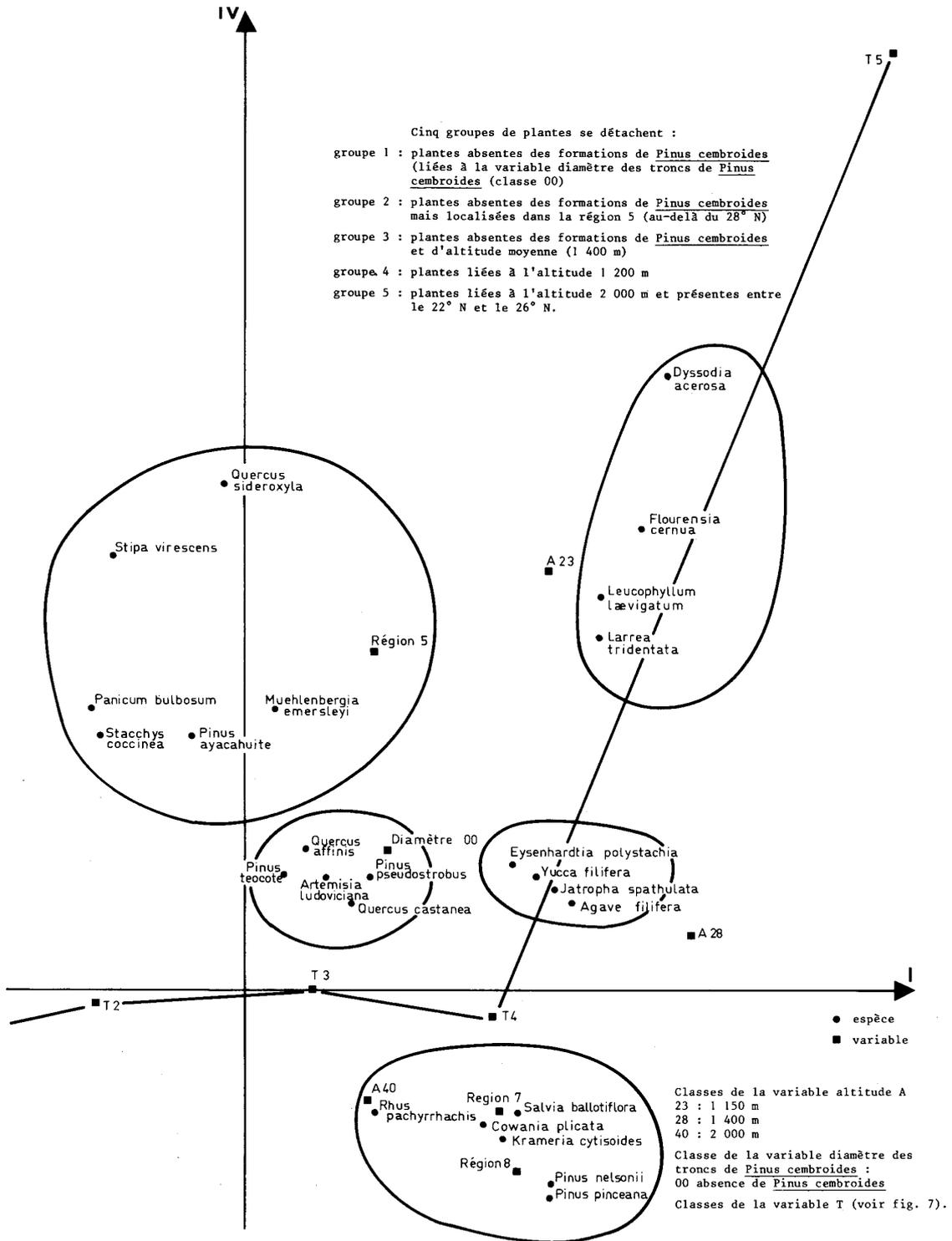


Fig. 10 - Analyse factorielle des 185 relevés, diagramme partiel des espèces et des variables dans le plan des axes I et IV.

Figura 10. Analisis factorial de los 185 muestreos : diagrama parcial de las especies y de las variables ecológicas en el plano de los ejes I y IV.

Occidental, a una altitud de 2 150 metros (clase 43), en el cual intervienen las especies siguientes:

| | |
|---------------------------|---------------------------|
| <i>Ipomoea stans</i> | <i>Microchloa kunthii</i> |
| <i>Asclepias linaria</i> | <i>Notholaena aurea</i> |
| <i>Mandevilla foliosa</i> | <i>Gibasis linearis.</i> |

En el plano de los ejes I y IV (Figura 10), el núcleo central de especies es constante, mientras los grupos exteriores a este núcleo permitan clasificar cinco grupos de plantas ajenos a las formaciones de *Pinus cembroides*.

1. En el primer grupo los elementos que se presentan son:

| | |
|----------------------------|------------------------------|
| <i>Pinus teocote</i> | <i>Quercus affinis</i> |
| <i>Pinus pseudostrobus</i> | <i>Artemisia ludoviciana</i> |
| <i>Quercus castanea.</i> | |

Las tres primeras especies prosperan a una altitud superior a 2 600 metros en el área de estudio.

2. El segundo grupo contiene especies asociadas a la altitud de 1 400 metros, destacando:

| | |
|---------------------------------|----------------------------|
| <i>Eysenhardtia polystachya</i> | <i>Jatropha spathulata</i> |
| <i>Yucca filifera</i> | <i>Agave filifera</i> |

3. Especies presentes en la región 5 (al norte del 28°N) constituyen el tercer grupo como:

| | |
|---------------------------|-----------------------------|
| <i>Pinus ayacahuite,</i> | <i>Muhlenbergia emersli</i> |
| <i>Quercus sideroxyla</i> | <i>Stipa virescens</i> |
| <i>Panicum bulbosum</i> | <i>Stachys coccinea.</i> |

4. El cuarto grupo comprende de plantas asociadas, a la vez, a una temperatura media alta y a una altitud de 1 150 metros como las siguientes especies:

| | |
|--------------------------|--------------------------------|
| <i>Dyssodia acerosa</i> | <i>Leucophyllum laevigatum</i> |
| <i>Flourensia cernua</i> | <i>Larrea tridentata.</i> |

5. El quinto grupo de plantas está asociado con *Pinus nelsonii* y en él prevalecen:

| | |
|----------------------------|----------------------------|
| <i>Cowania plicata,</i> | <i>Salvia ballotiflora</i> |
| <i>Krameria cytisoides</i> | <i>Pinus pinceana.</i> |

Esta interpretación del análisis factorial pone en evidencia la asociación de algunas plantas con respecto a factores ecológicos, ya sea la altitud o la temperatura media anual. Además, confirma que la región es la variable preponderante a la cual se subordinan todas las otras.

A continuación se proseguirá el estudio ecológico de la vegetación con el análisis realizado por separado a las observaciones efectuadas en cada una de las Sierras Madres.

II. 2. 3. Sierra Madre Oriental

El análisis factorial de los 93 muestreos efectuados de julio a noviembre de 1975, en el este del área de estudio, reporta 245 especies. Para cada una se señala la presencia o la ausencia, en cada observación.

II. 2. 3. 1. Ejes

El grado de participación de la nube de puntos en los diferentes ejes es muy bajo (59 por ciento), menor aún que el grado de participación observado en el análisis factorial del conjunto especiesobservaciones. En un análisis factorial aplicado a 28 muestreos efectuados en una zona homogénea, donde se encontraron 240 especies, en 1971. Lacoste y Roux obtuvieron grados de participación bajos (12.1 a 6.9 por ciento).

En 1973, Benzecri indicó que el bajo grado de participación no representa un obstáculo para intentar la interpretación del análisis factorial.

En la figura 11, formada por los ejes I y II, se indican los muestreos por medio de puntos. A primera vista aparece un núcleo de puntos en abscisa positiva y pequeños lotes exteriores a éste, sin embargo, en un examen más cuidadoso se aprecia que los puntos

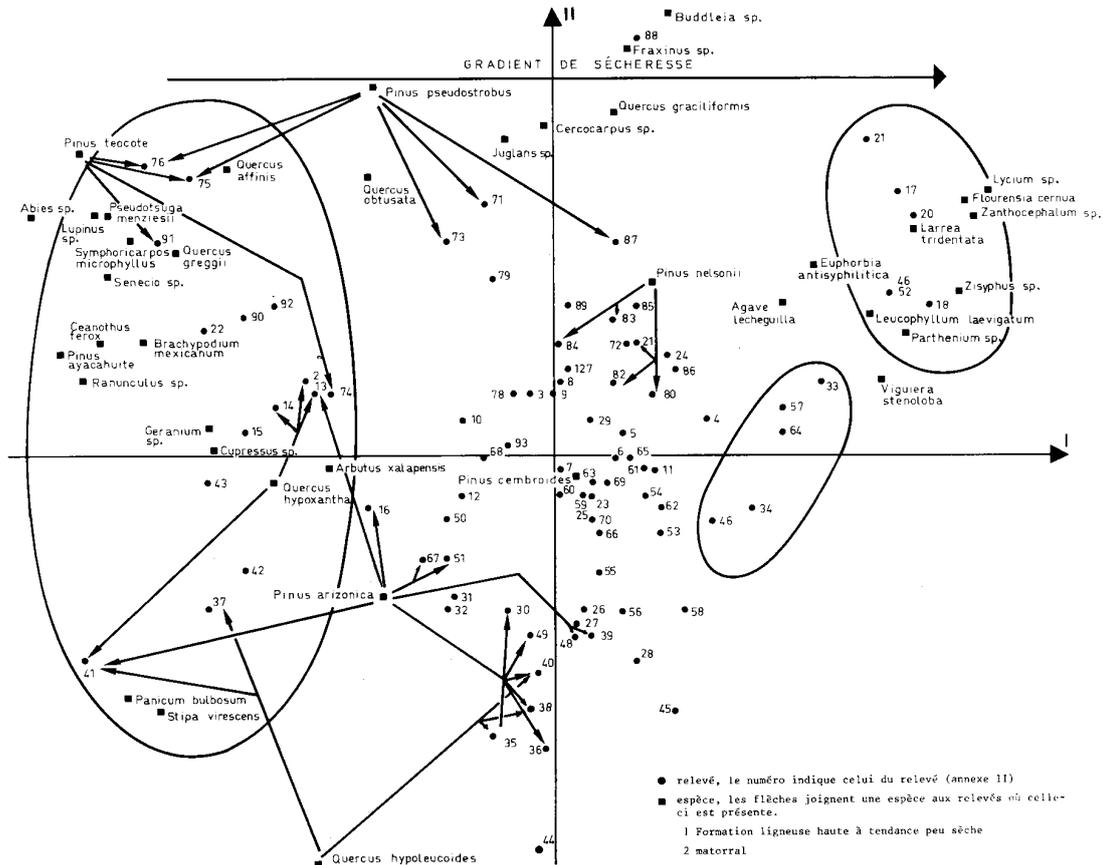


Figura 11. Analisis factorial de los 93 muestreos de la Sierra Madre Oriental : diagrama de las especies y de los muestreos en el plano de los ejes I y II.

localizados en abscisa negativa corresponden a formaciones altas y densas, mientras que en abscisa positiva y en el extremo derecho se sitúan los muestreos correspondientes a la vegetación de matorral. Las formaciones altas de la Sierra Madre del Carmen se localizan en el cuadrante inferior izquierdo. Entre las formaciones altas y densas, y el matorral se distribuyen las formaciones altas de *Pinus cembroides*, *Pinus pseudostrobus* o *Pinus arizonica*, así como las formaciones de *Quercus intricata* y otros encinares, las formaciones de *Pinus cembroides* y las formaciones de *Pinus nelsonii*.

El eje I corresponde a un gradiente de sequía creciente de izquierda a derecha. Las observaciones del centro corresponden a muestreos de interfase.

Esto se confirma con la figura de los ejes I y III, la que toma la forma aproximada de una parábola, cuyo brazo inferior izquierdo está ocupado por las formaciones altas y el brazo inferior derecho por el matorral. En la concavidad de la parábola se sitúan las muestras efectuadas en las formaciones intermedias.

Es importante señalar que las muestras dominantes en los ejes son las derivadas de los muestreos efectuados fuera de las formaciones de *Pinus cembroides* lo cual concuerda con la teoría de la información. En efecto, la información depende de la frecuencia de una especie en el conjunto de las muestras. Si una especie es frecuente en más de la mitad de las muestras efectuadas en las formaciones se le considera dominante.

II. 2. 3. 2. Formaciones vegetales

Los datos del campo y de la distribución de los muestreos dentro de la figura 11, conducen a la descripción de las principales formaciones vegetales del este del área de estudio y su distribución según un gradiente de sequía (ver el eje I). Las formaciones de *Pinus cembroides* y las formaciones vegetales adyacentes fueron analizadas en el objetivo de comprender mejor la ecología y la composición florística de *Pinus cembroides*.

II. 2. 2. 1. Formaciones leñosas altas poco seca

II. 2. 2. 2. 1. 1. Suelos de horizonte superficial con pH=5

en una formación leñosa alta, densa donde predominan *Pinus arizonica*, *Pinus ayacahuite* (muestras 37, 41, 42, 43, Sierra Madera del Carmen, Coahuila, a mas de 2 200m de altura)

- El estrato de plantas leñosas altas comprende:

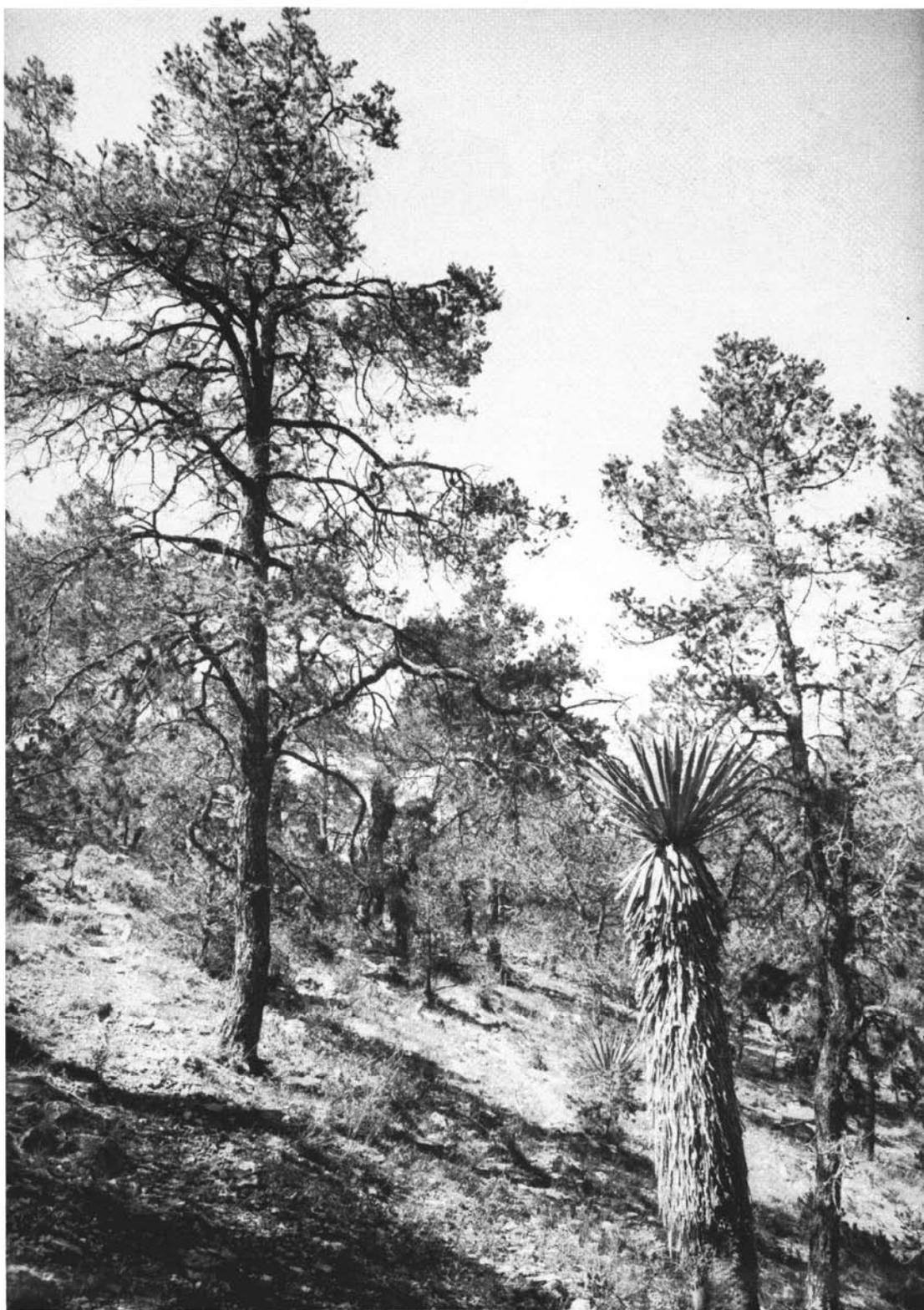
| | |
|---|-----------------------------|
| <i>Pinus durangensis</i> var. <i>quinquefolia</i> | <i>Quercus muhlenbergii</i> |
| <i>Pinus reflexa</i> | <i>Quercus sideroxyla</i> |
| <i>Pseudotsuga menziesii</i> | <i>Abies</i> sp. |
| <i>Quercus hypoleucoides</i> | |

- El estrato de plantas leñosas bajas, poco densa, presenta:

| | |
|---|------------------------------|
| <i>Cornus stolonifera</i> | <i>Physocarpus monogynus</i> |
| <i>Fraxinus velutina</i> | <i>Prunus murrayana</i> |
| <i>Prunus serotina</i> var. <i>capuli</i> | <i>Salvia regla</i> |

- Entre las especies herbáceas se encuentran numerosas gramíneas, destacando:

| | |
|-----------------------------|--------------------------|
| <i>Agropyrum arizonicum</i> | <i>Koeleria cristata</i> |
| <i>Bromus anomalus</i> | <i>Panicum bulbosum</i> |
| <i>Bromus carinatus</i> | <i>Stipa virescens</i> |



Formation alta de *Pinus cembroides* con *Yucca carnerosana*.
25°07'50"N, 101°28'15"W, Cuesta de Palmas Altas, Municipio de Saltillo (Coahuila)
2 050 m de altitud. 21 de agosto de 1975.

Festuca arizonica

así como las especies siguientes:

*Achillea millefolium**Campanula rotundifolia**Monarda citriodora**Geranium* sp.*Potentilla* sp.*Ranunculus* sp.

Un gran número de las especies mencionadas acusa afinidades boreales.

II. 2. 3. 2. 1. 2. Suelos de horizonte superficial con pH= 6

En estas formaciones altas predominan *Pinus pl. sp.*, siendo frecuente la presencia de *Pseudotsuga menziesii*. El análisis factorial indica la presencia de tres subgrupos caracterizados por una o varias especies arbóreas.

1. Formación alta y clara de *Pinus teocote*, *Pinus pseudostrobus*, y *Quercus affinis*, la cual está asociada en ocasiones con *Abies sp.* (muestras 75, 76, 91). Esta formación se presenta en lugares citados de 2,250 a 3,200 metros de altitud (muestras 2, 13, 14, 15, 22, 75, 76, 90, 91, 92). Además de las especies citadas, el estrato alto incluye:

Taxus sp.*Buddleia* sp.*Ceanothus ferox**Quercus sideroxylo**Loeselia coerulea**Sambucus mexicanum*.

Mientras que en el estrato herbáceo se identifican:

*Ageratum corymbosum**Eupatorium* sp.*Penstemon* sp.*Phaseolus* sp.*Pteridium aquilinum**Senecio seemanii**Stevia berlandieri**Zaluzania megacephala*.

2. Formaciones altas de *Pinus pseudostrobus* que se desarrollan a una altitud comprendida entre los 1 900 y 2 000 metros (muestras 71-73,74).

En el estrato correspondiente a las plantas leñosas de porte bajo es notoria la presencia de:

*Amelanchier denticulada**Eysenhardtia polystachya**Quercus intricata*

y dentro de las poblaciones herbáceas sobresalen:

*Bouvardia ternifolia**Chrysactinia mexicana**Parthenium hysterophorus**Sanvitalia ocymoides**Verbena elegans*

3. Formación alta de *Pinus pseudostrobus*, *Pinus teocote* y *Quercus graciliformis*, se localizan a una altitud de hasta 1 200 metros sobre la vertiente oriental de la Sierra Madre Oriental (entre Linares y Galeana). En el estrato leñoso bajo se observan las siguientes especies:

*Amelanchier denticulada**Cowania plicata**Dioon edule**Ptelaea trifoliata*.

II. 2. 3. 2. 2. Formaciones altas de tendencia seca

La "sequía" a la cual se hace alusión está relacionada con el resultado de las condiciones climáticas, y a la naturaleza lítica del suelo la cual provoca escasa retención de agua privando a las plantas de humedad.

II. 2. 3. 2. 2. 1. Formaciones altas de *Pinus arizonica*

Las formaciones altas de *Pinus arizonica* se encuentran frecuentemente entre los 1 900 a

2 000 metros de altitud pero en ocasiones también se observan arriba de los 2 500 metros por ejemplo, en la cima de la Sierra de la Marta (Coahuila). En este caso, las formaciones podrían derivar de las descritas anteriormente.

- En las formaciones altas de *Pinus arizonica* de la Sierra Santa Fe del Pino, Coahuila, en el estrato inferior se distinguen las siguientes especies:

Pinus arizonica *Juniperus deppeana*

Quercus canbyi

Quercus sideroxyla x *hypoxantha*.

- Entre las especies leñosas bajas se identificaron:

Ceanothus greggii *Quercus intricata*

Cercocarpus paucidentatus var. *montanus*

Garrya ovata *Rhus trilobata*.

- El estrato herbáceo incluye algunas gramíneas:

Andropogon divergens *Bromus anomalus*

Andropogon scoparius *Muhlenbergia emersleyi*

Bouteloua curtipendula *Piptochaetium fimbriatum*.

Así como otras plantas, entre las que se observaron

Aster sp. *Lesquerella purpurea*

Bouvardia ternifolia *Polygala alba*

Castilleja sp. *Salvia microphylla*

Helianthella mexicana *Seymeria scabra*.

II. 2. 3. 2. 2. 2. Formaciones altas y bajas de *Pinus cembroides*

Las formaciones altas y bajas de *Pinus cembroides* se subdividen en cuatro tipos:

1. Formación baja de *Pinus cembroides* con *Pinus arizonica* y *Quercus canbyi*, misma que comprende las muestras 27, 30, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 49 y 50. En ella los estratos arbustivo y herbáceo se componen de las mismas especies observadas dentro de la formación alta con *Pinus arizonica*.

2. Formación alta y clara de *Pinus cembroides* con Gramíneas (observaciones 12, 26, 50, 56). La composición de esta formación es semejante a la de la siguiente.

3. Formación alta y clara de *Pinus cembroides* con *Yucca carnerosana* y Gramíneas (Muestras 7, 23, 25, 59, 60, 61, 63, 69).

- El estrato de las plantas leñosas altas tiene una densidad de población muy baja, en su composición se observan:

Dasyilirion sp. *Lindleyella mespiloides*

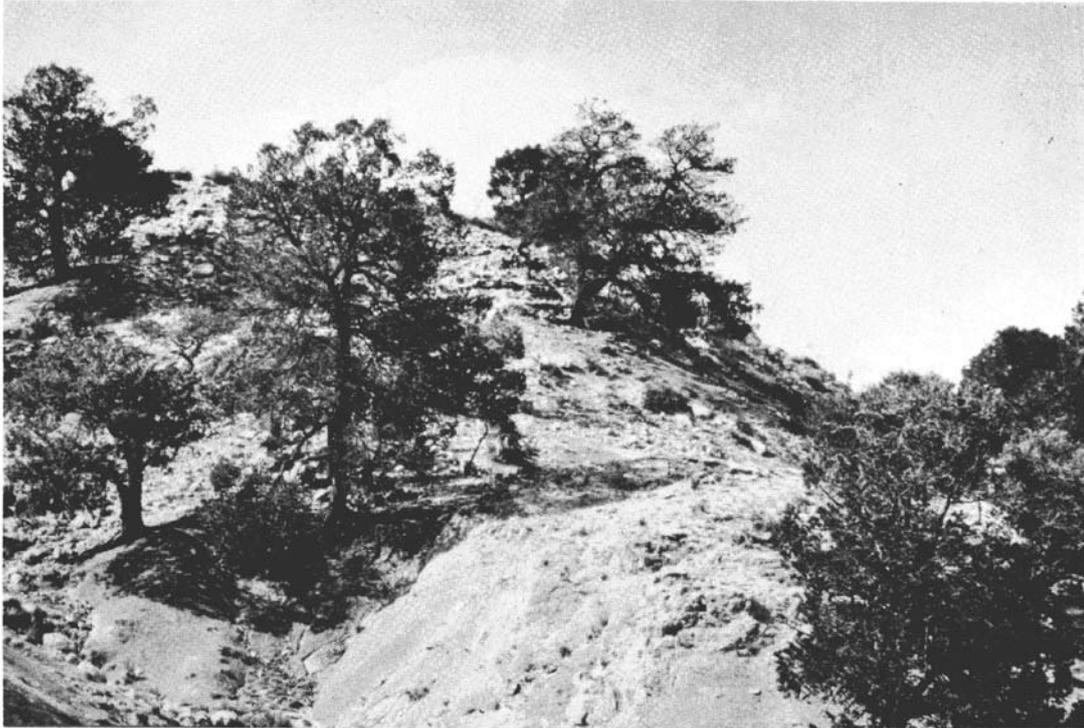
Juniperus flaccida *Quercus intricata*

Juniperus deppeana *Nolina* sp.

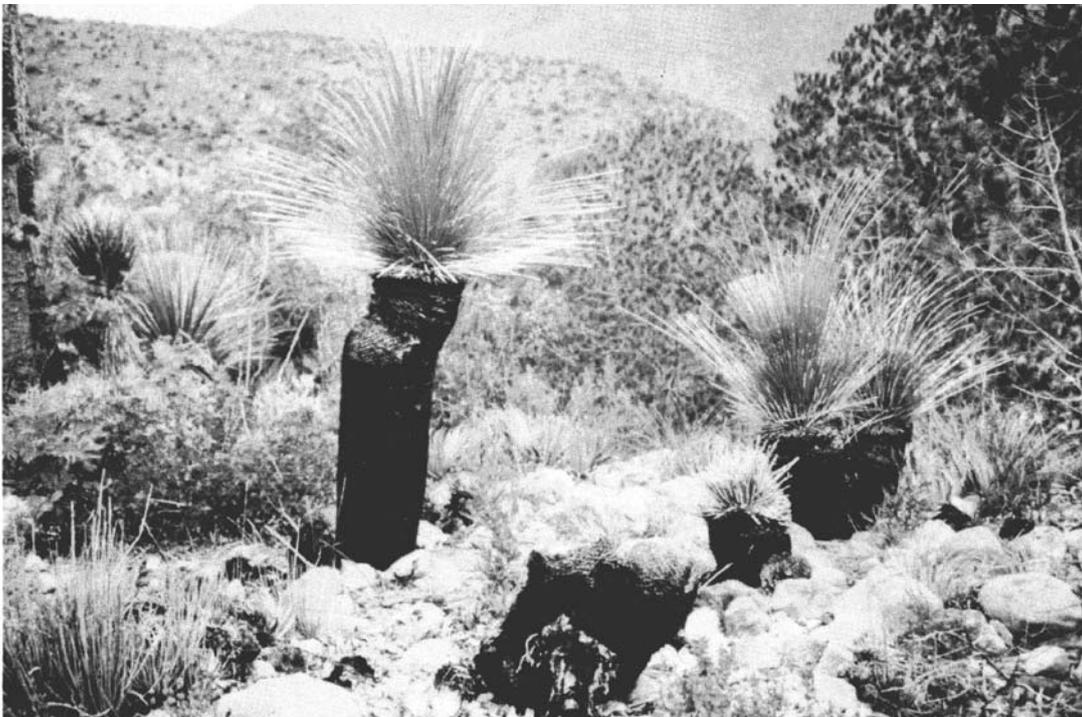
- Entre las Gramíneas se identifican:

Bouteloua curtipendula *Stipa eminens*

1



Formación baja muy alterada de *Pinus cembroides* con *Juniperus flaccida* sobre caliza. 1 800 m de altitud. 25°17'10"N, 101°36'20"W, Municipio de General Cepeda (Coahuila). 21 de agosto de 1975.



Formación leñosa compleja con *Dasyllirion longissimum*, *Pinus nelsonii*, *Agave lecheguilla* y *Euphorbia antisiphilitica*. 2 050 m de altitud. 23°27'30"N, 99°49'30"W, Municipio de Jaumave (Tamaulipas).

*Setaria geniculata**Stipa lobata.*4. Formaciones de *Pinus cembroides* con *Juniperus deppeana*

Los cuatro tipos de formación vegetal, indicados líneas arriba, se encuentran distribuidos en toda el área de estudio de la Sierra Madre Oriental, a excepción de la formación de *Pinus cembroides* con *Pinus arizonica*, la cual está ausente en el sur del Estado de San Luís Potosí y en los Estados de Hidalgo y Puebla (Robert, 1973).

II. 2. 3. 2. 2. 2. Formaciones bajas de *Pinus nelsonii* solo o asociado con *Pinus cembroides* (muestras 80, 81, 83, 84, 85, 86)

- Entre las plantas leñosas bajas destacan:

*Astrocassia phyllanthoides**Juniperus deppeana**Berberis trifoliata**Krameria cytisoides**Brahea* sp.*Mimosa biuncifera**Cowania plicata**Quercus castanea**Dasylyrion longissimum**Rhus pachyrrachis**Dodonaea viscosa**Sophora secundiflora.*

- Las herbáceas son poco numerosas sobresaliendo:

Aristida sp.*Salvia melissodora**Bouteloua curtipendula**Setaria geniculata.*

II. 2. 3. 2. 3. Formaciones xerófitas complejas (Muestras 8, 1, 18, 20, 21, 33, 34, 46, 57, 64)

Las formaciones complejas comprenden plantas herbáceas, leñosas bajas y altas éstas últimas frecuentemente son escasas o incluso pueden estar ausentes, predominando las leñosas bajas. El término “matorral” incluye a todas las formaciones xerófitas complejas. Su composición florística varía mucho como especies muy frecuentes se pueden mencionar:

*Flourensia cernua**Prosopis juliflora**Larrea tridentata**Viguiera stenoloba**Leucophyllum laevigatum.*

Las formaciones vegetales presentes en la Sierra Madre Oriental se han definido por medio de la o las especies arbóreas dominantes.

La información siguiente comprende el intento de otras interpretaciones más completas del análisis factorial. Lacoste y Roux, en 1972, demostraron que en la o las figuras formadas por el análisis factorial se encuentran fácilmente los componentes de las asociaciones vegetales ya conocidas por ellos. Con base en los trabajos anteriormente citados, así como en los realizados por Benzecri, en 1973, se pretendió efectuar el procedimiento inverso, ya que diferentes autores encontraron en las figuras asociaciones bien definidas, pudiendo plantearse la hipótesis de que los grupos de plantas conforman asociaciones. En

lugar de identificar los grupos de plantas afines con el nombre de asociación, se propone llamarlas grupo *cenológico*. Este término proviene del griego y fue propuesto por Godron (1979) como preferible a *sociológico*. Además no implica ninguna de las restricciones de interacción y jerarquía contenidas en la palabra *sociológico*.

II. 2. 3. 3. Grupos cenológicos

Los grupos cenológicos se determinaron utilizando a la vez los valores de participación de las especies en los cinco ejes y la posición de los puntos que los representan, en los planos de los ejes I, II, I-III y I-IV. Las especies cercanas constituyen un grupo cenológico. Esta proximidad resulta entre otros factores, de las relaciones presencia-ausencia. De este modo, en el este de México aparecen veinte grupos cenológicos.

De la misma manera que se atribuyó al eje I el sentido de un gradiente de sequía, se considera que, dentro de un mismo grupo, las plantas de abscisa negativa son de tendencia menos seca si se les compara con las de abscisa positiva. Entre los grupos de abscisa negativa se distinguen dos subgrupos al interior de cada grupo cenológico: el primero expresa una tendencia mesófila y el segundo una tendencia xerófila.

A continuación se describen algunos de los grupos cenológicos:

En el primer grupo, mismo que comprende *Pinus cembroides*, se pueden distinguir dos subgrupos:

1. de tendencia mesófila, clasifica, entre otras especies a

| | |
|--------------------------------|-----------------------------|
| <i>Juniperus deppeana</i> | <i>Bouvardia ternifolia</i> |
| <i>Bouteloua curtipendula.</i> | |

2. de tendencia xerófila, se conforma con plantas como:

| | |
|---------------------------|----------------------------|
| <i>Pinus pinceana</i> | <i>Berberis trifoliata</i> |
| <i>Rhus microphila</i> | <i>Parthenium incanum</i> |
| <i>Mimosa zygophila</i> | <i>Lycurus phleoides</i> |
| <i>Mimosa biuncifera.</i> | |

Pinus pinceana pertenece al subgrupo con tendencia más xérica que *Pinus cembroides*, lo cual se determinó mediante numerosas observaciones de campo hechas desde General Cepeda, Coahuila, hasta San Luís Potosí.

Pinus pinceana y *Pinus cembroides* en ocasiones cohabitan (observaciones realizadas rumbo a Concepción del Oro, Zacatecas), pero cuando está solo, *Pinus pinceana* ocupa las vertientes expuestas al oeste y se asocia a las especies mencionadas anteriormente, así como a varias especies endémicas del desierto de Chihuahua, como, *Fouquieria splendens*.

Las plantas del subgrupo 2 frecuentemente se encuentran en las formaciones de *Pinus cembroides*. A este respecto, es interesante comparar el grupo cenológico determinado de esta manera y la lista de especies más frecuentes en las formaciones de *Pinus cembroides* del este del área de estudio (cuadro 15).

Las especies dominantes en las muestras pertenecen al grupo cenológico de *Pinus cembroides*.

Es importante señalar que las tres especies de pinos piñoneros más frecuentes en el este

de México no pertenecen a los mismo grupos cenológicos.

El grupo de *Pinus nelsonii* comprende las especies siguientes:

Rhus pachyrrhachis

Agave atrovirens

Rhus virens

Gymnosperma glutinosum

Dasyllirion longissimum

y, especies que, con excepción de *Dasyllirion longissimum*, se han encontrado en compañía de *Pinus cembroides*.

Estos grupos tienen un valor limitado, pues son utilizables sólo en el área de estudio. Tal como están, proporcionan una distinción útil al interior de las formaciones descritas anteriormente y pueden servir de base para una investigación más profunda.

CUADRO 15. Frecuencia de las especies al interior de las 48 muestras con *Pinus cembroides*.

| Frecuencia en % | NOMBRE |
|-----------------|-------------------------------|
| 54 | <i>Bouvardia ternifolia</i> |
| 50 | <i>Bouteloua curtipendula</i> |
| 46 | <i>Juniperus deppeana</i> |
| 42 | <i>Chrysactinia mexicana</i> |
| 40 | <i>Bouteloua gracilis</i> |
| 40 | <i>Nolina</i> sp. |
| 33 | <i>Yucca carnerosana</i> |
| 29 | <i>Rhus virens</i> |
| 29 | <i>Sophora secundiflora</i> |
| 25 | <i>Dasyllirion</i> sp. |

Uno de los postulados sobre el cual el fitoecólogo construye sus investigaciones, indica que la vegetación es buen indicador de las condiciones del medio. Por lo tanto, está orientado a investigar las relaciones entre los componentes de los grupos cenológicos y el medio. Se intentó hacerlo utilizando anteriormente los perfiles ecológicos.

II. 2. 4. Sierra Madre Occidental

Las 91 muestras efectuadas en la Sierra Madre Occidental en el lapso julio-agosto de 1974 y septiembre de 1975, así como las 220 especies presentes más de dos veces en el conjunto de esos muestreos, fueron objeto de un análisis de correspondencias.

La participación, situación de los puntos, en los distintos ejes es idéntica a la observada anteriormente en el análisis de las observaciones de la Sierra Madre Oriental (5 por ciento para el eje I, y 15 por ciento para los tres primeros ejes).

Las muestras (Figura 12) se distribuyen en dos lotes: a la izquierda las observaciones realizadas en 1975 y a la derecha las observaciones de 1974. Esto conduce a considerar separadamente cada uno de los grupos y hace muy difícil la interpretación, de la figura resultante de las observaciones, obtenida mediante análisis factorial. Es preferible no agrupar en un sólo análisis las observaciones efectuadas en el transcurso de campañas diferentes, incluso si el operador es el mismo. La rigidez de muestreo de 1975 fue más estricta que la de 1974. Asociando estos dos grupos de observaciones, se introdujo una heterogeneidad no evaluada. Además, 1974 fue un año muy seco, traduciéndose en un

retraso, en el desarrollo de la vegetación. En agosto de 1974, los encinos de hojas caedizas comenzaban a brotar, mientras las gramíneas y las herbáceas eran raras y difíciles de identificar.

Estas dos razones pueden explicar la segregación gráfica de las observaciones de 1974 y 1975 aún cuando fueron efectuadas en la misma región geográfica.

En relación con la distribución de las especies *Pinus chihuahuana*, *Pinus engelmannii* y *Pinus ayacahuite*, se encontró que estas se localizan a la izquierda dentro de la figura 12. *Pinus ayacahuite* ocupa una posición muy excéntrica en el plano de los ejes I y II, lo que explica su baja frecuencia en la dición. En términos generales las formaciones leñosas altas de *Pinus* pl. sp. están a la izquierda de la figura en mención y las formaciones de *Pinus cembroides* están a la derecha. También aquí se le puede atribuir el eje I el sentido de un gradiente de sequía. Las formaciones vegetales son más homogéneas que al este de la dición.

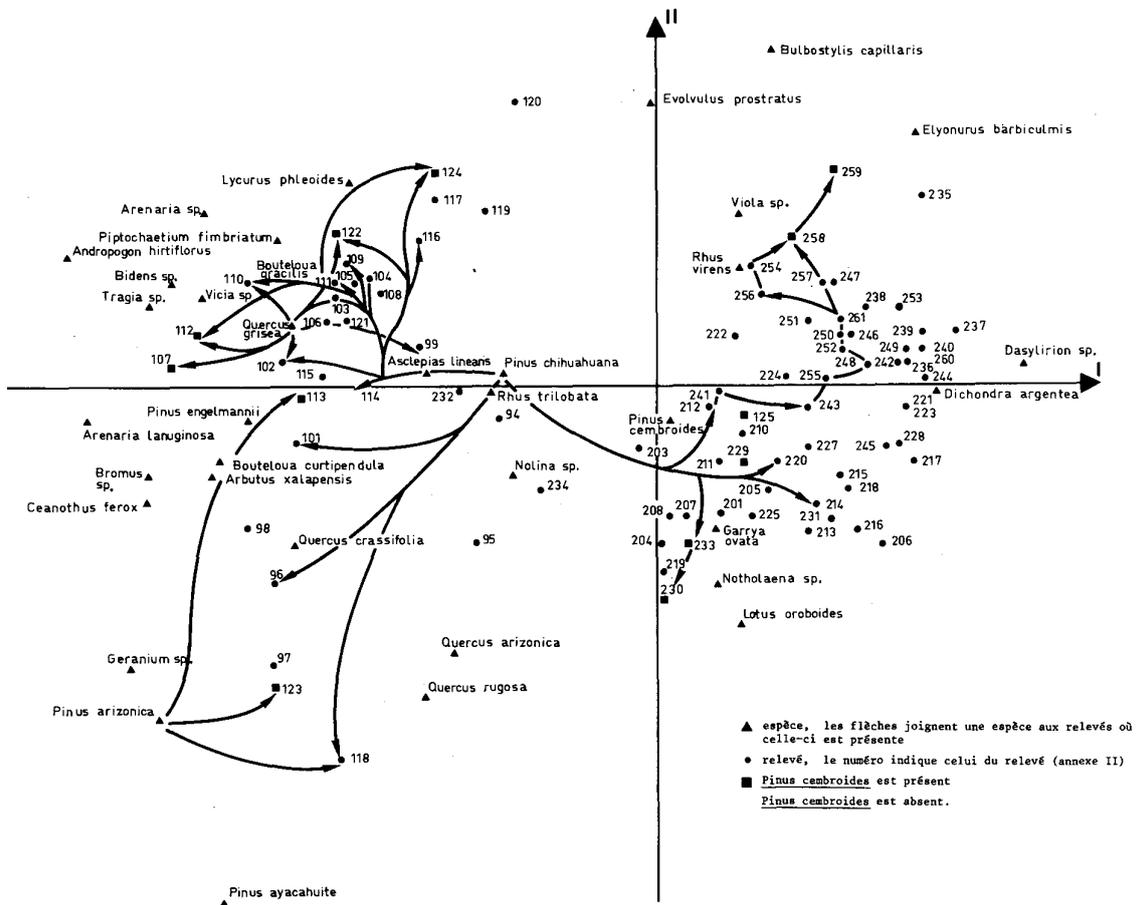


Figura 12. Analisis factorial de los muestreos de la Sierra Madre Occidental : diagrama de las especies y de los muestreos en el plano de los ejes I y II.

CUADRO 16. Frecuencia de las especies al interior de las 71 muestras con *Pinus cembroides*.

| Frecuencia en % | NOMBRE |
|--------------------|-------------------------------|
| 71 | <i>Cyperus</i> sp. 2 |
| 71 | <i>Cyperus</i> sp 3 |
| 61 | <i>Juniperus deppeana</i> |
| 36 | <i>Rhus trilobata</i> |
| 30 | <i>Arctostaphylos pungens</i> |
| | <i>Ipomoea capillacea</i> |
| 29 | <i>Stevia serrata</i> |
| | <i>Quercus grisea</i> |
| 26 | <i>Quercus hypoxantha</i> |
| 25 | <i>Dichondra argentea</i> |

II. 2. 4. 1. Grupos cenológicos

La interpretación de la figura 12 y de la distribución de los puntos, dentro de los ejes I - III, I - IV, permite identificar algunos grupos cenológicos, en los cuales se distinguen dos subgrupos que corresponden a tendencias más o menos secas. El grupo I demanda, por su importancia, mayor atención, razón por la cual se mencionan sus subgrupos.

1.1. Subgrupo de tendencia mesófila, conjunta entre otras especies a

| | |
|--------------------------|-------------------------------|
| <i>Pinus engelmannii</i> | <i>Commelina dianthifolia</i> |
| <i>Quercus grisea</i> | <i>Asclepias linnaria</i> |
| <i>Gilia pinnata</i> | <i>Eriogonum undulatum</i> |
| <i>Stevia serrata.</i> | |

1. 2. Subgrupo de tendencia xerófila. Este comprende a

| | |
|---------------------------|-----------------------------|
| <i>Pinus cembroides</i> | <i>Bouteloua hirsuta</i> |
| <i>Juniperus deppeana</i> | <i>Bouvardia ternifolia</i> |
| <i>Salvia regla</i> | <i>Ipomoea capillacea.</i> |

Si se compara el grupo cenológico con la lista de las especies más frecuentes al interior de las muestras donde domina *Pinus cembroides*, se constata que las dos listas coinciden menos que al este de la zona estudiada.

II . 2. 5. Conclusión

El estudio precedente muestra que la composición florística de las formaciones de *Pinus cembroides* de la Sierra Madre Oriental difiere de la presente en la Sierra Madre Occidental.

En las formaciones de *Pinus cembroides* de la Sierra Madre Oriental, *Bouteloua curtipendula*, Gramínea observada en una area muy amplia, aparece a fuera de una planta ubicuista de la familia de las Rubiaceae como la especie más frecuente. El enebro, *Juniperus deppeana*, es frecuente pero poco abundante en las formaciones altas de *Pinus cembroides* aquella especie está esparcida y difícilmente alcanza los 4 metros de altura. Por el contrario, en los claros se extiende y desarrolla su altura normal. Es decir, sufre ausencia de luz, pero se mantiene en tutela en las poblaciones densas de *Pinus cembroides*. En determinados pies de monte se desarrolla solo, y a la sombra de su corona germinan numerosas especies (encinos, gramíneas), que de esta manera se protegen de los rayos

solares intensos.

En la región oeste del área estudiada las especies más frecuentes son diferentes. En primer lugar se notan dos especies de *Cyperus*, propias de la Sierra Madre Occidental y relacionadas con la acidez relativa del suelo. *Juniperus deppeana* es más frecuente que al este. Además invade las áreas recientemente taladas con más que al este del área del estudio. La virulencia o la competitividad de esta especie parece ser, actualmente, más grande que en el este. Este carácter invasor del enebro fue señalado por Johnsen (1960) en Arizona. *Arctostaphylos pungens* también es más frecuente en las formaciones de *Pinus cembroides* del oeste que en las del este.

Las formas vegetales más representadas son las siguientes:

- fanerofitas: *Juniperus deppeana*;
- camefitas: *Rhus trilobata*;
- hemicriptofitas: *Bouteloua curtipendula*;
- criptofitas: varias especies de los generos *Dalea*, *Desmodium*, *Ipomoea*, *Oxalis* y *Thalictrum*.

Los agrupamientos cenológicos aportan un inicio a la comprensión de las formaciones vegetales del área de estudio y permiten orientar investigaciones futuras sobre bases más precisas.

Las relaciones que unen a las especies de los grupos cenológicos con el medio también son abordadas, comparando para ello, la información mutua proporcionada por el conjunto especies-variable.

II. 3. ESPECIES VEGETALES Y VARIABLES ECOLÓGICAS

El análisis factorial permitió el estudio de las relaciones del conjunto de las especies con el conjunto de las variables, más el método de los perfiles ecológicos tiene por objeto establecer las relaciones entre una especie y una variable.

Se recordarán aquí algunas definiciones necesarias para la comprensión de este método de análisis; para mayor precisión, el lector puede consultar a Godron (1966, 1968), Guillerm (1971), Daget (1970, 1976) y Gauthier (1977). Para una variable dada, el perfil ecológico de conjunto corresponde al número de muestras efectuadas en cada clase de la variable, representando una distribución de frecuencias absolutas. Las frecuencias relativas que se obtienen al dividir las frecuencias absolutas entre el número total de muestras son equiparables a probabilidades de presencia y de ausencia.

Si el muestreo es suficiente, las muestras se distribuyen equitativamente entre las distintas clases de la variable ecológica. Una variable tiene entonces las mismas oportunidades de encontrarse en una u otra clase, siendo grande la indeterminación relativa de esta variable. Dicha indeterminación puede estimarse calculando la entropía $H(L)$ de esta variable (Abrason, 1963, citado por Daget *et al.*, 1970), dada por:

$$H(L) = \sum_1^{NR} R(K) / NR \log_2 NR / R(K)$$

donde:

$R(K)$ es el número de observaciones efectuadas en la clase K

NR el número total de observaciones
 H(L) la entropía expresada en bits.

La repartición de una especie en las clases de una variable ecológica constituye el perfil ecológico de esa especie. Esto permite evaluar la cantidad de información proporcionada por dicha especie en relación con un factor ecológico, es decir, la información mutua (HIM) entre la especie y la variable ecológica. Se define así:

$$HIM = H(L) - H(L/A)$$

en el cual, H(L) indica la entropía antes del muestreo

H(L/A) la entropía después del muestreo, es decir, después de la constatación de la presencia o ausencia de la especie A en el medio definido por la variable L.

Para cada variable estudiada se calculó la información mutua para todas las especies presentes más de dos veces en el conjunto de las muestras. En los cuadros de resultados sólo aparecen las primeras cien especies.

La información mutua y la entropía permiten determinar, por una parte, las variables ecológicas más activas en el conjunto estudiado, y por otra, las especies que mejor caracterizan algunas variables ecológicas (especies indicadoras).

II. 3. 1. Variables ecológicas activas

El promedio de la información mutua especie-factor, calculado para las cien especies que proporcionan mayor información, comparado con la entropía-factor (Figura 13), permite clasificar las variables ecológicas según su actividad.

En la figura 13, los factores bien muestreados (entropía alta) se sitúan a la derecha, y los factores mal muestreados (entropía baja) a la izquierda. Las variables activas se localizan en la parte superior. La distribución de las variables, observada en la figura, se resume en el cuadro 17; las variables ecológicas se clasifican por orden de HIM decreciente y en función de la relación HIM: entropía-factor. Del cuadro 17 se deduce lo siguiente:

1. El tipo de roca, a pesar de que fue mal muestreada, es una variable activa. Por esta razón será necesario un muestreo complementario.
2. La región es la variable más activa en el conjunto de las 185 muestras (no se introdujo en el conjunto de las 351 muestras). La región tiene también una HIM alta en la Sierra Madre Occidental, pero su posición en la figura 13 indica que fue mal muestreada.
3. En los conjuntos de las 185 y 351 muestras, la longitud es una variable con HIM acentuada, predomina sobre la latitud en la Sierra Madre Oriental, pero su HIM es menos elevada que la del pH y de la reacción del suelo al HCl. En la Sierra Madre Occidental, por el contrario, la latitud tiene una HIM más elevada que la longitud.

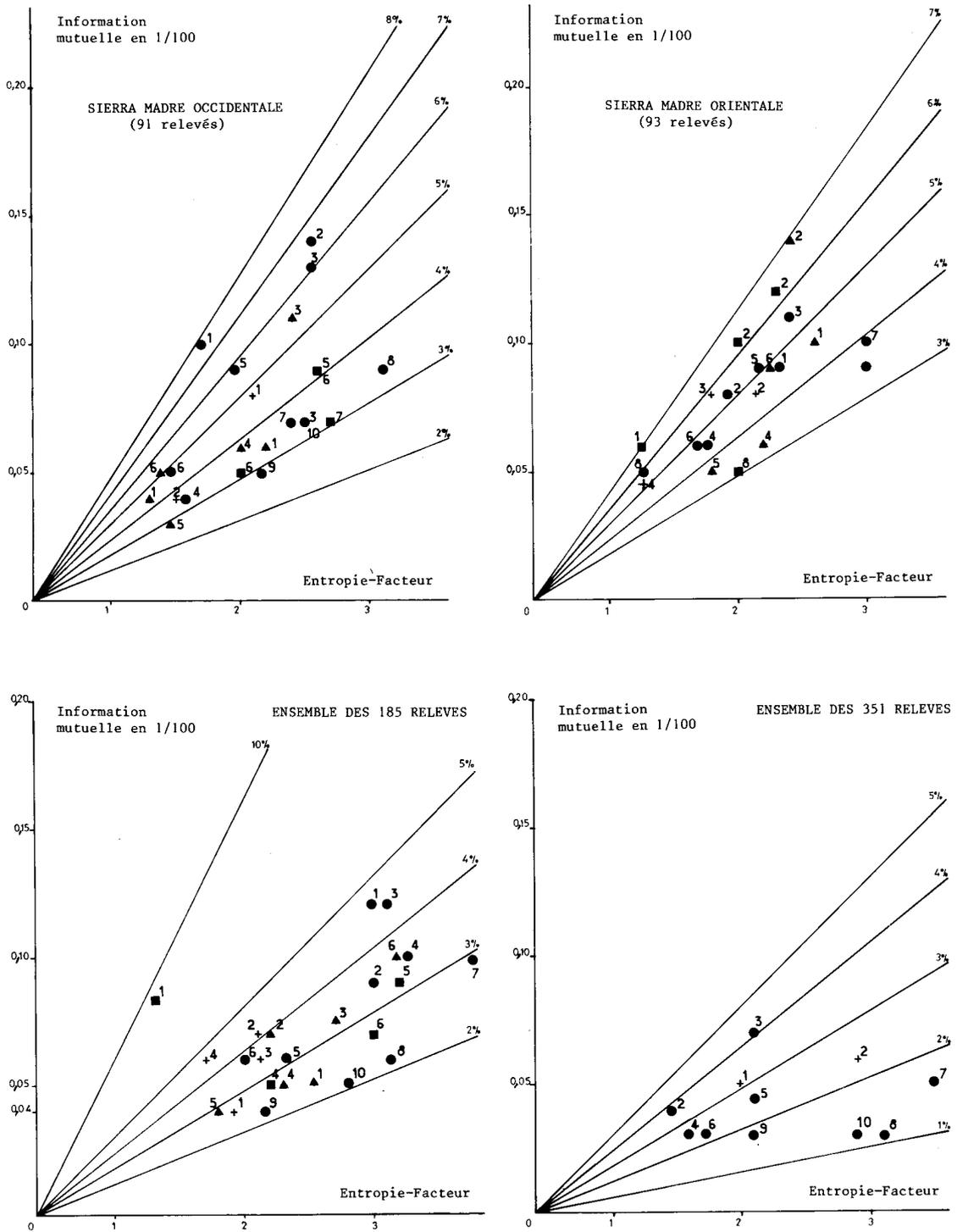


Figura 13. Relación entre la información mutua especie-factor y la entropia-factor

Variabes ecológicas: 1, región; 2, latitud; 3, longitud; 4, clima según Köppen; 5, Precipitación (P) media anual; 6, T media anual; 7, altitud; 8, exposición; 9, topografía; 10, pendiente.

Variabes suelos: 1, tipo de roca; 2, reacción HCl; 3, pH; 4, % de bloques; 5, % de gravas; 6, % de tierra fina; 7, % de vegetación; 8, % de litera.

La vegetación: 1, tipo de formación; 2, primera especie dominante; 3, segunda especie dominante; 4, % de recubrimiento de los leñosas bajas; 5, % de recubrimiento de las herbáceas; 6, diametro de los troncos de *Pinus cembroides*.

Variabes antropicas: 1, artificialización; 2, utilización; 3, explotación forestal; 4, animales.

CUADRO 17. Variables clasificadas en orden de información mutua decreciente y en función de la relación HIM/entropía-factor.

| Sierra Madre Occidental | Sierra Madre Oriental | 185 muestras | 351 muestras |
|--------------------------------|------------------------------|---------------------|---------------------|
| Región | Primera especie | Roca | Longitud |
| Latitud | Roca | Región | 1e esp. dominante |
| Longitud | pH del suelo | Longitud | Latitud |
| 2e esp. dominante | HC1 en roca | Utilización | 2e esp. dominante |
| Precipitación | Longitud | Animales | Precipitación |
| % de gravas | Latitud | Diámetro | Koeppen |
| % de litera | Precipitación | Koeppen | Temperatura |
| Artificialización | Diámetro | Latitud | Altitud |
| | Región | % de grava | |
| Exposición | Utilización | 2e esp. dominante | |
| | Altitud | 1e esp. dominante | |
| | | Altitud | |

Es importante indicar que las grandes líneas de relieve se dirigen aproximadamente de NO-SE, lo que provoca en el área de estudio que la longitud tenga un papel preponderante sobre las otras variables biogeográficas. Los pliegues de la Sierra Madre Oriental poseen también la orientación NO-SE. Por el contrario, la Sierra Madre Occidental es un macizo más compacto. Sin embargo, esto no sugiere una explicación satisfactoria a la elevada HIM de la latitud en esta región.

4. De todas las variables climáticas, el clima definido según Koeppen, es la primera variable activa en el conjunto de las 185 muestras; en otras partes, esta variable tiene un valor aproximado al de HIM (3-4 %), pero fue mal muestreada. Esto tiene una explicación simple. En el conjunto de las 185 observaciones se conservaron las 12 clases señaladas por Koeppen. En el Oeste, para tener efectivo más o menos equilibrados en cada clase, se efectuó un agrupamiento drástico: sólo tres clases subsistieron, sin embargo, no fueron muestreadas de manera igual. En el Este, los agrupamientos conservan solamente cuatro clases de clima que son: BSO, BS, BW y C(wo), y fueron los únicos que se tomaron en cuenta en el conjunto de las 351 muestras.

5. La variable promedio de precipitaciones anuales tiene una HIM alta, tanto en la Sierra Madre Oriental como en la Sierra Madre Occidental. A pesar de que estuvo mal muestreada, ésta aparece como una variable más activa que las clases de clima de Koeppen. Lo mismo sucede para la temperatura media anual.

6. A igual calidad de muestreo, la utilización juega un papel más importante que la temperatura.

7. La altitud estuvo mal muestreada al interior de la Sierra Madre Occidental. La segunda especie dominante y la altitud tienen la misma calidad de muestreo, siendo más activa la segunda especie dominante.

8. Las variables ecológicas, tales como pendiente y exposición, no son activas en los conjuntos de muestras analizadas.

De esta manera el conjunto de las 351 muestras es sensible a la longitud, a la primera especie dominante, a la latitud, a la segunda especie dominante y a las variables climáticas. La roca no forma parte de las variables analizadas en este conjunto.

La variable roca es la más activa en el conjunto de las 185 muestras, siguiéndole la región, la longitud, las variables antrópicas, el diámetro de los troncos de *Pinus cembroides* y el clima definido por Koeppen.

Al interior de las muestras de la Sierra Madre Oriental, la primera especie dominante aparece como la variable preponderante, lo cual puede relacionarse con la gran diversidad de formaciones vegetales presentes. Esta variable precede a las variables edáficas, geográficas y climáticas.

El tipo de roca tiene un lugar preponderante en el conjunto de las 185 observaciones, lo cual no se observa en la Sierra Madre Occidental. Se debe esto a que la Sierra Madre Occidental está constituida esencialmente de rocas eruptivas ácidas, mientras que las observaciones de la Sierra Madre Occidental incluyen áreas de origen sedimentario y áreas tales como la Sierra del Carmen (Coahuila) de naturaleza eruptiva.

II. 3. 2. Especies indicadoras en el conjunto de la zona estudiada

El método de los perfiles ecológicos permite analizar las relaciones entre una especie y una variable. Existen diferentes tipos de perfiles ecológicos, entre los cuales el perfil de frecuencias corregidas es el más utilizado. “frecuencia corregida es la relación de la frecuencia relativa de una especie en una clase de la variable y de su frecuencia relativa en el conjunto de las muestras”. A partir de los perfiles ecológicos corregidos, un programa establecido por P. David y F. Romane (CEPE) permite calcular perfiles ecológicos indiciados (Gauthier et al., 1977). Estos últimos hacen “aparecer el grado de significación del número de cada especie en cada clase de la variable” (obra citada).

Los perfiles ecológicos indiciados para las variables más activas se presentan a continuación.

Para cada una de las clases de la variable, los resultados posibles son los siguientes:

1. La especie es significativamente sensible, de manera positiva, para la clase de la variable al límite de 5%, 1 ó 0.1 %.
2. La especie es significativamente sensible, de manera negativa, para la clase de la variable al límite de 5%, 1 ó 0.1 %.
3. La especie no es significativamente sensible para la clase de la variable: es indiferente.
4. El número de las observaciones para la clase de variable considerada es insuficiente o la especie está ausente.

Esta última situación incluye una ambigüedad que pueda suprimirse fácilmente, introduciendo otro signo en el programa, para distinguir la ausencia de la especie en la clase de la variable de un muestreo insuficiente en esta misma clase.

Cuadro 18. Especies con sensibilidad positiva para las variables regiones geograficas

| E S P E C I E S | fréquence | Information mutuelle en binons | classes X | | | | | | | | |
|--------------------------|-----------|--------------------------------|-----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | | | effectifs | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| | | | 48 | 16 | 20 | 7 | 21 | 15 | 25 | 16 | 17 |
| Pinus cembroides | 124 | 0.15783 | | + | | ++ | | --- | - | | |
| Juniperus deppeana | 87 | 0.12911 | | + | | + | | | --- | | |
| Quercus emoryi | 17 | 0.10158 | | ++ | | + | | | | | |
| Pinus chihuahuana | 31 | 0.17839 | | +++ | | | + | - | | | |
| Quercus grisea | 30 | 0.28011 | | +++ | | - | | - | | - | |
| Stevia serrata | 29 | 0.18537 | | +++ | | | | - | | - | |
| Thalictrum sp. | 36 | 0.16703 | | +++ | | | | | | --- | - |
| Pinus engelmannii | 15 | 0.13578 | | +++ | | | | | | | |
| Calliandra humilis | 15 | 0.12832 | | +++ | | | | | | | |
| Rhus trilobata | 48 | 0.11691 | | +++ | | | | | | - | |
| Desmodium sp. | 27 | 0.11592 | | +++ | | | | | | - | |
| Vicia sp. | 15 | 0.11533 | | +++ | | | | | | | |
| Bidens sp. | 15 | 0.11481 | | +++ | | | | | | | |
| Commelina dianthifolia | 19 | 0.10700 | | +++ | | | | | | | |
| Ipomoea sp. | 16 | 0.10270 | | ++ | | | | | | | |
| Lycurus phleoides | 26 | 0.09641 | | +++ | | | | | | - | |
| Quercus rugosa | 13 | 0.09004 | | + | | | | | | | |
| Cyperus sp. | 64 | 0.08857 | | ++ | | | | | | --- | |
| Ipomoea capillacea | 27 | 0.24631 | | | + | +++ | +++ | | | | |
| Helianthemum glomeratum | 20 | 0.22852 | | - | +++ | +++ | ++ | | | | |
| Arctostaphylos pungens | 41 | 0.16879 | | | ++ | + | | --- | - | | |
| Hypoxis sp. | 13 | 0.13549 | | | + | +++ | | | | | - |
| Microchloa kunthii | 14 | 0.12382 | | | + | ++ | | | | | |
| Quercus hypoleucoides | 30 | 0.21575 | | +++ | | - | | | | - | |
| Bromus sp. | 15 | 0.08458 | | +++ | | | | | | | |
| Gibasis linearis | 19 | 0.15747 | | + | +++ | | | | | | |
| Commelinacées | 23 | 0.11114 | | | +++ | | | | | | |
| Evolvulus sp. | 12 | 0.10382 | | | ++ | | | | | | |
| Cheilanthes sp. | 16 | 0.08644 | | | + | | | | | | |
| Cyperus sp.2 | 23 | 0.32627 | | - | | +++ | +++ | | | | |
| Notholaena aurea | 21 | 0.17370 | | | | +++ | +++ | | | | |
| Calochortus barbatus | 12 | 0.12117 | | | | ++ | +++ | | | | |
| Cyperus sp.3 | 13 | 0.19699 | | - | | +++ | | | | | |
| Ipomoea stans | 10 | 0.17366 | | | | +++ | | | | | |
| Composées | 49 | 0.15107 | | --- | | +++ | | | | | |
| Dyschoriste linearis | 24 | 0.12584 | | --- | | ++ | | | | | |
| Mimosa biuncifera | 22 | 0.11190 | | | | +++ | | | | | |
| Salvia sp. | 57 | 0.10986 | | --- | | +++ | | | | | |
| Mandevilla sp. | 7 | 0.10836 | | | | +++ | | | | | |
| Quercus chihuahuensis | 15 | 0.10256 | | | | + | | | | | |
| Papilionacées | 25 | 0.10007 | | | | ++ | | | | | |
| Malvacées | 8 | 0.09413 | | | | +++ | | | | | |
| Dalea sp. | 54 | 0.09329 | | | | +++ | | | | | |
| Sisyrinchium sp. | 8 | 0.08635 | | | | +++ | | | | | |
| Polygala sp. | 27 | 0.08413 | | | | ++ | | | | | |
| Dichondra argentea | 25 | 0.08159 | | | | + | | | | - | |
| Verbesina sp. | 14 | 0.09224 | | - | | | + | | | ++ | |
| Mandevilla foliosa | 7 | 0.08669 | | | | | + | | | | |
| Bulbostylis capillaris | 4 | 0.08400 | | | | | +++ | | | | |
| Quercus eduardi | 4 | 0.08400 | | | | | +++ | | | | |
| Elyonurus barbiculmis | 3 | 0.08235 | | | | | +++ | | | | |
| Viola sp. | 9 | 0.08122 | | | | | +++ | | | | |
| Leucophyllum laevigatum | 6 | 0.08075 | | | | | | + | + | | |
| Bouteloua curtipendula | 41 | 0.20578 | | --- | - | --- | | +++ | | | +++ |
| Verbena sp. | 21 | 0.15517 | | --- | | | | +++ | | | |
| Artemisia ludoviciana | 9 | 0.09040 | | | | | | +++ | | | |
| Lesquerella purpurea | 6 | 0.08791 | | | | | | +++ | | | |
| Tradescantia crassifolia | 6 | 0.08560 | | | | | | +++ | | | |
| Panicum bulbosum | 10 | 0.08373 | | | | | | ++ | | | |
| Cirsium sp. | 9 | 0.08342 | | | | | | + | | | |
| Garrya ovata | 23 | 0.12769 | | | | | | | ++ | + | |
| Eysenhardtia polystachya | 7 | 0.08219 | | | | | | | + | | + |
| Acalypha sp. | 17 | 0.12922 | | --- | | | | | + | | |
| Quercus canbyi | 10 | 0.11474 | | | | | | | +++ | | |

Leñosas altas:

| | |
|------------------------------|------------------------------|
| <i>Quercus emoryii</i> | <i>Pinus engelmannii</i> |
| <i>Pinus chihuahuana</i> | <i>Quercus rugosa</i> |
| <i>Quercus grisea</i> | <i>Quercus chihuahuensis</i> |
| <i>Quercus hypoleucoides</i> | <i>Quercus eduardi.</i> |

Leñosas bajas:

| | |
|----------------------------|--------------------------|
| <i>Rhus trilobata</i> | <i>Mimosa biuncifera</i> |
| <i>Calliandra humilis.</i> | |

Herbáceas:

| | |
|-------------------------------|-------------------------------|
| <i>Stevia serrata</i> | <i>Lycurus phleoides,</i> |
| <i>Thalictrum sp.</i> | <i>Dyschoriste linearis</i> |
| <i>Commelina dianthifolia</i> | <i>Dichondra argentea</i> |
| <i>Ipomoea sp.1</i> | <i>Mandevilla foliosa</i> |
| <i>Ipomoea sp. 2.</i> | <i>Bulbostylis capillaris</i> |
| <i>Ipomoea stans</i> | <i>Cyperus sp. 3.</i> |

Las especies indicadoras de la **Sierra Madre Oriental** se presentan también en orden decreciente de HIM al interior de los tres grupos.

Leñosas altas:

| | |
|---------------------------------|----------------------------|
| <i>Eysenhardtia polystachya</i> | <i>Quercus affinis</i> |
| <i>Quercus canbyi</i> | <i>Pinus pseudostrobus</i> |
| <i>Fraxinus greggi</i> | <i>Pinus arizonica</i> |
| <i>Quercus pringlei.</i> | |

Leñosas bajas:

| | |
|----------------------------|----------------------------------|
| <i>Yucca carnerosana</i> | <i>Lindleyella mespiloides</i> |
| <i>Pinus nelsonii</i> | <i>Sophora secundiflora</i> |
| <i>Salvia regla</i> | <i>Euphorbia antisyphilitica</i> |
| <i>Berberis trifoliata</i> | <i>Ceanothus greggii</i> |
| <i>Rhus virens</i> | <i>Agave lecheguilla</i> |
| <i>Dasyilirion sp.</i> | <i>Krameria cytisoides</i> |
| <i>Cowania alicata</i> | <i>Cercis sp.</i> |

Herbáceas:

| | |
|---------------------------------|--------------------------------|
| <i>Bouteloua curtipendula</i> | <i>Haplopappus spinulosus</i> |
| <i>Verbena sp.</i> | <i>Chrysactinia mexicana</i> |
| <i>Artemisia ludoviciana</i> | <i>Dyssodia setifolia</i> |
| <i>Lesquerella purpurea</i> | <i>Bouteloua gracilis</i> |
| <i>Tradescantia crassifolia</i> | <i>Gymnosperma glutinosum</i> |
| <i>Panicum bulbosum</i> | <i>Commelina dianthifolia.</i> |

Pinus cembroides tiene sensibilidad positiva para la Sierra Madre Occidental (cuadro 18) y particularmente para las regiones 1 y 3 (al norte del 28° N y entre el 24 y el 26° N). Sin embargo, este pino muestra sensibilidad negativa en la Sierra Madre Oriental para

Cuadro 19. Perfiles ecológicos indicados de las cien primeras especies clasificadas con signo para la variable temperatura media (número total de muestras: 351)

| E S P E C I E S | fréquence | Information mutuelle en binons | classes | 12-14° | 14-16° | 16-18° | 18-20° | 20° |
|-----------------------------|-----------|--------------------------------|-----------|--------|--------|--------|--------|-----|
| | | | effectifs | 18 | 82 | 185 | 55 | 10 |
| Juniperus deppeana | 86 | 0.12440 | | ++ | +++ | --- | . | |
| Thalictrum sp. | 36 | 0.11131 | | +++ | +++ | --- | | |
| Pinus chihuahuana | 32 | 0.09492 | | +++ | +++ | --- | -- | |
| Stevia serrata | 34 | 0.07997 | | +++ | +++ | --- | - | |
| Arctostaphylos pungens | 50 | 0.07426 | | +++ | +++ | -- | - | |
| Quercus hypoleucoides | 30 | 0.07345 | | + | +++ | --- | . | |
| Quercus rugosa | 13 | 0.07023 | | + | +++ | --- | . | |
| Cyperus sp. | 67 | 0.07020 | | ++ | ++ | --- | . | |
| Pinus engelmannii | 15 | 0.06495 | | ++ | +++ | --- | | |
| Commelina dianthifolia | 19 | 0.05821 | | + | ++ | --- | | |
| Ipomoea capillacea | 27 | 0.05205 | | + | ++ | . | - | |
| Gibasis linearis | 19 | 0.05134 | | ++ | ++ | -- | | |
| Vicia sp. | 16 | 0.04696 | | + | + | --- | | |
| Bidens sp. | 16 | 0.07346 | | +++ | . | --- | | |
| Rhus trilobata | 48 | 0.05274 | | + | . | --- | . | |
| Tradescantia sp. | 13 | 0.05263 | | +++ | . | | . | |
| Piptochaetium fimbriatum | 21 | 0.05213 | | ++ | . | --- | . | |
| Aristida hirtiflorus | 6 | 0.04696 | | +++ | | - | | |
| Andropogon histiflorus | 3 | 0.3766 | | +++ | | | | |
| Arenaria lanuginosa | 5 | 0.03579 | | ++ | | - | | |
| Cologania sp.2 | 5 | 0.03579 | | ++ | | - | | |
| Donnelsmithia sp. | 5 | 0.03579 | | ++ | | - | | |
| Gnaphalium viscosum | 4 | 0.03438 | | +++ | | | | |
| Desmodium sp. | 28 | 0.03334 | | ++ | . | - | | |
| Gaura sp. | 3 | 0.02465 | | + | | | | |
| Xanthocephalum sp. | 8 | 0.02449 | | + | | - | | |
| Lycurus phleoides | 35 | 0.02399 | | ++ | . | . | | |
| Quercus grisea | 38 | 0.08323 | | . | +++ | -- | -- | |
| Senecio sp. | 18 | 0.04919 | | | +++ | - | | |
| Quercus emoryi | 18 | 0.04631 | | | +++ | - | | |
| Oxalis sp. | 39 | 0.04196 | | . | ++ | . | - | |
| Salvia sp. | 63 | 0.03527 | | | + | -- | . | |
| Cologania angustifolia | 18 | 0.03508 | | | ++ | -- | | |
| Ombellifères | 9 | 0.03242 | | | + | - | | |
| Eriogonum undulatum | 7 | 0.03235 | | | ++ | -- | | |
| Piptochaetium sp. | 22 | 0.03196 | | | ++ | -- | . | |
| Bromus sp. | 16 | 0.03189 | | | ++ | . | | |
| Cologania sp. | 19 | 0.03115 | | | + | . | | |
| Caryophyllacées | 11 | 0.03082 | | | ++ | -- | | |
| Calliandra humilis | 15 | 0.02995 | | | + | - | | |
| Quercus chihuahuensis | 17 | 0.02982 | | | + | - | | |
| Ceanothus ferox | 13 | 0.02900 | | | ++ | - | | |
| Solanum sp. | 11 | 0.02834 | | | + | -- | . | |
| Trifolium sp. | 6 | 0.02685 | | | ++ | - | | |
| Calochortus barbatus | 13 | 0.02620 | | | ++ | . | | |
| Cyperus sp.3 | 13 | 0.02620 | | | ++ | . | | |
| Phaseolus sp. | 14 | 0.02607 | | | + | . | | |
| Hypoxis sp. | 13 | 0.02503 | | | + | . | | |
| Evolvulus sp. | 12 | 0.02488 | | | + | - | | |
| Pennela sp. | 4 | 0.02422 | | | ++ | | | |
| Xanthocephalum sericocarpum | 4 | 0.02422 | | | ++ | | | |
| Commelina sp. | 19 | 0.02362 | | | + | - | . | |
| Yucca carnerosana | 86 | 0.10312 | | - | --- | +++ | . | |
| Juniperus monosperma | 49 | 0.08675 | | | -- | +++ | -- | |
| Dasyllirion sp. | 71 | 0.07417 | | - | --- | +++ | . | |
| Quercus potosina | 17 | 0.04595 | | | - | +++ | | |
| Gymnosperma glutinosum | 50 | 0.03804 | | | - | ++ | . | |
| Yucca sp. | 12 | 0.03209 | | | | +++ | | |
| Nolina sp. | 63 | 0.02885 | | | -- | ++ | . | |
| Aristida pansa | 14 | 0.02753 | | | - | ++ | | |
| Jatropha spathulata | 19 | 0.02606 | | | | + | | |
| Quercus pungens | 9 | 0.02392 | | | | ++ | | |
| Selaginella sp. | 9 | 0.02392 | | | | ++ | | |
| Larrea tridentata | 17 | 0.04584 | | | - | . | + | + |
| Leucophyllum laevigatum | 6 | 0.04531 | | | | - | + | + |
| Berberis trifoliata | 26 | 0.07433 | | | - | . | +++ | |

| E S P E C E S | fréquence | Information mutuelle en binons | classes | 12-14° | 14-16° | 16-18° | 18-20° | 20° |
|---------------------------|-----------|--------------------------------|-----------|--------|--------|--------|--------|-----|
| | | | effectifs | 18 | 82 | 185 | 55 | 10 |
| Ptelaea trifoliata | 7 | 0.05495 | | | | -- | +++ | |
| Oxybaphus sp. | 17 | 0.04979 | | | | . | +++ | |
| Pinus nelsonii | 6 | 0.04689 | | | | . | +++ | |
| Sophora secundiflora | 43 | 0.04609 | | | -- | . | ++ | |
| Euphorbia antisyphilitica | 16 | 0.04444 | | | | - | +++ | |
| Bouteloua curtipendula | 62 | 0.04381 | | | - | . | +++ | |
| Quercus canbyi | 12 | 0.04183 | | | | . | +++ | |
| Acacia berlandieri | 7 | 0.03764 | | | | . | +++ | |
| Chrysactinia mexicana | 38 | 0.03713 | | | - | . | + | |
| Oenothera sp. | 7 | 0.03418 | | | | -- | ++ | |
| Boraginacées | 8 | 0.03350 | | | | | +++ | |
| Karwinskia humboldtiana | 9 | 0.03101 | | | | | ++ | |
| Brahea sp. | 4 | 0.03099 | | | | | ++ | |
| Clematis pitcheri | 4 | 0.03099 | | | | | ++ | |
| Hibiscus sp. | 4 | 0.03099 | | | | | ++ | |
| Acalypha sp. | 22 | 0.02979 | | | | . | ++ | |
| Croton sp. | 23 | 0.02969 | | | | . | ++ | |
| Zizyphus sp. | 4 | 0.02870 | | | | | + | |
| Bouvardia ternifolia | 62 | 0.02832 | | | . | - | ++ | |
| Verbena sp. | 22 | 0.02689 | | | | . | ++ | |
| Prosopis juliflora | 8 | 0.02684 | | | | - | ++ | |
| Koerberlinia spinosa | 5 | 0.02666 | | | | - | ++ | |
| Rhus virens | 54 | 0.02340 | | | . | . | = | |
| Bernardia myricifolia | 3 | 0.02314 | | | | | ++ | |
| Dasyllirion longissimum | 3 | 0.02314 | | | | | ++ | |
| Eupatorium espinosarum | 3 | 0.02314 | | | | | ++ | |
| Juglans microcarpa | 3 | 0.02314 | | | | | ++ | |
| Mimosa leucaenoides | 3 | 0.02314 | | | | | ++ | |
| Calliandra sp. | 10 | 0.08905 | | | | --- | | +++ |
| Forestiera angustifolia | 4 | 0.02391 | | | | | | ++ |
| Verbena elegans | 8 | 0.03003 | | | | -- | | |
| Agave lecheguilla | 39 | 0.02863 | | | - | | . | |
| Pinus pseudostrabus | 6 | 0.02405 | | | | - | | |
| Eysenhardtia polystachya | 12 | 0.02380 | | | | . | . | |

+++ Espèce significativement sensible de façon positive au seuil de 1°/°
 ++ " " " " " " " " " 1 %
 + " " " " " " " " " 5 %
 --- Espèce significativement sensible de façon négative au seuil de 1°/°
 -- " " " " " " " " " 1 %
 - " " " " " " " " " 5 %
 . Espèce non significativement sensible
 Le nombre des relevés est insuffisant pour conclure.

las regiones 5 (al norte del 28° N) y 6 (entre el 26 y 28° N). Esta planta es indiferente a las regiones 7 (entre el 25 y el 26° N) y 9 (22-24° N). El muestreo fue insuficiente en las otras regiones.

Juniperus deppeana ofrece una sensibilidad negativa para la región 6 (26-28° N), en el Este de la dicción; por el contrario, es sensible de manera ligeramente positiva a las regiones 1 y 3 de la Sierra Madre Occidental e indiferente a todas las otras regiones.

Arctostaphylos pungens presenta sensibilidad positiva a las regiones 2 y 3 de la Sierra Madre Occidental, sensibilidad negativa a las regiones 5, 6 y 8 de la Sierra Madre Oriental. Es indiferente a las regiones 1, 4 (Sierra Madre Occidental) y 7 (Sierra Madre Oriental). El muestreo de la región fue insuficiente para concluir sobre la sensibilidad de la especie considerada para aquella.

Finalmente, *Bouteloua curtipendula* presenta sensibilidad negativa para las regiones 1, 2 y 3 de la Sierra Madre Occidental; el muestreo de la región 4 es insuficiente para concluir. *Bouteloua curtipendula* tiene sensibilidad positiva para las regiones 5 y 8 de la Sierra

Madre Oriental y es indiferente a las regiones 6, 7 y 9 de la Sierra Madre Oriental.

En conclusión, mientras que el área extensiva de *Pinus cembroides*, *Juniperus deppeana* y *Arctostaphylos pungens* cubre gran parte de las Sierras Madre Oriental y Occidental, su área preferencial actual corresponde a la Sierra Madre Occidental (particularmente en las regiones 1 y 3). Los resultados anteriores son interesantes y deben profundizarse ulteriormente.

Lo opuesto ocurre con respecto al centro del área de *Bouteloua curtipendula* el cual se sitúa en la Sierra Madre Oriental (regiones 5 y 8).

II.3.2.2. Especies indicadoras de la temperatura media anual

Al interior del conjunto de las 351 muestras, se distinguen los siguientes grupos (cuadro 19):

Especies indicadoras de una temperatura media anual (T) comprendida entre 12 y 16°

| | | |
|----|---------------------------------|-------------------------------|
| C: | <i>Juniperus deppeana</i> | <i>Quercus hypoleucooides</i> |
| | <i>Thalictrum</i> sp. | <i>Pinus engelmannii</i> |
| | <i>Pinus chihuahuana</i> | <i>Commelina dianthifolia</i> |
| | <i>Stevia serrata</i> | <i>Gibasis linearis</i> |
| | <i>Arctostaphylos pungens</i> . | |

Especies indicadoras de $14 \leq T < 16^\circ \text{C}$:

| | |
|-------------------------------|--------------------------------|
| <i>Quercus grisea</i> | <i>Eriogonum undulatum</i> |
| <i>Quercus emoryi</i> | <i>Calliandra humilis</i> |
| <i>Cologania angustifolia</i> | <i>Quercus chihuahuensis</i> . |

Especies indicadoras de $16 \leq T < 18^\circ \text{C}$:

| | |
|-----------------------------|-------------------------|
| <i>Yucca carnerosana</i> | <i>Quercus potosina</i> |
| <i>Juniperus monosperma</i> | <i>Nolina</i> sp. |
| <i>Dasyilirion</i> sp. | <i>Aristida pansa</i> . |

Especies indicadoras de $18 \leq T < 20^\circ \text{C}$:

| | |
|----------------------------------|----------------------------------|
| <i>Berberis trifoliata</i> | <i>Acacia berlandieri</i> |
| <i>Pinus nelsonii</i> | <i>Chrysactinia mexicana</i> |
| <i>Sophora secundiflora</i> | <i>Karwinskia humboldtiana</i> |
| <i>Euphorbia antisyphilitica</i> | <i>Clematis pitcheri</i> |
| <i>Bouteloua curtipendula</i> | <i>Prosopis juliflora</i> |
| <i>Quercus canbyi</i> | <i>Rhus virens</i> |
| <i>Larrea tridentata</i> | <i>Leucophyllum laevigatum</i> , |

estas dos ultimas especies son positivamente sensibles a $T \geq 20^\circ \text{C}$.

Los dos primeros grupos pertenecen a las plantas indicadoras de la Sierra Madre Occidental.

Cuadro 20. Perfiles ecológicos indicados de las cien primeras especies clasificadas con signo, para la variable precipitación media anual (número total de muestras: 351)

| E S P E C I E S | Information mutuelle en bins | classes ^x | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|--------------------------|------------------------------|----------------------|-----------|-----|-----|-----|-----|----|----|
| | | | effectifs | 19 | 100 | 152 | 41 | 30 | 2 |
| Calliandra sp. | 10 | 0.06903 | +++ | . | -- | | | | |
| Plantago sp. | 4 | 0.03251 | + | | | | | | |
| Nolina sp. | 63 | 0.02795 | + | . | . | . | . | | |
| Quercus sp. | 96 | 0.02794 | + | -- | . | . | . | | |
| Juniperus deppeana | 86 | 0.14011 | -- | + | --- | +++ | +++ | | |
| Lycurus phleoides | 35 | 0.04639 | | + | -- | + | . | | |
| Bidens sp. | 16 | 0.06548 | | +++ | --- | | | | |
| Desmodium sp. | 28 | 0.06523 | | +++ | --- | | . | | |
| Commelina dianthifolia | 19 | 0.06068 | | +++ | --- | | | | |
| Vicia sp. | 16 | 0.05712 | | +++ | - | | | | |
| Stevia serrata | 34 | 0.05317 | | +++ | --- | . | . | | |
| Quercus hypoleucoides | 30 | 0.04833 | | ++ | --- | . | . | | |
| Panicum bulbosum | 10 | 0.04309 | | +++ | -- | | | | |
| Bouteloua curtipendula | 62 | 0.04144 | | + | . | . | -- | | |
| Quercus grisea | 38 | 0.04027 | | ++ | -- | . | . | | |
| Tradescantia crassifolia | 7 | 0.03450 | | + | - | | | | |
| Pinus engelmannii | 15 | 0.03228 | | ++ | -- | | | | |
| Ombellifères | 9 | 0.03271 | | +++ | | | | | |
| Verbena elegans | 8 | 0.03243 | | + | - | | | | |
| Piptochaetium fimbriatum | 21 | 0.03192 | | + | -- | | | | |
| Piptochaetium sp. | 22 | 0.03163 | | +++ | . | | | | |
| Aristida hirtiflorus | 6 | 0.03151 | | +++ | | | | | |
| Rhus trilobata | 48 | 0.03069 | | ++ | . | . | | | |
| Bromus sp. | 16 | 0.02979 | | ++ | . | | | | |
| Gochmatia hypoleuca | 14 | 0.02744 | | + | . | | | | |
| Lindleyella mespiloides | 19 | 0.02714 | | + | . | | | | |
| Ranunculus sp. | 5 | 0.02695 | | + | | | | | |
| Gymnosperma glutinosum | 50 | 0.03384 | | . | + | . | | + | |
| Yucca carnerosana | 86 | 0.06882 | | --- | +++ | . | | | |
| Juniperus monosperma | 49 | 0.05443 | | . | +++ | - | - | | |
| Dasylyrion sp. | 71 | 0.05296 | | . | ++ | -- | - | | |
| Quercus potosina. | 17 | 0.03812 | | . | +++ | | | | |
| Bouteloua sp. | 37 | 0.03231 | | . | ++ | . | | | |
| Dasylyrion parryanum | 8 | 0.02802 | | . | ++ | | | | |
| Salvia sp. | 63 | 0.04523 | | . | - | + | + | | + |
| Ipomoea capillacea | 27 | 0.12320 | | --- | -- | +++ | ++ | | |
| Cyperus sp.2 | 23 | 0.10403 | | --- | - | +++ | +++ | | |
| Helianthemum glomeratum | 22 | 0.09210 | | --- | . | + | +++ | | |
| Gibasis linearis | 19 | 0.08218 | | --- | . | + | +++ | | |
| Cyperus sp. | 67 | 0.07045 | | . | --- | + | ++ | | |
| Notholaena aurea | 21 | 0.06244 | | . | - | +++ | + | | |
| Pinus chihuahuana | 32 | 0.06129 | | . | --- | ++ | + | | |
| Cyperus sp.3 | 13 | 0.05906 | | . | - | ++ | ++ | | |
| Hypoxis sp. | 13 | 0.04935 | | . | - | ++ | + | | |
| Composées | 53 | 0.04611 | | . | --- | ++ | + | | |
| Cheilanthes sp. | 16 | 0.04071 | | . | - | + | + | | |
| Cologania angustifolia | 18 | 0.03921 | | . | - | + | + | | |
| Mimosa biuncifera | 25 | 0.03752 | | . | - | ++ | + | | |
| Pinus pseudostrobus | 6 | 0.06104 | | . | - | + | | | ++ |
| Panicum sp. | 12 | 0.05422 | | . | - | +++ | | | |
| Bouvardia ternifolia | 62 | 0.05201 | | . | - | +++ | . | | |
| Papilionacées | 25 | 0.04888 | | --- | . | +++ | . | | |
| Polygala sp. | 27 | 0.04720 | | . | . | +++ | . | | |
| Calochortus barbatus | 13 | 0.04581 | | . | - | ++ | . | | |
| Ipomoea stans | 13 | 0.04529 | | - | . | +++ | . | | |
| Thalictrum sp. | 36 | 0.04479 | | . | --- | ++ | . | | |
| Commelina sp. | 19 | 0.04443 | | . | . | ++ | . | | |
| Dalea sp. | 78 | 0.04369 | | . | . | +++ | . | | |
| Malvacées | 8 | 0.02938 | | . | - | + | . | | |
| Bulbostylis capillaris | 4 | 0.02778 | | . | - | + | . | | |
| Acacia schaffneri | 3 | 0.02689 | | . | - | ++ | . | | |
| Peperomia campylotropa | 3 | 0.02689 | | . | - | ++ | . | | |
| Quercus graciliformis | 3 | 0.02689 | | . | - | ++ | . | | |
| Arctostaphylos pungens | 50 | 0.06867 | | . | . | . | +++ | | |
| Microchloa kunthii | 14 | 0.05412 | | . | - | . | +++ | | |
| Tradescantia sp. | 13 | 0.04507 | | . | - | . | +++ | | |

| E S P E C E S | Information mutuelle en binons | classes ^x | | | | | | | |
|-----------------------|--------------------------------|----------------------|---|---|---|---|-----|----|----|
| | | effectifs | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Evolvulus sp. | 12 0.04494 | | | - | | . | ++ | | |
| Anthericum sp. | 6 0.04353 | | | | | | ++ | | |
| Pinus nelsonii | 6 0.04353 | | | | | | ++ | | |
| Euphorbia sp.2 | 4 0.04149 | | | | | | +++ | | |
| Donnelsmithia sp. | 5 0.04003 | | | | | | +++ | | |
| Commelinacées | 23 0.03779 | | | . | - | | +++ | | |
| Quercus chihuahuensis | 17 0.03569 | | | | . | | +++ | | |
| Cologania sp.2 | 5 0.03484 | | | | | | + | | |
| Rhus pachyrrhachis | 11 0.02918 | | | | | | ++ | | |
| Gomphrena decumbens | 8 0.02840 | | | | | | + | | |
| Dodonaea viscosa | 14 0.03567 | | | | | | | ++ | |
| Santivalia ocymoides | 3 0.03245 | | | | | | | + | |
| Cordia boissieri | 3 0.03118 | | | | | | | + | |
| Habenaria sp. | 3 0.02796 | | | | | | | + | |
| Quercus affinis | 7 0.08014 | | | | | | | | ++ |
| Cercis sp. | 7 0.05608 | | | | - | | | | + |
| Pinus teocote | 10 0.05046 | | | | | | | | ++ |
| Eupatorium sp. | 20 0.04194 | | | | . | . | . | | ++ |
| Quercus sideroxyla | 5 0.03518 | | | | | | | | ++ |
| Juglans sp. | 3 0.03446 | | | | | | | | ++ |
| Quercus obtusata | 3 0.03446 | | | | | | | | ++ |
| Quercus rugosa | 13 0.03388 | | | . | - | | | | + |
| Ageratum corymbosum | 12 0.03233 | | | | . | | | | + |
| Pteris aquilinum | 3 0.03077 | | | | | | | | ++ |
| Polypodium plebeyum | 5 0.03069 | | | | | | | | ++ |
| Loeselia coerulea | 3 0.02904 | | | | | | | | ++ |
| Juniperus flaccida | 28 0.02834 | | | | . | . | | | + |
| Ceanothus oceruleus | 12 0.03228 | | | - | | . | | | |
| Pinus cembroides | 257 0.03009 | | | . | . | . | . | | . |
| Asclepias sp. | 16 0.02897 | | | . | - | | | | |
| Dyssodia sp. | 5 0.02828 | | | | | | | | |
| Pinus arizonica | 34 0.02756 | | | . | . | | | | |
| Bacopa procumbens | 4 0.02686 | | | | | | | | |
| Brahea sp. | 4 0.02686 | | | | | | | | |

+++ Espèce significativement sensible de façon positive au seuil de 1°/°°
 ++ " " " " " " " " " " 1 %
 + " " " " " " " " " " 5 %
 --- Espèce significativement sensible de façon négative au seuil de 1°/°°
 -- " " " " " " " " " " 1 %
 - " " " " " " " " " " 5 %
 . Espèce non significativement sensible

Le nombre des relevés est insuffisant pour conclure.

x Signification des classes

- 1 = 200 - 300 mm
- 2 = 300 - 400 mm
- 3 = 400 - 500 mm
- 4 = 500 - 600 mm
- 5 = 600 - 700 mm
- 6 = 700 - 800 mm
- 7 = 800 - 900 mm

II. 3. 2. 3. *Especies indicadoras de las precipitaciones medias anuales (P)*

Al interior del conjunto de las 351 muestras se pueden individualizar los seis grupos siguientes (cuadro 20):

Especies indicadoras de $200 \leq P < 300$ milímetros:

Nolina sp.

Especies indicadoras de $300 \leq P < 400$ milímetros:

Commelina dianthifolia

Pinus engelmannii

Stevia serrata

Piptochaetium fimbriatum

Bouteloua curtipendula

Rhus trilobata

Quercus grisea.

Especies indicadoras de $400 \leq P < 500$ milímetros:

Yucca carnerosa

Bouvardia ternifolia

Dasyilirion sp.

Ipomoea stans.

Especies indicadoras de $500 \leq P < 600$ milímetros:

Ipomoea capillacea

Pinus chihuahuana

Cyperus sp. 2

Cyperus sp. 3

Helianthemum glomeratum

Cologania angustifolia

Notholaena aurea.

\leq Especies indicadores de $600 \leq P < 700$ milímetros:

Arctostaphylos pungens

Quercus chihuahuensis

Microchloa kunthii

Rhus pachyrrhachis

Pinus nelsonii.

Especies indicadoras de $800 \leq P < 900$ milímetros:

Quercus affinis

Quercus sideroxyla

Pinus teocote

Quercus obtusata.

Pinus pseudostrobus es positivamente sensible a $P = 400$ milímetros y $P = 900$ milímetros.

Pinus cembroides es indiferente a las precipitaciones medias comprendidas entre 300 y 700 milímetros por una parte, y entre 800 y 900 por otra. En las otras dos clases el muestreo es insuficiente. El promedio de las precipitaciones anuales representa, para esta especie, una variable inactiva.

Los resultados precedentes se confirman por el análisis del cuadro de los perfiles corregidos indicados, establecidos al interior de las 185 muestras.

TABLEAU 21 - Profils écologiques indicés des cinquante premières espèces classées sur signe pour la variable : pH du sol (nombre total de relevés = 185)

| E S P E C E S | fréquence | Information mutuelle en binons | classes | 4 | 4,5 | 5 | 5,5 | 6 | 6,5 | 7 | 7,5 | 8 |
|-------------------------|-----------|--------------------------------|-----------|---|-----|----|-----|----|-----|----|-----|----|
| | | | effectifs | 9 | 6 | 32 | 11 | 16 | 3 | 12 | 7 | 7 |
| Cyperus sp.3 | 11 | 0.17120 | | | +++ | | | . | | | | |
| Cyperus sp. 2 | 19 | 0.15478 | | | + | | | . | | | | |
| Gibasis linearis | 13 | 0.15255 | | | ++ | | | . | | | | |
| Helianthemum glomeratum | 15 | 0.13170 | | | ++ | . | | | | | | |
| Cologania sp. | 11 | 0.12480 | | | + | | | | | | | |
| Euphorbia sp.2 | 4 | 0.09899 | | | + | | | | | | | |
| Pinus chihuahuana | 22 | 0.15472 | | | . | . | + | | | | | |
| Caryophyllacées | 8 | 0.10370 | | | | | ++ | | | | | |
| Croton sp. | 6 | 0.18673 | | | | | | + | | ++ | | |
| Seymeria scabra | 5 | 0.13749 | | | | | | + | | | | |
| Quercus emoryi | 10 | 0.10474 | | | | | | + | | | | |
| Chrysactinia mexicana | 18 | 0.22293 | | | | | | | | | +++ | |
| Nolina sp. | 22 | 0.16924 | | | | . | | | | | +++ | . |
| Dysodia setifolia | 10 | 0.16752 | | | | - | | | | | ++ | |
| Dasyllirion sp. | 16 | 0.16467 | | | | | | | | | + | . |
| Verbena sp. | 9 | 0.14730 | | | | | | | | | +++ | |
| Bouteloua curtipendula | 22 | 0.13243 | | | | . | | | | | ++ | . |
| Erigeron sp. | 15 | 0.12080 | | | | . | | | | | ++ | |
| Mimosa zygophylla | 4 | 0.10220 | | | | | | | | | ++ | |
| Pinus pinceana | 4 | 0.10220 | | | | | | | | | + | |
| Salvia ballotiflora | 6 | 0.09666 | | | | | | | | | + | |
| Viguiera sp. | 6 | 0.09666 | | | | | | | | | + | |
| Bouvardia ternifolia | 32 | 0.19357 | | | | . | - | | | | . | ++ |
| Parthenium incanum | 7 | 0.15866 | | | | | | 7 | | | +++ | . |
| Gibasis karwinskiana | 4 | 0.10253 | | | | | | | | | + | . |
| Yucca sp. | 17 | 0.18524 | | | | | | | | | . | |
| Quercus grisea | 26 | 0.17706 | | | | . | . | . | | | - | |
| Lindleyella mexicana | 12 | 0.15636 | | | | | | | | | . | |
| Cyperus sp. | 43 | 0.15380 | | | | . | . | . | | | . | - |
| Quercus hypoleucoides | 19 | 0.15069 | | | | . | . | . | | | . | |
| Stevia serrata | 25 | 0.14925 | | | | . | . | . | | | . | |
| Hedyotis sp. | 7 | 0.11705 | | | | | | | | | . | |
| Castilleja sp. | 11 | 0.11658 | | | | | | | | | . | |
| Commelina dianthifolia | 16 | 0.11653 | | | | . | . | . | | | . | |
| Microchloa kunthii | 12 | 0.11399 | | | | . | . | . | | | . | |
| Polygala sp. | 17 | 0.11380 | | | | . | . | . | | | . | |
| Bromus sp. | 10 | 0.11290 | | | | . | . | . | | | . | |
| Quercus sp. | 27 | 0.11163 | | | | . | . | . | | | . | |
| Graminées | 40 | 0.11087 | | | | . | . | . | | | . | |
| Acacia sp. | 9 | 0.10986 | | | | . | . | . | | | . | |
| Muhlenbergia sp. | 11 | 0.10857 | | | | . | . | . | | | . | |
| Rhus virens | 11 | 0.10481 | | | | . | . | . | | | . | |
| Lycurus phleoides | 23 | 0.10442 | | | | . | . | . | | | . | |
| Milla biflora | 8 | 0.10426 | | | | . | . | . | | | . | |
| Arctostaphylos pungens | 24 | 0.10288 | | | | . | . | . | | | . | |
| Bouteloua gracilis | 32 | 0.10057 | | | | . | . | . | | | . | . |
| Salvia sp. | 33 | 0.10029 | | | | . | . | . | | | . | |
| Pinus cembroides | 77 | 0.09991 | | | | . | . | . | | | . | . |
| Polygala alba | 11 | 0.09926 | | | | . | . | . | | | . | . |
| Commelina sp. | 13 | 0.09892 | | | | . | . | . | | | . | . |

+++ Espèce significativement sensible de façon positive au seuil de 1°/°°
 ++ " " " " " " " " " " " " " " 1 %
 + " " " " " " " " " " " " " " 5 %
 --- Espèce significativement sensible de façon négative au seuil de 1°/°°
 -- " " " " " " " " " " " " " " 1 %
 - " " " " " " " " " " " " " " 5 %
 . Espèce non significativement sensible

Le nombre des relevés est insuffisant pour conclure.

II. 3. 2. 4. *Especies indicadoras del clima definido, según la fórmula de Koeppen*

Estas especies se reparten con base en el tipo de clima definido según la fórmula de Koeppen:

Especies indicadoras del clima BSohwm:

| | |
|---------------------------------|-------------------------------|
| <i>Salvia regla</i> | <i>Bouteloua curtipendula</i> |
| <i>Tradescantia crassifolia</i> | <i>Lotus oroboides</i> |
| <i>Artemisia ludoviciana.</i> | |

Especies indicadoras del clima BSohw':

| | |
|----------------------------|-----------------------------|
| <i>Fraxinus greggii</i> | <i>Quercus canbyi</i> |
| <i>Garrya ovata</i> | <i>Lesquerella purpurea</i> |
| <i>Berberis trifoliata</i> | <i>Quercus cordifolia.</i> |

Especies indicadoras del clima BSok:

| | |
|-----------------------|------------------------------|
| <i>Quercus grisea</i> | <i>Quercus hypoleucoides</i> |
| <i>Stevia serrata</i> | <i>Pinus engelmannii.</i> |

Especie indicadora del clima BSh:

Pinus nelsonii.

Especies indicadoras del clima BSkw (w):

| | |
|-----------------------------|-----------------------------|
| <i>Notholaena aurea</i> | <i>Asclepias linaria</i> |
| <i>Dichondra argentea</i> | <i>Calochortus barbatus</i> |
| <i>Dyschoriste linearis</i> | <i>Quercus eduardi</i> |
| <i>Ipomoea stans.</i> | |

Especie indicadora del clima BSkw:

Arbutus xalapensis.

Especies indicadoras del clima C(wl) a:

| | |
|------------------------|----------------------------|
| <i>Quercus affinis</i> | <i>Pinus pseudostrobus</i> |
| <i>Pinus teocote.</i> | |

Especies indicadoras del clima C(wl) s:

| | |
|-------------------------------|--------------------------|
| <i>Arctostaphylos pungens</i> | <i>Gibasis linearis.</i> |
|-------------------------------|--------------------------|

Especies indicadoras simultáneas de los climas BSkw(w) y C(wl)s:

| | |
|-------------------------------|---------------------------|
| <i>Heliathemum glomeratum</i> | <i>Cyperus sp 3</i> |
| <i>Ipomoea capillacea</i> | <i>Microchloa kunthii</i> |
| <i>Pinus chihuahuana.</i> | |

Con excepción de *Microchloa kunthii*, las plantas de este grupo son características de un clima donde el promedio de las precipitaciones anuales fluctúan entre 400 y 600 milímetros.

Pinus cembroides se muestra sensible negativamente a los climas de tipo BWhwm y C(wl) a. Además es indiferente a los climas BSo, BS y C(wo).

Arctostaphylos pungens, es una planta sensible positivamente al clima de tipo C(wl)s y negativamente sensible al clima de tipo BSohw. Paralelamente, también es sensible de manera a las precipitaciones medias anuales P comprendidas entre 600 y 700 milímetros e indiferente a otros valores de P.

II. 3. 2. 5. *Especies indicadoras del pH del suelo (cuadro 21).*

Las especies indicadoras del pH del suelo se reparten en los siguientes cinco grupos:

Especies indicadoras de pH = 4.5:

Cyperus sp. 2

Gibasis linearis

Cyperus sp. 3

Helianthemum glomeratum

Especie indicadora de pH = 5.5:

Pinus chihuahuana

Especies indicadoras de pH = 6.5:

Seymeria scabra

Quercus emoryi

Especies indicadoras de pH=7:

Chrysactinia mexicana

Bouteloua curtipendula

Nolina sp.

Mimosa zygophylla

Dyssodia setifolia

Pinus pinceana

Dasyilirion sp.

Salvia ballotiflora

Especies indicadoras de pH = 7.5:

Bouvardia ternifolia

Parthenium incanum

Para hacer una clasificación de mayor posición, se requiere un muestreo complementario. Es de señalarse la diferente sensibilidad de dos gramíneas emparentadas: *Bouteloua curtipendula* y *Bouteloua gracilis*. La primera se comporto como positivamente sensible al pH = 7, e indiferente al pH = 5 y 8. Por el contrario, *Bouteloua gracilis* es indiferente a estas clases de pH, así como a las otras (cuadro 21).

II. 3. 2. 6. *Especies indicadoras de la altitud*

Bouteloua curtipendula es una planta de sensibilidad positiva a las clases de altitud comprendidas entre 1 200 y 2 000 metros, negativamente sensible a la clase de altitud de 2 500 metros y a las alturas superiores no se le encontró respuesta.

Pinus cembroides se muestra insensible a las clases de 1 250 y 1 500 metros indiferente a las clases 2 000 y 2 500 metros positivamente sensible a la clase de 2 250 metros.

Stevia serrata y *Quercus grisea* (especies de la Sierra Madre Occidental) son indicadoras de la clase de altitud 2,250 metros.

Arctostaphylos pungens, *Pinus chihuahuana* y *Quercus chihuahuensis* son indiferentes a la clase 2 250 metros, pero positivamente sensibles a la clase 2 500 metros.

Arbustus xalapensis, aunque indiferente a las clases de altitud de 1 700 a 2 500 metros es positivamente sensible a las clases 2 750 y 2 850 metros.

II. 3. 2. 7. *Especies indicadoras de la topografía*

Pinus cembroides se manifiesta como una especie insensible a terrenos planos, por contrario, este árbol es indiferente a otras clases (cima redondeada, alto de vertiente, media vertiente, bajo de vertiente).

Nolina sp. reacciona de la misma manera que *Pinus cembroides* ante la topografía.

En tanto que *Pinus chihuahuana*, presenta una sensibilidad positiva para terreno plano lo cual se confirma por su sensibilidad positiva a terrenos de pendiente nula.

II. 3. 2. 8. Especies indicadoras de la primera especie dominante

Sólo se mencionarán las especies indicadoras de las formaciones de *Pinus cembroides* dominantes, de pinos piñoneros (diferentes de *Pinus cembroides*) dominantes, de *Quercus* pl. sp. dominante y de coníferas, diferentes de los pinos piñoneros dominantes. Las otras especies dominantes que fueron agrupadas (cf.II.1. 2.1.) son de difícil interpretación.

Cuatro grupos de especies se distinguen:

1. Especies indicadoras de las formaciones de *Pinus cembroides*:

| | |
|-------------------------------|---------------------------|
| <i>Opuntia</i> sp. | <i>Quercus emoryi</i> |
| <i>Yucca carnerosana</i> | <i>Notholaena aurea</i> |
| <i>Dichondra argentea</i> | <i>Bouteloua gracilis</i> |
| <i>Bouvardia ternifolia</i> . | |

2. Especies indicadoras de las formaciones de pinos piñoneros diferentes de *Pinus cembroides*:

| | |
|----------------------------------|--------------------------------|
| <i>Euphorbia antisiphilitica</i> | <i>Dasyllirion longissimum</i> |
| <i>Agave lecheguilla</i> | <i>Ptelea trifoliata</i> |
| <i>Brahea</i> sp. | <i>Mimosa zygophylla</i> |
| <i>Krameria cytisoides</i> | <i>Karwinskia humboldtiana</i> |
| <i>Gochnatia hypoleuca</i> | <i>Agave atrovirens</i> |
| <i>Fouquieria splendens</i> . | |

3. Especie indicadora de *Quercus* pl. sp. dominante:

Garrya ovata.

4. Especies indicadoras de las coníferas diferentes de los pinos piñoneros:

| | |
|---------------------------|---------------------------|
| <i>Geranium</i> sp. | <i>Quercus sideroxyla</i> |
| <i>Arbutus xalapensis</i> | <i>Philadelphus</i> sp. |
| <i>Lupinus</i> sp. | <i>Ceanothus ferox</i> |

A estas plantas indicadoras agregaremos las plantas comunes a dos o más de las formaciones citadas. Por ejemplo: *Opuntia* sp., *Yucca carnerosana*, *Dichondra argentea*, *Bouvardia ternifolia*, sensibles positivamente a *Pinus cembroides*, son indiferentes a *Quercus* pl. sp. Por el contrario, *Garrya ovata* se comporta como especie positivamente sensible a *Quercus* pl. sp., pero indiferente a *Pinus cembroides*.

Geranium sp. positivamente sensible a las coníferas, es indiferente a *Pinus cembroides* y *Quercus* pl. sp.

En tanto que *Arctostaphylos pungens* es indiferente a *Pinus cembroides*, *Quercus* pl. sp. y a las otras coníferas.

Estos resultados confirman las observaciones de campo: ninguna especie distingue las formaciones de *Pinus cembroides* como dominante de las de *Quercus* pl. sp. como dominante.

Estas dos formaciones están muy emparentadas y ocupan medios idénticos.

Debe recordarse que los grupos de especies indicadoras, establecidos para las variables

más activas, son probables al interior del área de estudio y dependen del muestreo.

La Figura 13 muestra el papel preponderante de la variable región, situación que ya había sido percibida en el análisis factorial. Esta constatación conduce al análisis de los perfiles ecológicos al interior de las dos Sierras.

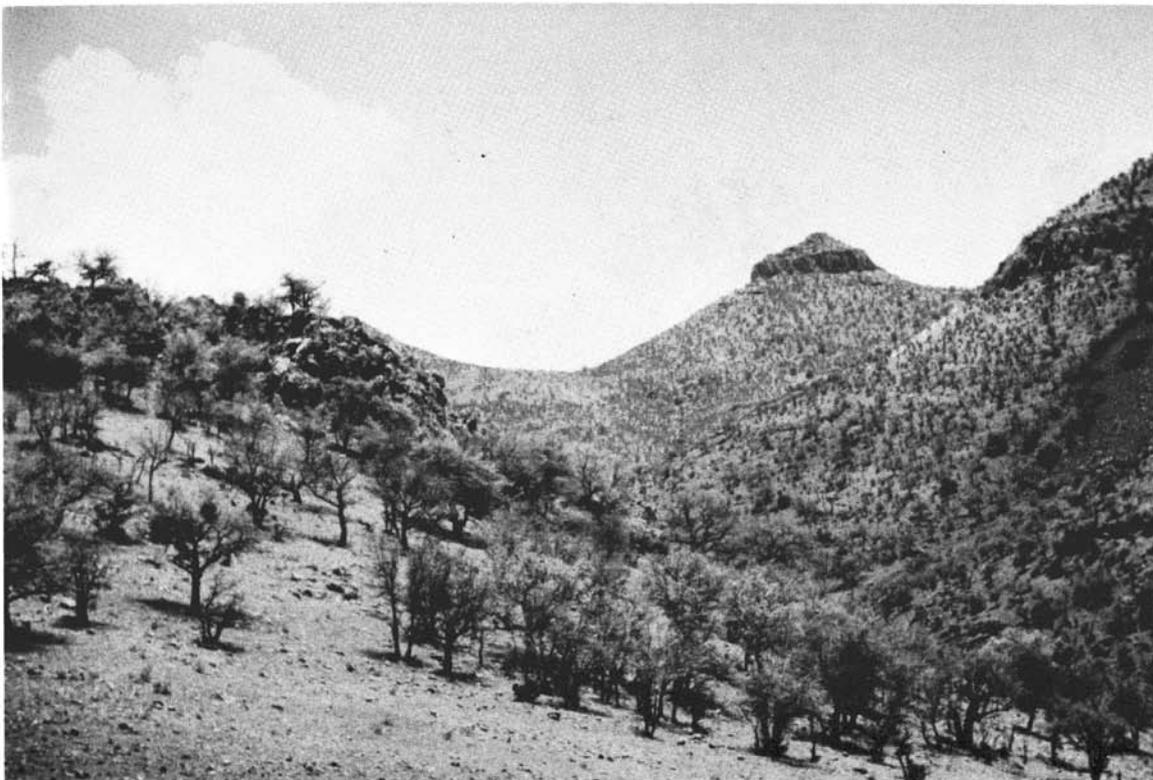
II. 3. 3. Sierra Madre Occidental

II. 3. 3. 1. Especies indicadoras de la región geográfica

La franja oriental de la Sierra Madre Occidental, donde se efectúan las observaciones, se dividió en cuatro regiones: (1) al norte del 28° N; (2) ubicada del 26 al 28° N; (3) del 24 al 26° N; (4) del 22 al 24° N.

Algunas plantas son indicadoras de una región. El análisis profundo del cuadro 18 muestra que las especies estrictamente limitadas a una región son raras. Por ello, determinadas especies se comportan de esta manera en el cuadro 18, el hecho se debe a que el muestreo es insuficiente (*Calliandra humilis*, por ejemplo, es sensible positivamente a la región 1; pero su respuesta a las otras regiones no se conoce).

De los grupos de especies indicadoras mencionados en el párrafo precedente, se presentarán aquí de manera secuencial (cuadro 22), estas son las especies superpuestas en “escamas” (Godron, 1967; Daget et al., 1970).



Formación leñosa baja de *Quercus emoryi* y *Quercus grisea*. 1 900 m de altitud. Carretera entre Buenaventura y Ignacio Zaragoza (Chihuahua)

| ESPECES | REGIONS | | | |
|--------------------------------|---------|-----|-----|-----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 |
| <u>Quercus grisea</u> | +++ | + | | |
| <u>Quercus hypoleucoides</u> | +++ | + | | |
| <u>Rhus trilobata</u> | +++ | + | | |
| <u>Pinus engelmannii</u> | +++ | ++ | | |
| <u>Gibasis linearis</u> | + | +++ | + | |
| <u>Quercus emoryi</u> | + | + | + | |
| <u>Microkloa kunthii</u> | | + | + | |
| <u>Bouvardia ternifolia</u> | | | +++ | |
| <u>Ipomoea stans</u> | | | +++ | |
| <u>Cyperus sp.2</u> | | + | ++ | +++ |
| <u>Notholaena aurea</u> | | + | +++ | +++ |
| <u>Ipomoea capillacea</u> | | + | +++ | +++ |
| <u>Helianthemum glomeratum</u> | | + | + | + |
| <u>Dichondra argentea</u> | | + | + | + |
| <u>Mimosa biuncifera</u> | | | ++ | + |
| <u>Dyschoriste linearis</u> | | | ++ | + |
| <u>Calochortus barbatus</u> | | | + | +++ |
| <u>Quercus eduardi</u> | | | | +++ |
| <u>Acacia schaffneri</u> | | | | ++ |

+++ espèce très liée à la région

++ espèce liée à la région

+ espèce faiblement liée à la région

CUADRO 22: Perfiles ecologicos de algunas especies para la variable región

11. 3. 3. 2. Especies indicadoras de *Pinus cembroides*

Entre las especies indicadoras de *Pinus cembroides* se distingue un grupo de tres que si bien no indican con toda seguridad la presencia de la especie mencionada en muchas ocasiones viven en un medio adecuado para esta, ellas son:

Bouteloua gracilis

Dichondra argentea

Garrya ovata.

II. 3. 4. Sierra Madre Oriental

II. 3. 4. 1. Especies indicadoras de las regiones geográficas

El muestreo no permite evidenciar grupos superpuestos en escamas, pudiendo sólo proponerse especies indicadoras de cada región, las cuales deberán ser verificadas ulteriormente.

En el este de la dicción las que se distinguieron cinco regiones se numeraron del 5 al 9.

Especies indicadoras de la región 5 (al norte del 28°N):

| | |
|---------------------------------|---------------------------------|
| <i>Linum</i> sp. | <i>Artemisia ludoviciana</i> |
| <i>Panicum bulbosum</i> | <i>Lesquerella purpurea</i> |
| <i>Quercus hypoleucoides</i> | <i>Monarda citriodora</i> |
| <i>Tradescantia crassifolia</i> | <i>Muhlenbergia emersleyi</i> . |

Especie indicadora de la región 6 (del 26 al 28°N):

Quercus canbyi

Especies indicadoras de la región 7 (del 25 al 26°N):

| | |
|--------------------------------|-------------------------------|
| <i>Lindleyella mespiloides</i> | <i>Quercus pringlei</i> |
| <i>Dasyilirion</i> sp. | <i>Arctostaphylos pungens</i> |
| <i>Quercus hypoxantha</i> . | |

Especie indicadora de la región 8 (del 24 al 25°N) :

Yucca carnerosana

Especies indicadoras de la región 9 (del 22 al 24°N):

| | |
|-------------------------------|-----------------------------|
| <i>Gymnosperma glutinosum</i> | <i>Sophora secundiflora</i> |
| <i>Quercus affinis</i> . | |

II. 3. 4. 2. Especies indicadoras de *Pinus cembroides*

Para determinar las especies indicadoras de *Pinus cembroides* se utilizó el perfil ecológico indicado, establecido para la variable “diámetro de los troncos de *Pinus cembroides*”.

El siguiente grupo de especies indicadoras de *Pinus cembroides* se individualiza:

| | |
|---------------------------------|-------------------------------|
| <i>Yucca carnerosana</i> | <i>Monarda citriodora</i> |
| <i>Rhus virens</i> | <i>Chenopodium graveolens</i> |
| <i>Dyssodia setifolia</i> | <i>Chrysactinia mexicana</i> |
| <i>Bouteloua gracilis</i> | <i>Bouteloua curtipendula</i> |
| <i>Tradescantia crassifolia</i> | <i>Dichondra argentea</i> . |

Bouvardia ternifolia aparece como especie indiferente a *Pinus cembroides*, aun cuando aparecía como indicadora de las formaciones dominantes de esa planta en el conjunto de las 185 muestras.

Conclusiones

| | |
|-------------------------------|----------|
| <i>Cyperus</i> sp. 3 | pH = 4,5 |
| <i>Chrysactinia mexicana</i> | pH = 7 |
| <i>Nolina</i> sp. | pH = 7 |
| <i>Dyssodia setifolia</i> | pH = 7 |
| <i>Dasylyrion</i> sp. | pH = 7 |
| <i>Bouteloua curtipendula</i> | pH = 7 |
| <i>Bouvardia ternifolia</i> | pH = 7.5 |
| <i>Parthenium incanum</i> | pH = 7.5 |

El método de los perfiles ecológicos confirma el papel preponderante de dos variables estrechamente relacionadas entre sí: las regiones geográficas y las variables climáticas. Los grupos de especies indicadoras que se han puesto en evidencia, no se contraponen a los grupos cenológicos determinados anteriormente, aportando mayor información. Debe agregarse que los resultados de los dos métodos de tratamiento son solamente probables para las condiciones de estudio descritas en este texto.

El análisis factorial y el método de los perfiles ecológicos se complementan; ya que el primero proporciona una perspectiva global de los factores, las especies y las observaciones, mientras el segundo asocia cada especie a cada clase de variable, a condición de que el muestreo lo permita.

II. 4. CARTOGRAFÍA DE LAS ESPECIES

A partir de las 351 muestras se elaboraron las masas de repartición de las especies que se encontraron en las formaciones de *Pinus cembroides*, o en las formaciones leñosas vecinas. En su mayor parte, las plantas cartografiadas son leñosas.

La observación de las cartas permite repartir las especies en los cinco grupos que a continuación se indican:

1. Especies con distribución amplia en México.
2. Especies localizadas en la Sierra Madre Occidental y los macizos montañosos del sur del Altiplano Central.
3. Especies localizadas en la Sierra Madre Oriental.
4. Especies localizadas al norte de México.
5. Especies limitadas al sur del área de estudio.

II. 4. 1. Taxones de amplia distribución

Especies leñosas:

| | |
|-------------------------------|---------------------------|
| <i>Arbutus xalapensis</i> | <i>Juniperus deppeana</i> |
| <i>Arctostaphylos pungens</i> | <i>Juniperus flaccida</i> |
| <i>Bouvardia ternifolia</i> | <i>Mimosa biuncifera</i> |
| <i>Cercocarpus montanus</i> | <i>Quercus intricata</i> |
| <i>Garrya ovata</i> | <i>Salvia regla.</i> |

Especies herbáceas:

| | |
|---------------------------|---------------------------|
| <i>Dichondra argentea</i> | <i>Lycurus phleoides,</i> |
|---------------------------|---------------------------|

así como los géneros *Cyperus*, *Dalea* y *Oxalis*.

II. 4. 2. Especies localizadas en la Sierra Madre Occidental y en los macizos montañosos del Sur del Altiplano Central

Especies leñosas:

| | |
|---------------------------|------------------------------|
| <i>Ipomoea capillacea</i> | <i>Quercus chihuahuensis</i> |
| <i>Ipomoea stans</i> | |

Especies herbáceas:

| | |
|-------------------------|---------------------------------|
| <i>Gibasis linearis</i> | <i>Helianthemum glomeratum.</i> |
|-------------------------|---------------------------------|

II. 4. 3. Taxones localizadas en la Sierra Madre Oriental

Especies leñosas:

| | |
|---------------------------------|-----------------------------|
| <i>Berberis trifoliata</i> | <i>Pinus nelsonii</i> |
| <i>Cowania plicata</i> | <i>Pinus pinceana</i> |
| <i>Fraxinus greggii</i> | <i>Sophora secundiflora</i> |
| <i>Lindleyella mespiloides.</i> | |

Especies herbáceas:

| | |
|--------------------------------|------------------------------|
| <i>Chrysactinia mexicana</i> | <i>Notholaena parviflora</i> |
| <i>Dyssodia setifolia</i> | <i>Parthenium incanum</i> |
| <i>Gymnosperma glutinosum.</i> | |

Así como el género *Crotón*.

II. 4. 4. Especies localizadas al Norte de México

Especies leñosas:

| | |
|-------------------------------|------------------------|
| <i>Quercus hypoleucooides</i> | <i>Rhus trilobata.</i> |
|-------------------------------|------------------------|

Especies herbáceas:

| | |
|-----------------------------|----------------------------------|
| <i>Dyschoriste linearis</i> | <i>Piptochaetium fimbriatum.</i> |
|-----------------------------|----------------------------------|

II. 4. 5. Especies localizadas al Sur de la dición

Especies leñosas:

| | |
|--------------------------------|----------------------------|
| <i>Amelanchier denticulata</i> | <i>Quercus potosina</i> |
| <i>Dodonaea viscosa</i> | <i>Rhus pachyrrhachis.</i> |

Especie herbácea:

| |
|-----------------------------|
| <i>Ageratum corymbosum.</i> |
|-----------------------------|

Aún cuando esta información no tiene carácter definitivo es de gran interés, ya que los cinco grupos determinados cubren algunas de las provincias florísticas propuestas por Rzedowski en 1972. A respecto, es necesario recordar aquí algunos rasgos de la flora mexicana.

La riqueza florística de México se debe en gran parte a las condiciones geográficas y climáticas actuales, así como a las numerosas migraciones de especies de origen holoártico y tropical, que han tenido lugar en el transcurso de épocas geológicas anteriores. (SHARP, 1953; Dressler, 1954; Rzedowski, 1978). Además, México se tiene identificado como un importante centro de evolución de la flora desde el Terciario y el Cuaternario (Hemsley, 1897-1888; Rzedowski, 1965, 1972, 1978), lo que explica la presencia de numerosas endémicas.

En 1972 Rzedowski, distinguió 17 provincias florísticas agrupadas en cuatro regiones, que son: pacífico norteamericana, montañosa mesoamericana, xerófitica mexicana y caribeña.

La región montañosa mesoamericana incluye, en particular, las Sierra Madre Oriental y Occidental. El Altiplano Central se incluye en la región xerófita mexicana. Los cinco grupos de taxones descritos anteriormente ocupan un lugar ya sea en la región montañosa mesoamericana, o bien en la región xerófita mexicana.

La región montañosa mesoamericana pertenece a la vez a los grupos florísticos holoártico y neotropical, cuyos límites no están definidos (Rzedowski, 1965). Este autor indicó en 1978 que la región xerófita mexicana está contenida en el grupo florístico neotropical.

Entre los taxones de origen holoártico aparecen algunos taxones comunes a México y al sur de Estados Unidos, tal es el caso de *Arbutus*, *Arctostaphylos*, *Bouvardia*, *Cercocarpus*, *Cyperus*, *Fraxinus*, *Garrya*, *Juniperus* y *Oxalis*. En 1978, Rzedowski consideró que algunos géneros, como *Eupatorium*, *Muhlenbergia*, *Quercus*, *Salvia*, *Senecio* y *Stevia* “tienen, en la zona montañosa mesoamericana, un importante centro de diferenciación”. Por su parte, Puig en 1974, interpretó como especies holoárticas mexicanas a *Amelanchier denticulata* y *Juniperus flaccida*.

El grupo florístico tropical comprende:

- Taxones pantropicales, es decir, pertenecientes a las regiones tropicales del mundo entero: *Croton*, *Dodonaea*, *Mimosa* y *Rhus*.
- Taxones neotropicales que se encuentran en las zonas cálidas de América del Sur y América del Norte: *Calliandra* y *Dyssodia*.

El tercer elemento florístico es el endémico de la zona árida y semiárida el cual comprende *Dasyllirion*, *Fouquieria splendens*, *Parthenium incanum*, *Yucca carnerosana* (Rzedowski, 1973).

Los grupos II. 4. 1., II. 4. 2. et II. 4. 4. conformados por los taxones de amplia distribución, las especies localizadas en la Sierra Madre Occidental, así como en los macizos montañosos del sur del Altiplano Central y las especies localizadas al norte de México, comprenden especies comunes a México y al sur de Estados Unidos (con excepción de *Juniperus flaccida*, que es un elemento holoártico mexicano).

El grupo II. 4. 5. representado por las especies localizadas al sur de la región asociada a la vez especies holoárticas mexicanas como *Amelanchier denticulata*, *Quercus potosina*, *Rhus pachyrrhachis* y una especie de origen neotropical: *Dodonaea viscosa*.

Finalmente el grupo II. 4. 3. localizado en la Sierra Madre Oriental, incluye:

- Taxones holoárticos mexicanos: *Fraxinus greggii*, *Pinus nelsonii*, *Pinus pinceana*.
- Un taxón de origen pantropical: *Croton* (Rzedowski, 1959).
- Taxones limitados a la zona árida y semiárida mexicana: *Cowania*, *Gymnosperma*, *Lindleyella*, *Parthenium* (Rzedowski, 1959).

Todas las influencias florísticas enumeradas con anterioridad se encuentran, por lo tanto, dentro del grupo de taxones localizados en la Sierra Madre Oriental. Este breve ensayo muestra lo que la teoría de la información puede proporcionar al estudio corológico de la

flora mexicana.

Debe observarse que tanto en los grupos cenológicos como dentro de las especies indicadoras de *Pinus cembroides*, aparecen taxones que tienen una amplia distribución; entre los últimos, *Arctostaphylos pungens* parece interesante, ya que es poco frecuente en las formaciones de *Pinus cembroides* del este de México, pero esta asociada a las formaciones altas de *Pinus* pl. sp. Un estudio más detallado sobre la distribución de las especies ayudará a comprender el origen de las formaciones de *Pinus cembroides* y a mejorar el conocimiento de la migración de las especies en México.

CAPITULO III

FORMACIONES DE *PINUS CEMBROIDES*

En éste capítulo se revisará la distribución de las formaciones de *Pinus cembroides*, su clima, sus límites y su dinámica.

III. 1. DISTRIBUCIÓN DE LAS FORMACIONES DE *PINUS CEMBROIDES*

Critchfield y Little en 1966, elaboraron una carta de distribución de *Pinus cembroides*, la cual se reproduce en la Figura 14. Comparando esa carta con la elaborada para las zonas áridas por Miranda en 1965, se desprende que *Pinus cembroides* se localiza en los límites de las zonas áridas (Figura 15), o bien sobre los macizos montañosos aislados situados al interior de éstas. Esta especie está ausente en los límites de las zonas áridas de Guerrero y de Tepehuanes, así como en el límite de la zona yucateca.

Las cartas levantadas por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales (INIF), así como las notas de campo de esa institución, se utilizaron para el oeste y el este del área de estudio, además se hizo una síntesis de los mapas escala 1/50 000 publicados por la Comisión de Estudios del Territorio Nacional (CETENAL).

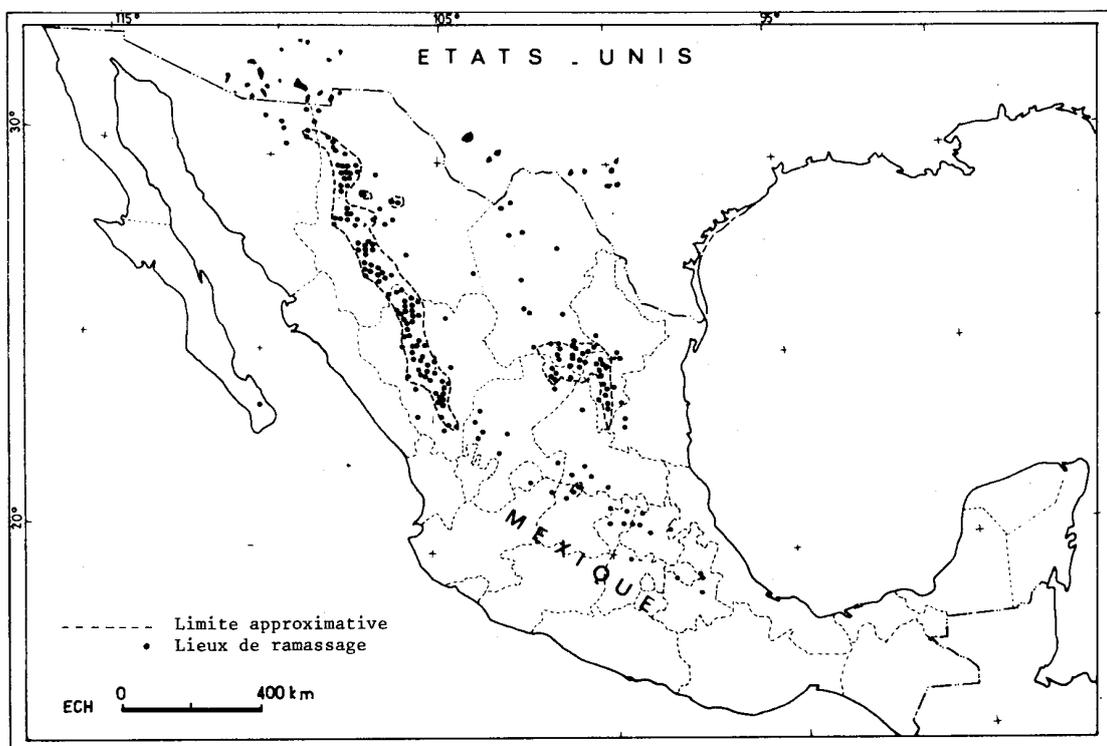


Fig. 14 - Distribución de *Pinus cembroides* en México, según Critchfield y Little, 1966, completado y modificado por M.-F. Robert-Passini.

---- Límite aproximativo • Lugares de colectas

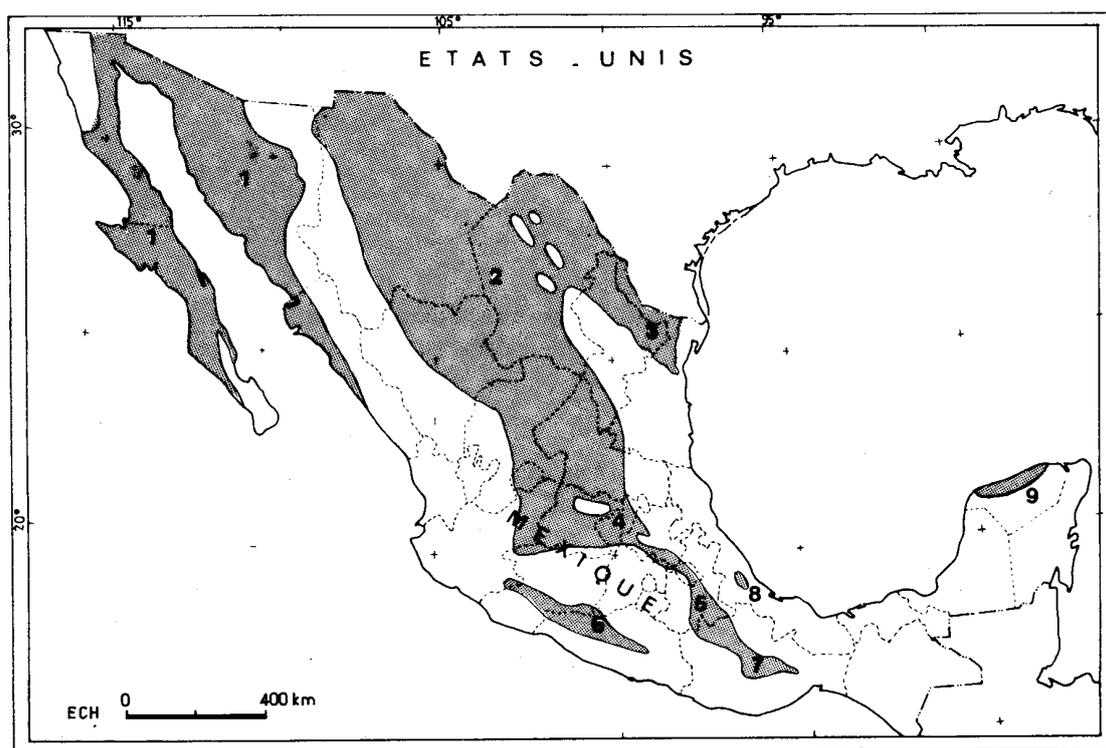


Fig. 15 - Las zonas áridas en México según Miranda, 1965 :
 1. Sonorense; 2. Chihuahuense; 3. Tamaulipeca; 4. Hidalguense; 5. Poblana;
 6. Guerrerense; 7. Tehuantepeca; 8. Veracruzana; 9. Yucateca

III. 1. 1. Sierra Madre Occidental

La especie *Pinus cembroides* ocupa una franja, casi continua, desde Nuevo Casas Grandes hasta el sur del Estado de Durango (Figura 16), la cual se extiende al Estado de Zacatecas y se desvía hacia el este fragmentándose (Figura 14).

El límite oriental de ésta franja, muy irregular, se traslapa con formaciones bajas de encinos (Lesueur, 1945), con praderas de *Bouteloua gracilis* y otras gramíneas (Shreve, 1939; Hernández, X. E. 1959) o con áreas dedicadas a cultivos agrícolas.

Por el contrario, el límite occidental es bastante regular y sigue la curvatura principal del macizo eruptivo de la Sierra Madre Occidental. En este límite las formaciones de *Pinus cembroides* se juntan con los bosques de *Pinus* pl. sp. Entre las especies más frecuentes se cita a *Pinus engelmannii*, *Pinus chihuahuana*, *Pinus durangensis* var. *quinquefolia*, *Pinus arizonica* y *Pinus ayacahuite*. Entre los 2,400 a 2,500 metros de altitud, en las partes húmedas de la Sierra, están presentes los géneros *Pseudotsuga*, *Abies* y *Picea*. En algunos lugares, es notoria la interface entre el bosque de *Pinus* pl. sp. y la formación de *Pinus cembroides* que se caracteriza por la presencia de un pequeño número de la especie de interés dentro de una formación de *Pinus* pl. sp., o por la presencia de algunos *Pinus* pl. sp. dentro de la formación donde domina *P. cembroides*. Esta interface está profundamente modificada por la acción del hombre. La presión humana ejercida desde el siglo XVI, en las cercanías de las ciudades mineras (Zacatecas, Hidalgo del

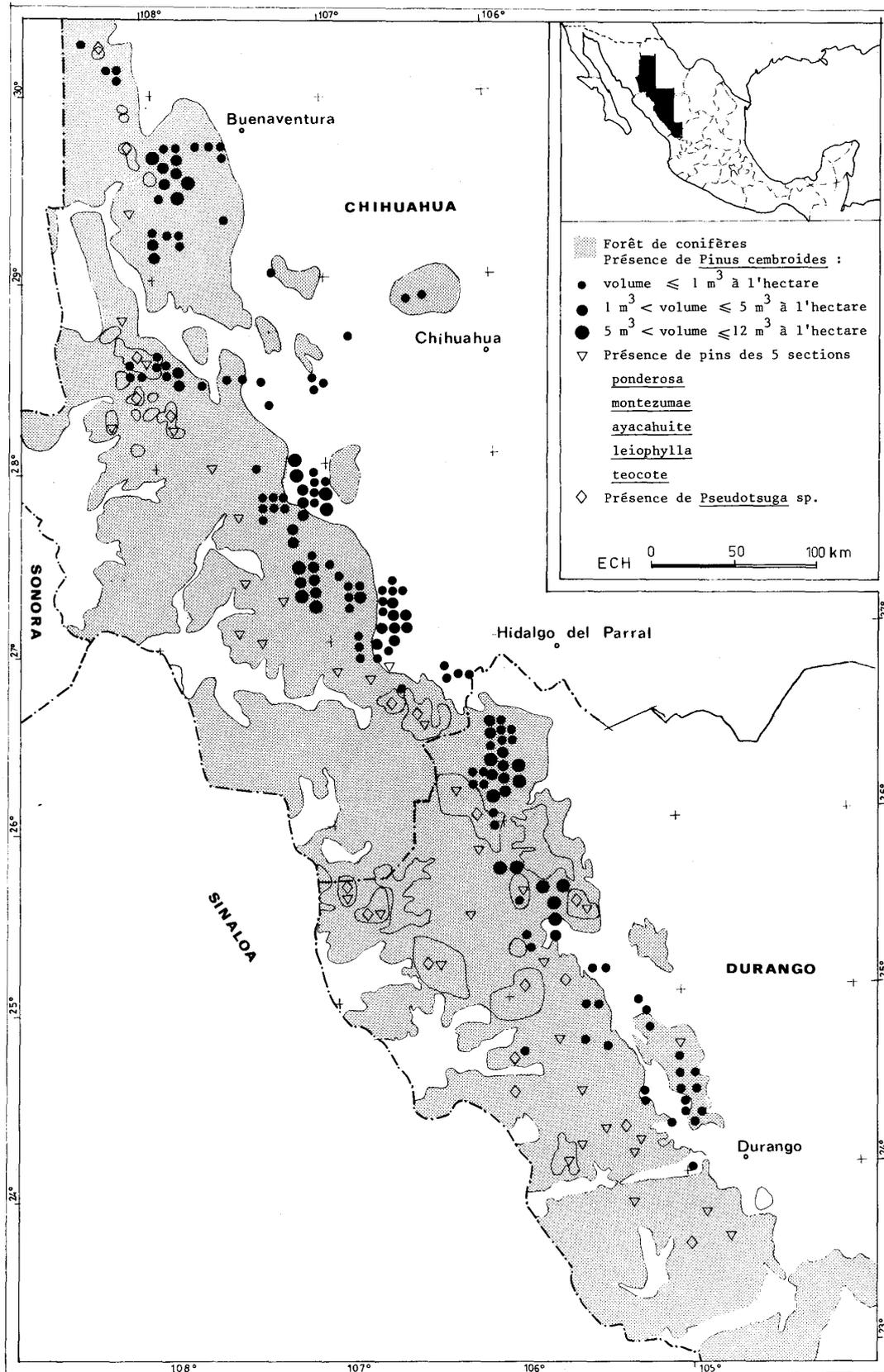


Fig. 16. Mapa de distribución de *Pinus cembroides* en la Sierra Madre Occidental realizada por el autor a base de los mapas forestales de los Estados de Chihuahua y Durango, I.N.I.F., 1964.

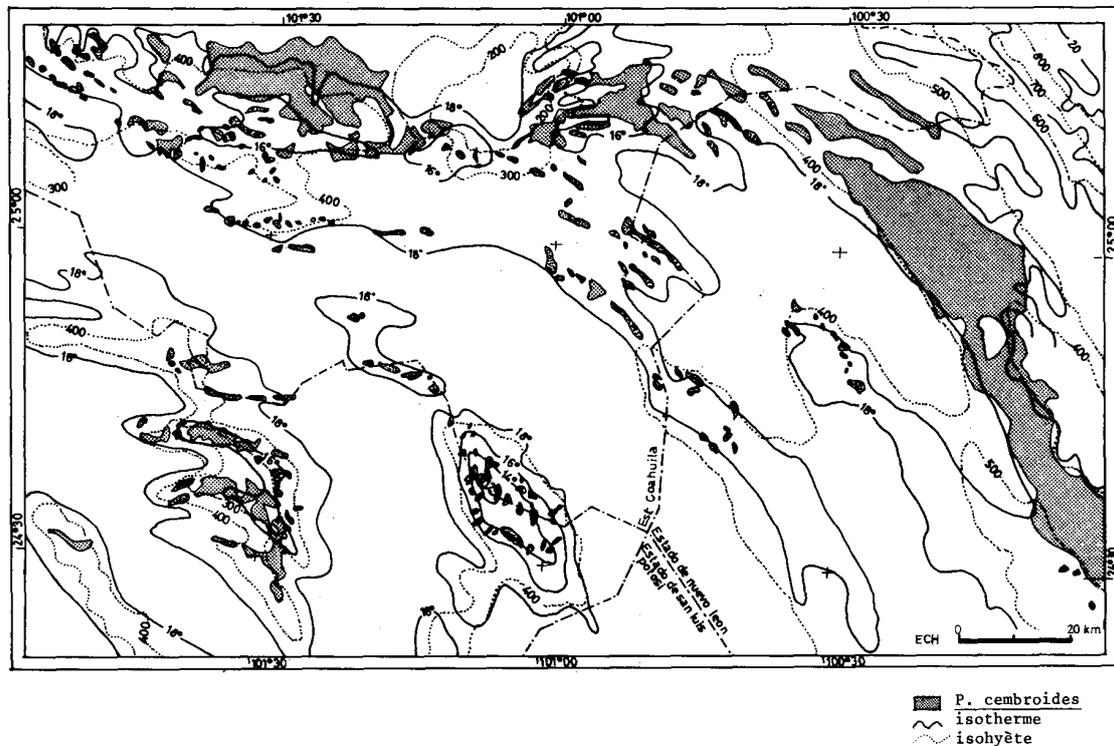
Parral, Chihuahua y Santiago Papasquiari, Michoacán... Bakewell, 1971), desde finales del siglo XIX en el interior de la Sierra, sobre todo durante la construcción de la vía del ferrocarril Topolobambo-La Junta, actualmente se intensifica. En efecto, la construcción de carreteras en la Sierra Madre Occidental facilita la explotación del bosque.

En la figura 16 se observa que el límite occidental de las formaciones de *Pinus cembroides*, corresponde a un límite climático, aspecto que se precisara posteriormente.

III. 1. 2. Sierra Madre Oriental

En el norte del Estado de Coahuila, las formaciones de *Pinus cembroides* se encuentran en los macizos montañosos aislados (Sierra Santa Fe del Pino, Sierra Madera del Carmen, entre otros). No se le puede proporcionar precisión al mapa de Critchfield y Little (Figura 14). Sin embargo, se elaboró un mapa de las formaciones de *Pinus cembroides* en el arco montañoso de Monterrey (Figura 17). Estas formaciones se extienden a lo largo de los pliegues de la Sierra Madre oriental, constituyendo al norte de Galeana, Nuevo León, un núcleo importante.

Las formaciones adyacentes constituidas por bosques de *Pinus* pl. sp., formaciones bajas de encinos, cultivos y diversos matorrales, son muy variadas, y no se mencionan en el mapa de la Figura 17. Por otro lado, la presión humana ha sido más en esta zona



que en la Sierra Madre Occidental y a menudo provoca la desaparición de los límites inferior y superior primarias (como se vera más adelante). En la Figura 17 se presentan las isotermas y las isoyetas; una coincidencia entre éstas y la cubierta de *Pinus cembroides* es notaria.

La constatación y la observación expuesta con relación a la distribución de *Pinus cembroides* en la Sierra Madre Occidental conduce a tratar de definir el clima que soportan las formaciones de dicha especie.

III. 2. BIOCLIMA DE LAS FORMACIONES DE *PINUS CEMBROIDES*

La clasificación climática de Koeppen, utilizada en el capítulo anterior no se emplea aquí. Debe mencionarse que *Pinus cembroides* aparecieron indistintamente en los climas BSo, Bs y C(w) y se comporta como una especie negativamente sensible a los climas de tipo BWhm y C(w) a, lo cual impide la formación de una idea clara de las condiciones climáticas que le corresponden.

III. 2. 1. Generalidades

Las estaciones meteorológicas situadas al interior de las formaciones de *Pinus cembroides* o en sus cercanías, son escasas; en el cuadro 24 se presentan los datos registrados en ellas. Aparecen dos grupos de estaciones: uno con amplitud térmica anual superior a 10°C y el otro con amplitud térmica inferior a 10°C.

Las condiciones ómicas medias varían de 266 (Ramos Arizpe) a 580 milímetros (Mazapil). Al situar el área ocupada por *Pinus cembroides* en los mapas climáticos de México, se precisaron los siguientes datos.

III. 2. 1. 1. Condiciones térmicas

En los mapas climáticos escala 1/500 000 (E. García, 1971), de los cuales la figura 17 da un ejemplo, se ve que *Pinus cembroides* está sometido a temperaturas medias anuales comprendidas entre 12 y 18°C. El mes más cálido frecuentemente es junio, pudiendo ser mayo o julio. El mes más frío puede ser diciembre o enero.

En los Estados de Chihuahua y Durango, las temperaturas medias del mes más frío son inferiores a 10°C y el número de días con helada, superior a 100. Por el contrario, las temperaturas medias del mes más frío son superiores a 10°C (a una altitud inferior a 2,500 metros) en los Estados de Coahuila, Nuevo León, San Luis Potosí, Hidalgo, Querétaro y Baja California Sur. El número de días con helada, en los Estados mencionados, es inferior a 100.

La amplitud térmica anual, que es la diferencia entre la temperatura media del mes más cálido y la del mes más frío, disminuye hacia el sur. El mapa levantado por Maull en 1936, indica la existencia de una línea sinuosa (Figura 18), cercana al Trópico de Cancér, al sur de la cual la amplitud térmica anual es igual o inferior a 10°C. Al norte de ésta línea, por el contrario, la amplitud térmica anual es superior a 10°C. Paffen (Figura 18), trazó una línea donde la amplitud térmica anual es igual a la amplitud térmica diaria, esta segunda línea se sitúa ligeramente al norte de la precedente. Las altas variaciones térmicas diurnas tienen efectos sobre el ritmo fisiológico de las plantas.

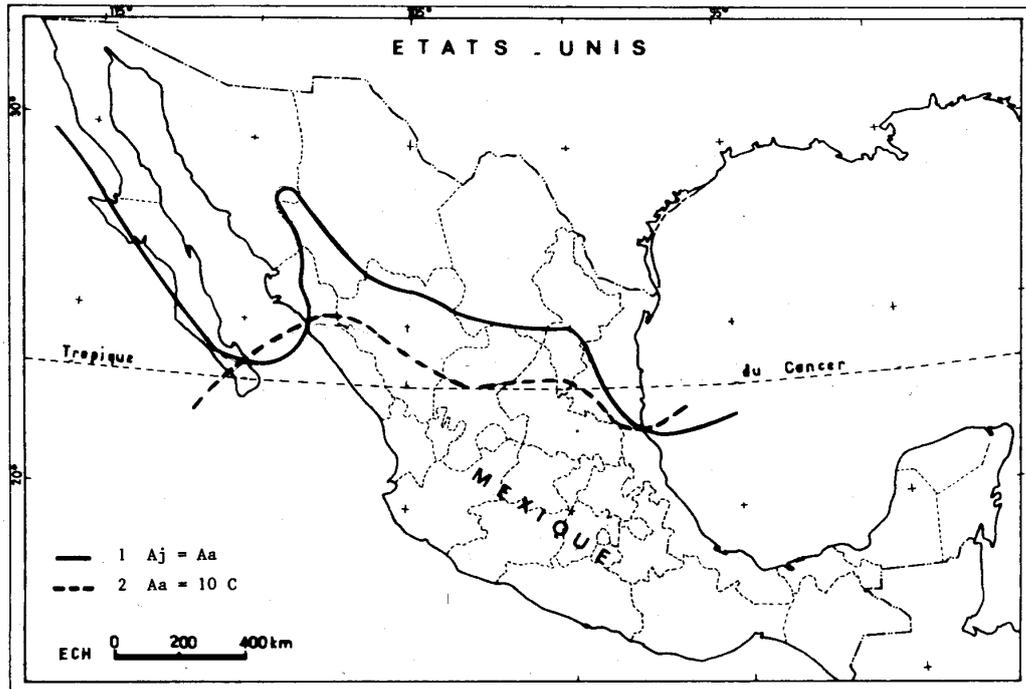


Fig. 18 - Distribución geográfica de la amplitud térmica diaria y de la amplitud térmica anual según Lauer, 1973

1. amplitud térmica diaria $A_j = A_a$
2. amplitud térmica anual $A_a = 10^\circ\text{C}$

Esto permite distinguir los siguientes tipos de formaciones:

1. Formaciones de *Pinus cembroides* sometidas a una amplitud térmica anual superior a 10°C , en los Estados de Coahuila, Chihuahua, Durango y Baja California Sur.
2. Formaciones de *Pinus cembroides* sometidas a una amplitud térmica anual inferior a 10°C en los Estados de San Luís Potosí, Guanajuato, Querétaro, Hidalgo, Veracruz y Puebla.

III. 2. 1. 2. Condiciones ómbricas

Las formaciones de *Pinus cembroides* se localizan en la zona donde las precipitaciones medias anuales están comprendidas entre 300 y 700 milímetros (Figura 17). Las lluvias caen en verano y principio del otoño, con excepción del norte de la Península de Baja California, que recibe más del 36 por ciento del total anual de las precipitaciones, durante el invierno (E. García, 1969).

CUADRO 24. Datos de las estaciones cercanas a los bosques de *Pinus cembroides* (UNAM, 1973)

| ESTACIONES | Latitud | Longitud | Altitud (metros) | TEMPERATURA | | | | PRECIPITACION | | I |
|--------------------------------|---------|----------|---------------------|-------------|------|------|-------|---------------|-----------------------|----|
| | | | | Mf | M | Mc | Mc-Mf | P (mm) | No. meses secos | |
| La Junta (Chihuahua) | 28°28' | 107°20' | 2 060 | 8,5 | 16,8 | 24,5 | 16 | 474 | 8 | 18 |
| Cuauhtémoc (Chihuahua) | 28°25' | 106°51' | 2 210 | 8,9 | 15,6 | 23,1 | 14,2 | 398 | 8 | 16 |
| Carichic (Chihuahua) | 27°56' | 107°08' | 2 038 | 6,5 | 13,7 | 20,6 | 14,1 | 509 | 3 | 21 |
| Tepehuanes (Durango) | 25°22' | 105°42' | 1 788 | 9,4 | 16 | 22,5 | 13,1 | 484 | 7 | 18 |
| Santiago Papasquiaro (Durango) | 25°02' | 105°26' | 1 720 | 11,2 | 17,6 | 23,5 | 12,3 | 468 | 8 | 17 |
| Ramos Arizpe (Coahuila) | 25°33' | 100°58' | 1 399 | 11,6 | 17,9 | 23 | 11,4 | 266 | 11 | 9 |
| Mazapil (Zacatecas) | 24°39' | 101°34' | 2 250 | 11,8 | 17,2 | 21,7 | 9,9 | 580 | 4 | 21 |
| Mexquitic (San Luis Potosí) | 22°17' | 101°06' | 2 062 | 14,8 | 18,3 | 21,4 | 6,6 | 360 | 8 | 13 |
| Zimapan (Hidalgo) | 20°44' | 99°23' | 1 720 | 16,6 | 20,2 | 22,1 | 5,5 | 391 | 9 | 13 |

| | |
|-------|--------------------------------------|
| Mf °C | Temperatura media del mes más frío |
| M °C | Temperatura media anual |
| Mc °C | Temperatura media del mes más cálido |
| Mc-Mf | Amplitud térmica anual |
| P mm | Precipitación media anual |
| I | Índice de MARTONNE |
| x | Según BAGNOULS y GAUSSEN |

El norte de México, está sometido a frecuentes irregularidades pluviométricas (Fritts, 1955; Jauregui y Klaus, 1976). Los años con precipitaciones altas, coinciden con una intensa actividad ciclónica en el hemisferio norte (Jauregui, 1972).

La información que se da a continuación, tratará de situar a las formaciones de *Pinus cembroides* con relación a las otras formaciones vegetales.

III. 2. 2. Sierra Madre Occidental

A pesar de que la división estatal es muy artificial para un estudio climático, fue la que se adoptó, ya que los datos disponibles en mayor cantidad son obtenidos en los Estados.

III. 2. 2. 1. Estudio bioclimático del Estado de Chihuahua

La red de estaciones climáticas del Estado de Chihuahua es bastante densa; estas dependen de uno de los tres servicios siguientes: Servicio Meteorológico del Estado de Chihuahua, Dirección General del Servicio Meteorológico Nacional, y Unión Regional de Ganaderos. En 1974, A. Álvarez publicó los datos detallados de 15 años de observación, agrupando las estaciones del Estado, en las siguientes regiones climáticas: montañosa, fronteriza, centro y sur.

La región montañosa abarca las estaciones de la Sierra Madre Occidental, situadas a altitudes superiores a 1 600 metros. Las precipitaciones anuales rebasan los 500 milímetros. La región fronteriza, árida y semiárida, se caracteriza por las precipitaciones escasas e irregulares, del orden de 200 a 300 milímetros anuales. Las oscilaciones térmicas son muy marcadas. Las altitudes varían entre 800 y 1 500 metros. La región del centro y

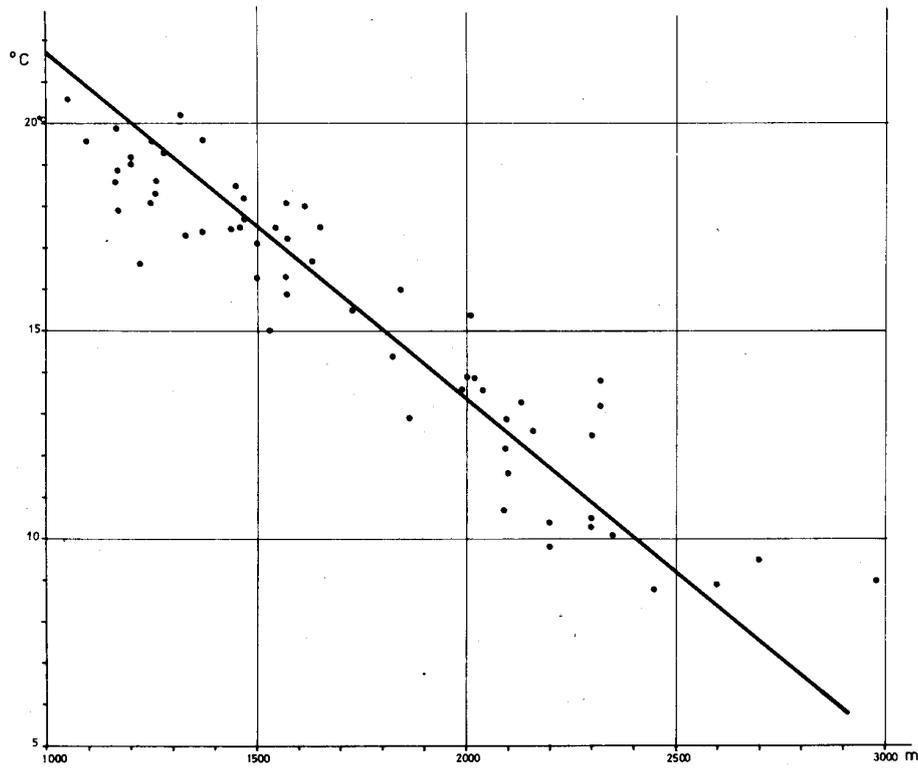


Fig. 19 - Correlación gráfica entre la temperatura media anual y la altitud a base de datos de las estaciones de la Sierra Madre Occidental entre el 25°N y el 32°N

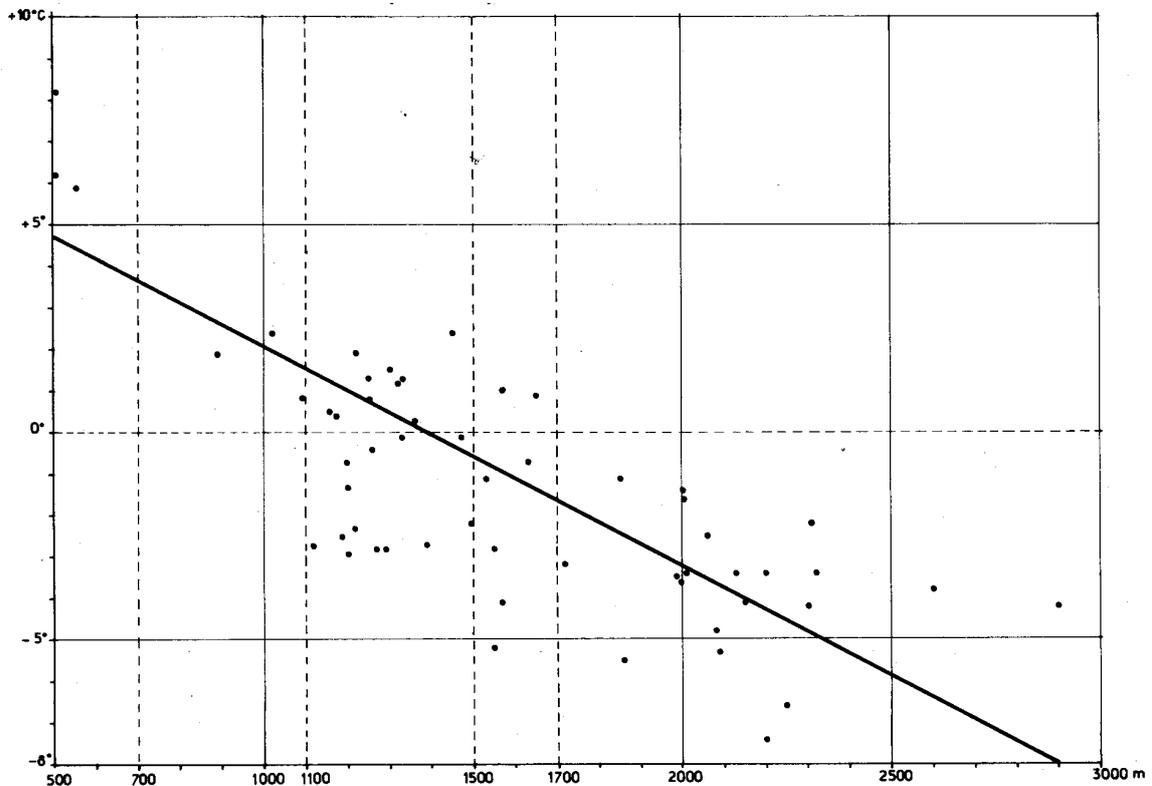


Fig. 20 - Distribución de mf en función de la altitud
mf: temperaturas mínimas medias del mes más frío

del sur del Estado, tiene una altitud que varía entre 1 000 y 1 600 metros y recibe una precipitación anual de 250 a 400 milímetros.

El análisis detallado de las características climáticas del conjunto de las estaciones del Estado permitirá precisar los datos de las regiones climáticas.

Los datos disponibles para las estaciones son los siguientes:

- temperaturas medias anuales,
- temperaturas medias máximas del mes más cálido (Mc),
- temperaturas medias mínimas del mes más frío (Mf),
- fecha de las primeras y últimas heladas, número de días sin helada,
- precipitaciones, número de días sin lluvia.

III. 2. 2. 1. 1. Temperatura

III. 2. 2. 1. 1. 1. Temperatura media

Las temperaturas medias anuales varían de 10 a 22°C; en las isotermas anuales aparece una banda de dirección NO-SE, donde la temperatura media anual va de 10 a 12°C. Esta orientación corresponde a la zona de los valles y crestas situada en el centro y el este de la Sierra Madre Occidental. Al NE y al SO de ésta banda, las temperaturas medias anuales son superiores a 12°C. El mes más cálido es junio o julio, mientras que diciembre y enero son los meses más fríos. En Batopilas, Chinipas y Urique, lugares situados a 500 metros de altitud, la temperatura media del mes más frío es superior a 14°C. En las ciudades de Camargo y Jiménez es de 10°C. En numerosas estaciones de montaña es inferior a 10°C.

En la Sierra Romurachic, a Guachochic, Guadalupe y Calvo, Ciudad Madera y Majalca, las temperaturas medias del mes más cálido son inferiores a 20°C. En Ciudad Ojinaga, Batopilas y Chinipas, son superiores a 30°C. En las otras estaciones consideradas, las temperaturas medias están comprendidas entre 20 y 30°C.

III. 2. 2. 1. 1. 2. Gradiente térmico

El gradiente térmico que se estableció, utilizando los datos de las estaciones del centro del Estado y de la vertiente oriental de la Sierra Madre Occidental (Figura 19), es de 0.70°C por cada 100 metros entre 1 000 y 2 500 metros de altitud. A 2 700 metros la temperatura media anual sería de 7.5°C.

Este gradiente tiene un valor cercano al que se calculó en la vertiente de sotavento de la Sierra Madre Oriental, entre 25° 30' y 23° 27' de latitud norte, que fué de 0.80°C por cada 100 metros (M.-F. Robert, 1973). Por el contrario, el gradiente térmico observado en el altiplano central y en la vertiente de sotavento de la Sierra Madre Oriental, entre los 22° 36' y 21° 20' de latitud norte, fue de solamente 0.5°C por cada 100 metros (M.-F. Robert, 1973); valor que está muy cercano del que encontró Rzedowski en 1965, en el Estado de San Luis Potosí, y que correspondió a 0.40°C por cada 100 metros.

De acuerdo con el gradiente térmico, la disminución de la temperatura por un incremento de 100 metros en altitud es mayor al norte del Trópico de Cancer que al sur, tanto en el altiplano central como en las vertientes de sotavento de las Sierras Madres Oriental y Occidental.

El gradiente térmico de la Sierra Madre Occidental es de 0.70°C en enero y de 0.90 en julio (Figura 21). Esto significa que la temperatura disminuye de manera más brusca al aumentar la altura, en verano (época más bien húmeda) que en invierno (época seca).

Este resultado concuerda con los obtenidos en 1974 por Puig, quien encontró que el gradiente medio mensuales, en la Huasteca, es bajo durante la época seca - 0.30° a 0.40°C- y mayor - 0.60° a 0.80°C- durante la época de lluvias. Para éste autor, “las variaciones del gradiente térmico mensual son influencias por la abundancia relativa de las precipitaciones en época de lluvias, lo que provoca una disminución de la temperatura”.

En 1973, Lauer señaló ese fenómeno en la región de Puebla, en donde el gradiente del mes de enero es de 0.30°C por cada 100 metros y el de julio de 0.50°C por cada 100 metros. Según Lauer el incremento del gradiente térmico podría explicar el porqué las especies boreales descienden a bajas altitudes, mientras que, las especies tropicales alcanzan mayores altitudes. Esta hipótesis debe tenerse presente ya que puede aplicarse en la zona de estudio.

III.2.2.1.1.3. Amplitud térmica

En las estaciones del sur del Estado, la amplitud térmica anual (diferencia entre la temperatura media del mes más cálido y la del mes más frío) es de 11 a 12°C. En todos los otros lugares es superior a 14°C; en Ojinaga alcanza los 31°C. Esto concuerda con los estudios realizados por Maull en 1936, para México (Figura 18). Al sur del Trópico de Cancer la amplitud térmica anual es inferior o igual a 10°C.

En la figura 18, se muestra que la amplitud térmica anual es igual a la amplitud térmica diaria en una gran parte de México. Sin embargo, no se dispone de los valores diarios de las temperaturas mínima y máxima, pero la amplitud térmica extrema mensual proporciona un valor aproximado de la amplitud térmica diaria. La amplitud térmica extrema mensual, que es la diferencia entre el promedio de las temperaturas mínimas mensuales (m) y el promedio de la temperatura mensual (M), en las seis estaciones del Estado de Chihuahua, varía de 13 a 22.5°C.

En Chinipas, lugar situado sobre la vertiente occidental de la región montañosa, la amplitud térmica extrema mensual es mayor en marzo y abril (15.6°C), presenta una disminución en julio, agosto y septiembre, meses durante los cuales es inferior a 10°C. En dicha localidad, la amplitud térmica extrema máxima es igual a la amplitud térmica anual.

En Carichic, la amplitud térmica extrema es mayor que en Chinipas, ya que alcanza 20.4°C en diciembre y presenta una disminución en los meses de julio, agosto y septiembre. La amplitud térmica extrema de éstos meses de verano es igual a la amplitud térmica anual. Lo mismo sucede en las localidades en Rancho Las Varas e Hidalgo del Parral; la estación de esta última, la amplitud térmica máxima extrema se alcanza en diciembre, cuando es de 18°C.

En las estaciones de la región fronteriza, la amplitud térmica extrema es alta, llegando a 22.5°C en Samalayuca; la disminución de la amplitud térmica extrema durante los meses de verano es notoria en Ciudad Juárez, pero aunque menor se observa en Samalayuca. En Ciudad Juárez, la amplitud térmica anual es mayor que la amplitud extrema, 22°C en lugar de 20°C, valor máximo alcanzado por la oscilación térmica mensual.

Por lo tanto, durante la estación seca las plantas están sometidas a variaciones térmicas diarias muy marcadas.

A continuación se determinan las temperaturas mínimas.

III. 2. 2. 1. 1. 4. Temperaturas mínimas

En la Figura 20, se muestra la distribución del promedio de las temperaturas mínimas

del mes más frío (mf), en función de la altitud. Abajo de 700 metros de altitud, mf es positiva y superior a 5°C. De 700 a 1 100 metros de altitud, mf varía de 0 a 3°C. Entre 1 100 y 1 500 metros mf oscila entre -3 y 3°C. Finalmente, en altitudes superiores a 1 500 metros mf es negativa. Al ascender 100 metros mf disminuye 0.50°C, valor inferior al del gradiente térmico calculado anteriormente para las temperaturas medias.

En la figura 20 se distinguen, según el promedio de las temperaturas mínimas del mes más frío, tres subetapas térmicas con invierno frío, fresco o suave.

- invierno suave $mf \geq 5^{\circ}C$
- invierno fresco $0 \leq mf < 5^{\circ}C$
- invierno frío $mf < 0^{\circ}C$

La noción de límite térmico fué propuesta por Emberger en 1955 y 1966, pero con valores diferentes para el clima mediterráneo. Todas las estaciones con invierno suave se encuentran sobre la vertiente expuesta al viento de la Sierra Madre Occidental y a 500 metros de altitud. Las estaciones de la Sierra Madre Occidental y del Oeste del Altiplano Central se caracterizan por generar datos correspondientes a inviernos fríos. Las estaciones con datos de invierno fresco se distribuyen irregularmente en las regiones fronteriza y del centro. El número de días con helada es poco importante de acuerdo con los registros de las estaciones clasificadas como de invierno suave. De ésta manera, en Batopilas, el promedio de días con helada es de cincuenta por año, la temperatura mínima absoluta observada es de -7°C. También se sabe que el número de días con helada aumenta con la altitud, lo cual no es característico del oeste de México.

Las temperaturas mínimas absolutas pueden alcanzar -26°C (San José Babicora, 2 250 metros de altitud).

Las temperaturas extremas negativas se deben a la invasión de aire polar continental, generalmente seco, proveniente de Canadá y los Estados Unidos de Norte América, (Mosiño Aleman, 1966). Las masas de aire boreal se acompañan de vientos del norte y noroeste llamados “nortes”, los cuales son vientos violentos y soplan entre noviembre, y marzo. Hill en 1969, demostró que el paso del frente frío provoca, en unas cuantas horas, una disminución de la temperatura de 5°C o más. Los valores elevados de la amplitud térmica diaria, en invierno, se deben, en parte, a los “nortes”. Son estos vientos los que bajan el límite inferior de las heladas a 500 metros. Las temperaturas mínimas extremas resultantes tienen influencia nefasta sobre las plántulas y las plantas jóvenes de las especies arbóreas o arbustivas.

III. 2. 2.1. 2. Pluviometría

III. 2. 2. 1. 2. 1. Pluviometría anual

La observación de la carta de las isoyetas, elaborada por A. Álvarez, muestra que las precipitaciones aumentan del este al oeste. En la región fronteriza, las precipitaciones medias anuales se sitúan entre 210 y 370 milímetros. Las lluvias se presentan de julio a octubre y el total de la precipitación varía de un año al otro. Las estaciones del centro y del sur registran de 208 a 507 milímetros anuales en promedio, estando también éstos datos sometidos a grandes variaciones anuales. Finalmente, los registros de las estaciones de la vertiente oceánica, de la región montañosa, indican de 800 a 1 000 milímetros y variaciones anuales apreciables.

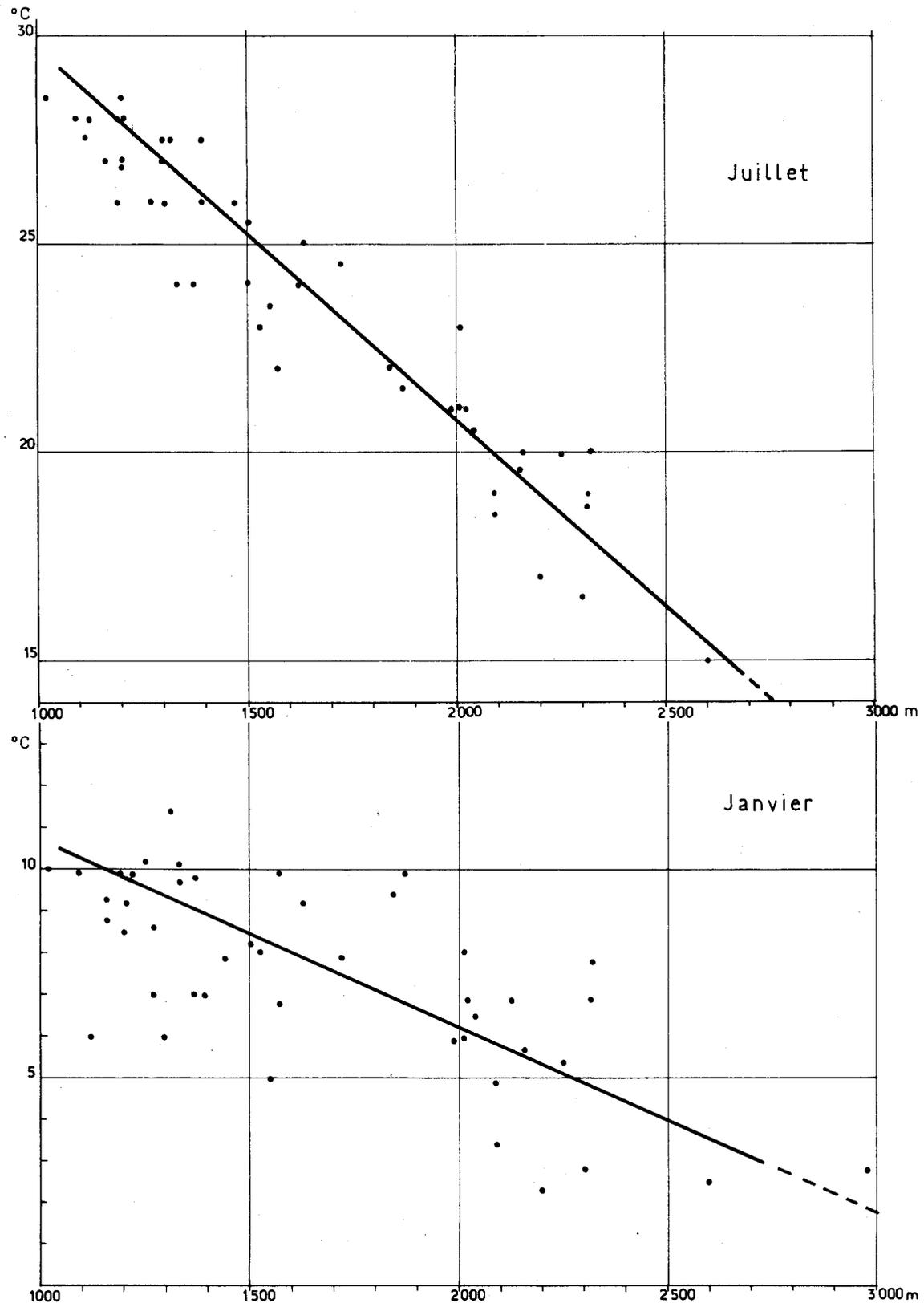


Fig. 21 - Gradiente térmico en los meses de enero y julio al NE de la Sierra Madre Occidental y en el Altiplano central, en el estado de Chihuahua.

III. 2. 2. 1. 2. 2. Sequía

En 1943, Bagnouls y Gausсен señalaron que un “mes seco es aquel en el cual, el total mensual de la precipitación, expresada en milímetros, es igual o inferior que el doble de la temperatura media mensual, expresada en grados centígrados” ($P \leq 2T$). Las figuras 22 y 23 presentan los diagramas ombrotérmicos de 6 estaciones seleccionadas en las tres regiones definidas por Álvarez en el Estado de Chihuahua. Los meses secos aparecen claramente.

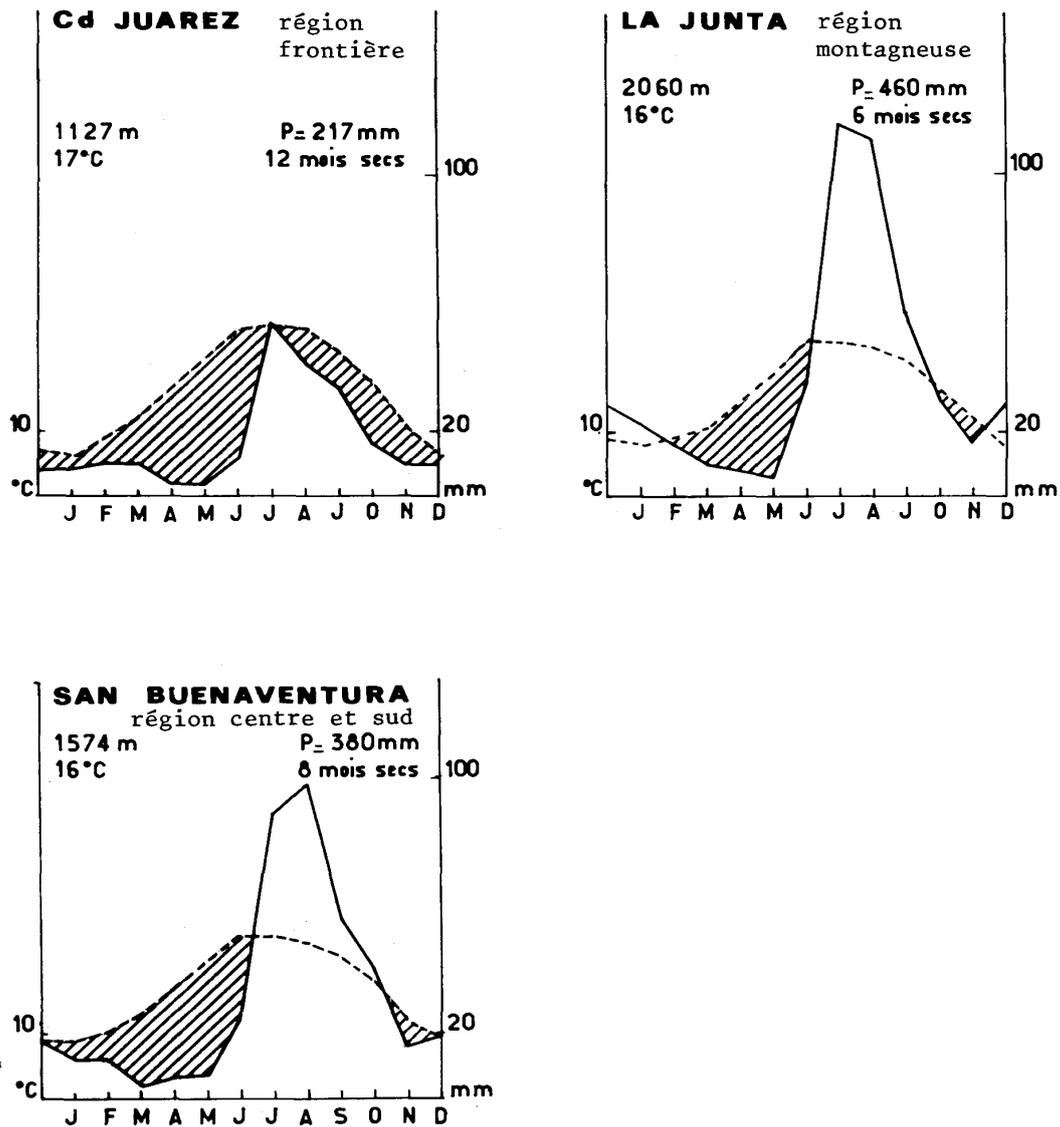


Fig. 22 - Diagramas ombrotérmicos (fórmula de Bagnouls y Gausсен)
 P: Precipitación media mensual en mm T: Temperatura media mensual en °C

/////: mois sec $P \leq 2 T$

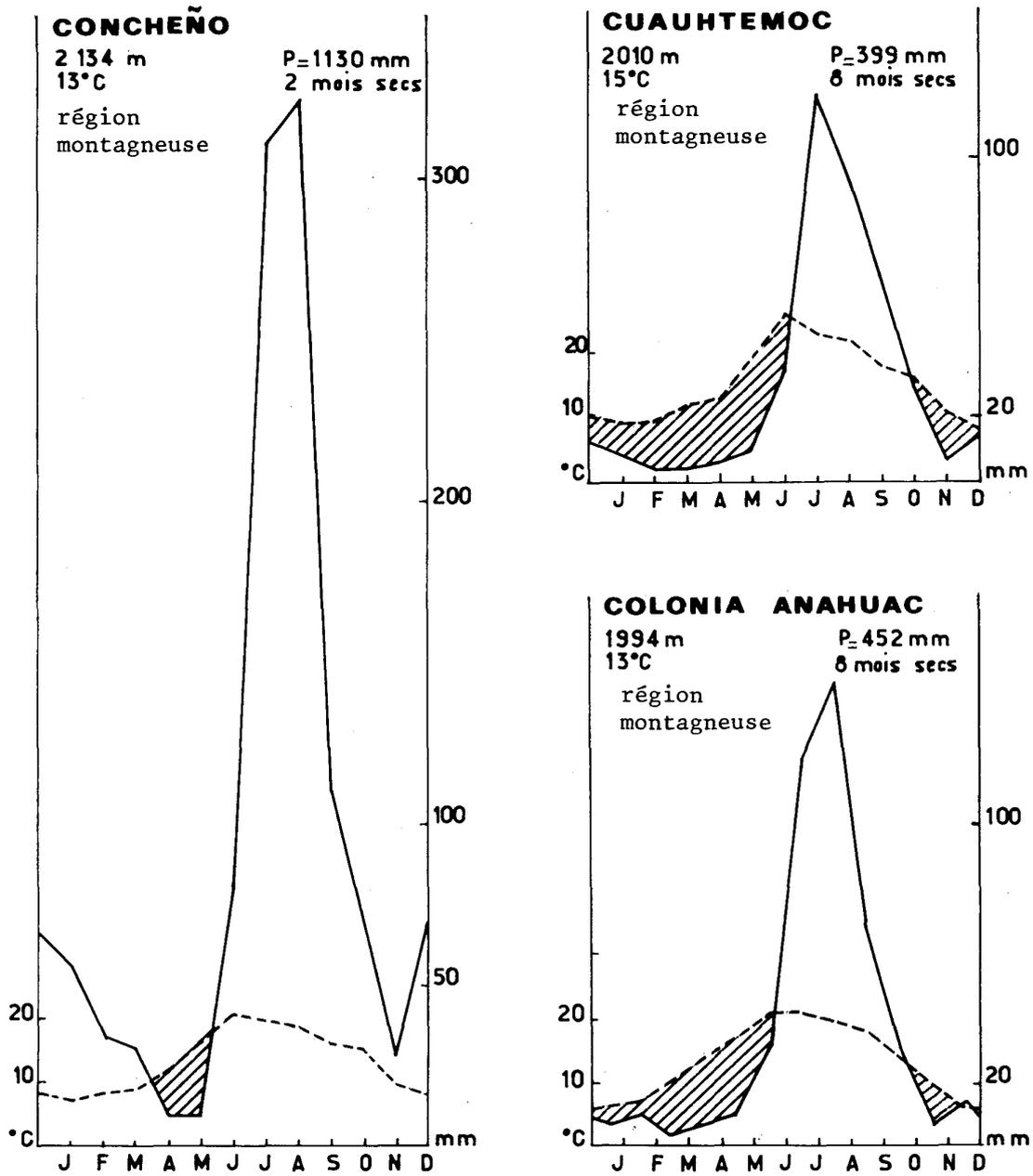


Fig. 23 - Diagramas ombrotérmicos (Bagnouls y Gausson)
 P: Precipitación media mensual en mm T: Temperatura media mensual en °C

/////: mois sec $P \leq 2 T$

Las estaciones del Estado de Chihuahua indican la existencia de 1 a 11 meses secos. En la región montañosa, Concheño y La Junta, ocurren frecuentemente 5 meses secos; en la región fronteriza más de ocho meses secos. Finalmente, en las estaciones del centro y del sur, el número de meses secos varía de 8 a 10 (Buenaventura).

III. 2. 2. 1. 2. 3. Año probable

Ya se indicó que el total de la precipitación anual varía de un año a otro; por lo tanto, también varía el número de meses secos. Al estudiar los valores mensuales de las precipitaciones (P) año tras año, se puede definir un año probable (Legris, 1969). Las variaciones de P y del número de meses secos, en quince años de observación para seis estaciones de la zona montañosa, se presentan en el cuadro 25.

CUADRO 25. Variación de la precipitación (P) y del número de meses secos (Ms)
x Se indican los años extremos

| Estaciones | P en (mm) | Variación de P (mm ^x) | P. mensual máxima (mm) | Ms | Ms más frecuente | Ms Máxima |
|-------------------|-----------|-----------------------------------|------------------------|----|------------------|-----------|
| Montaña | | | | | | |
| BATOPILAS | 620 | 1964:482 | 327 | 7 | 8 | 9 |
| | | 1968:819 | Jul. 1966 | | | |
| GUADALUPE Y CALVO | 1066 | 1962:780 | 354 | 4 | 4 | 6 |
| | | 1961:1432 | Jul. 1969 | | | |
| CIUDAD MADERA | 595 | 1964:444 | 227 | 2 | 5 | 9 |
| | | 1958:861 | Ago. 1957 | | | |
| CARICHIC | 509 | 1965:247 | 287 | 7 | 8 | 9 |
| | | 1966:768 | Ago. 1966 | | | |
| CIUDAD GUERRERO | 495 | 1970:393 | 370 | 7 | 8-9 | 9 |
| | | 1959:674 | Ago. 1959 | | | |
| CIUDAD CUAUHTEMOC | 408 | 1970:280 | 207 | 9 | 8 | 10 |
| | | 1966:631 | Sept. 1958 | | | |
| Centro y Sur | | | | | | |
| H. DEL PARRAL | 507 | 1957:266 | 481 | 8 | 8 | 11 |
| | | 1968:1019 | Sept. 1958 | | | |
| BUENAVENTURA | 316 | 1969:134 | 167 | 9 | 9-10 | 11 |
| | | 1958:466 | jul. 1962 | | | |
| Fronteriza | | | | | | |
| CIUDAD JUAREZ | 217 | 1964:120 | 220 | 11 | 11 | 12 |
| | | 1958:461 | jul. 1968 | | | |

Guadalupe y Calvo es una estación húmeda, ya que en trece años se presentaron registros de uno a cinco meses secos y el año probable fue de cuatro meses secos. En Batopilas, los números de meses secos variaron entre cinco y nueve, el año probable correspondió a ocho meses secos. Este dato se obtuvo utilizando el promedio de las precipitaciones anuales. Por el contrario, en Ciudad Madera, donde llueven 596 milímetros al año, el número promedio de meses secos es de dos, mientras que el año probable consta de cinco meses secos. En Ciudad Guerrero, el número promedio de meses secos es de siete y el año probable de ocho a nueve meses secos. En las estaciones de Carichic y Ciudad Cuauhtémoc, el año probable se asemeja al de Ciudad Guerrero.

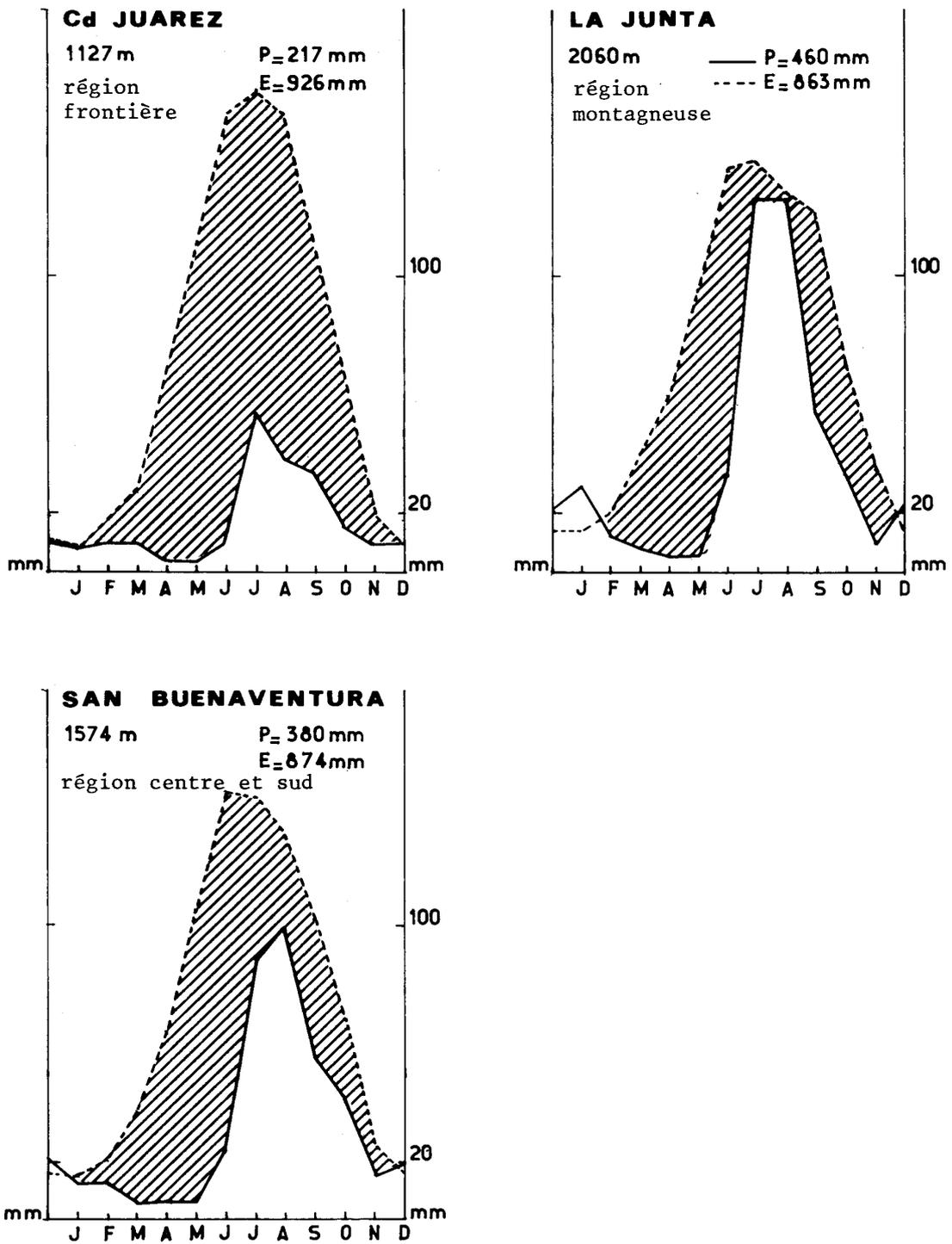


Fig. 24 - Climogramas según el método de Thornthwaite

//// : $E \geq P$
 E : evaporation P : precipitación

En las estaciones del centro y del sur - con excepción de Majalca e Hidalgo del Parral- las variaciones anuales de P son de tal magnitud, que el número de meses secos puede variar en más o menos tres, con relación al promedio.

III. 2. 2. 1. 2. 4. Evapotranspiración

Hasta la fecha de realización de éste trabajo, no se había realizado ninguna medición de la evaporación, en las estaciones estudiadas. Por medio del método propuesto por Thornthwaite en 1948, puede obtenerse un valor aproximada. La evapotranspiración E, se obtiene utilizando la temperatura promedio y el total de las precipitaciones. En las figuras 24 y 25 se presentan los climogramas según Thornthwaite, de las seis estaciones ya estudiadas, de acuerdo con el método de Bagnouls y Gausson. En las gráficas aparece una escasez hídrica permanente en Ciudad Juárez, estación que tiene 11 meses

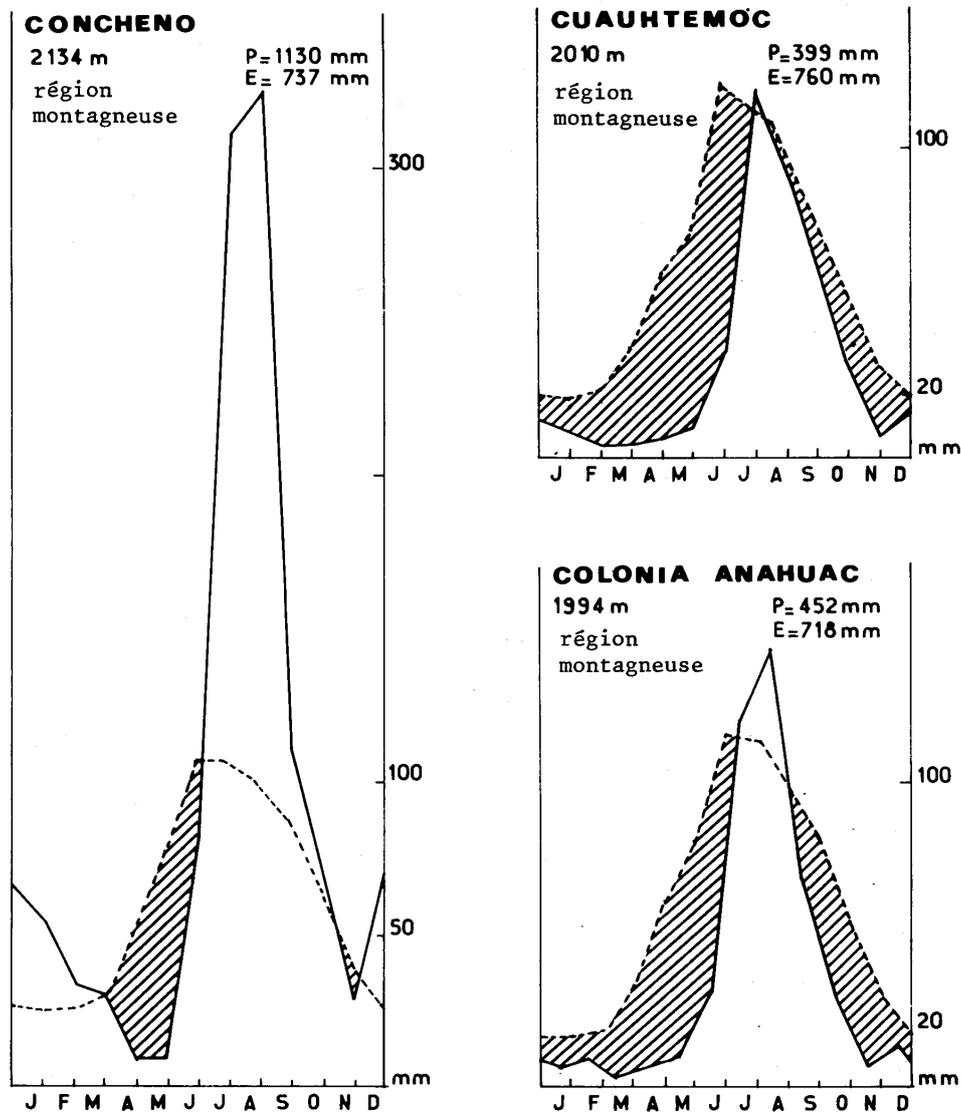


Fig. 25 - Climogramas según el método de Thornthwaite
 //// : $E \geq P$ E : evaporación P : precipitación

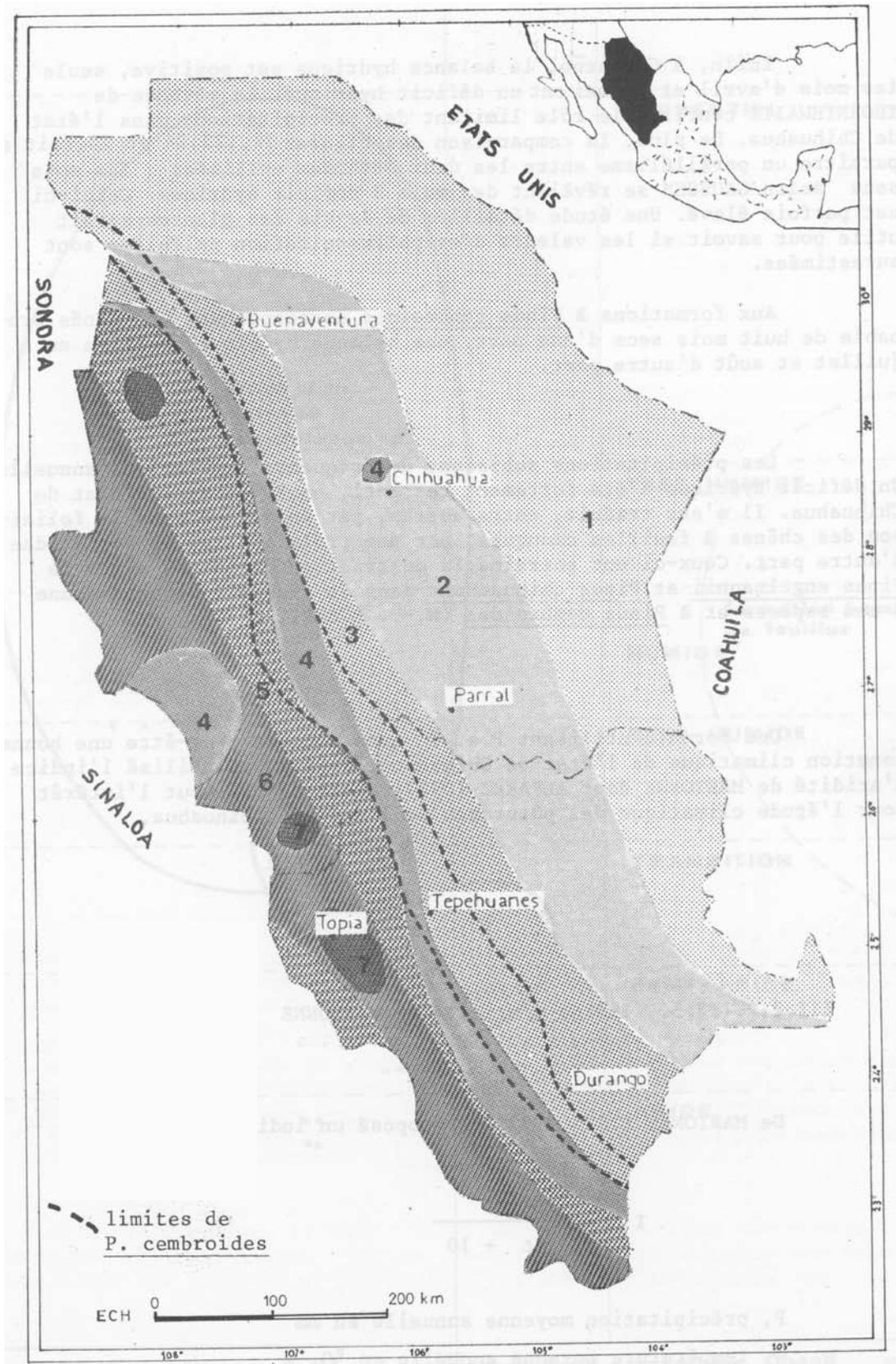


Fig. 26 - Los tipos de clima a base de la fórmula de Martonne en los Estados de Chihuahua y Durango: 1. árido; 2. semi-árido; 3. transición; 4. semi-húmedo; 5. húmedo ; 6. muy húmedo ;7. torrencial

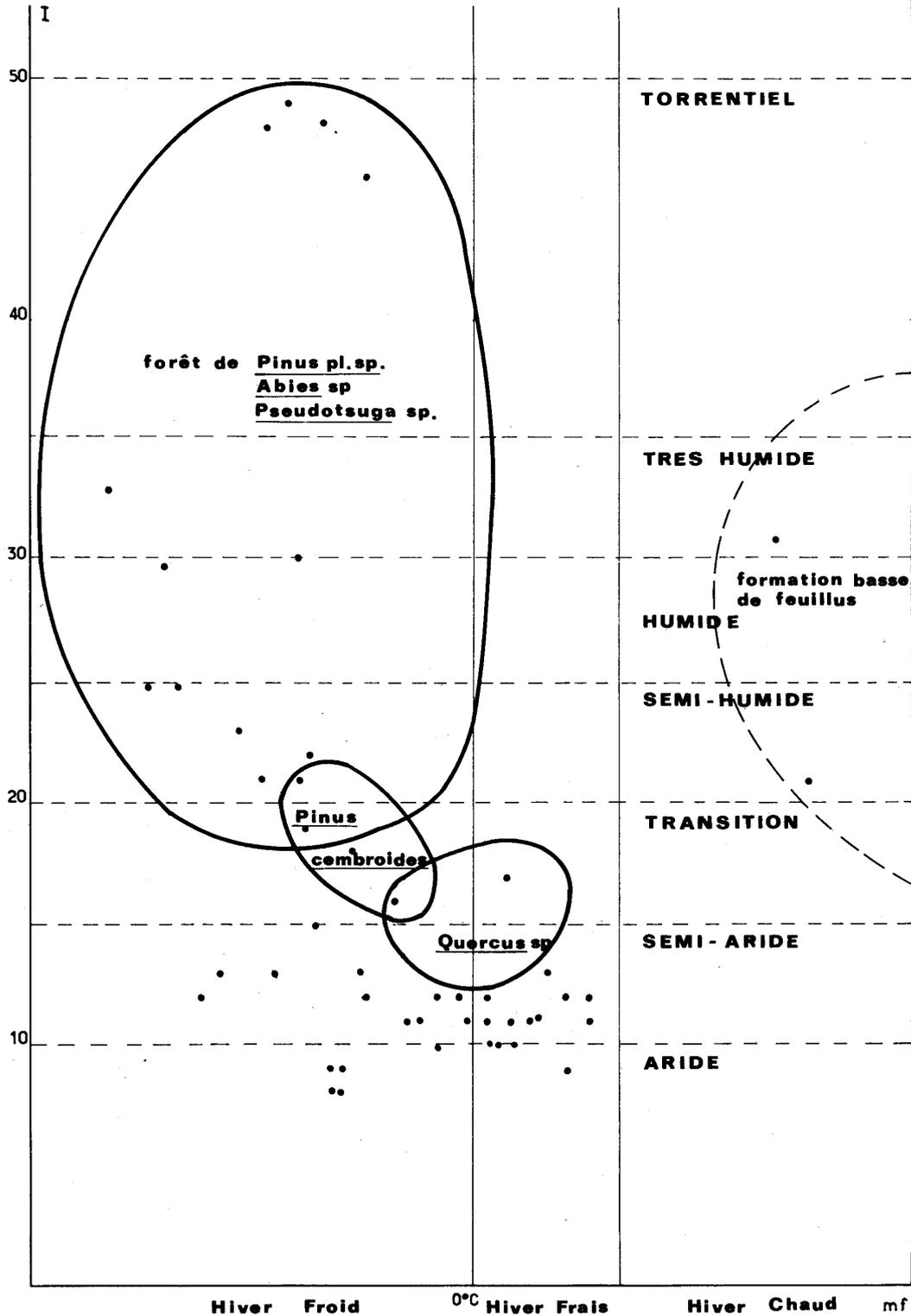


Fig. 27 - Niveles bioclimáticos en el Estado de Chihuahua
 abscisa : mf en °C
 ordenada : I, indice de Martonne

secos. En San Buenaventura se presenta escasez hídrica de 11 meses, pero en el mes de diciembre el balance hídrico es ligeramente positivo. En la Junta, el balance hídrico se equilibra en agosto, es positivo en diciembre y una parte de enero; en los meses restantes, la evapotranspiración supera a la cantidad de agua disponible.

En las estaciones de Colonia Anáhuca y Ciudad Cuahémoc el comportamiento de la evapotranspiración es idéntica, durante los meses cálidos (julio y agosto) el balance hídrico es positivo; en los meses restantes, el balance es negativo. Se señala que julio y agosto son meses húmedos, mientras que los meses de octubre a junio son meses secos (Figura 27).

Finalmente, en Concheño, el balance hídrico es positivo; sólo los meses de abril y mayo tienen escasez hídrica. El método de Thornthwaite ratifica el papel limitante de la precipitación en el Estado de Chihuahua. Adicionalmente, al comparar las Figuras 22, 23, 24 y 25 se nota semejanza entre los dos métodos empleados: los meses secos según Gausson, son meses con escasez hídrica, que en ocasiones es elevada. Sería útil estudiar en detalle la vida de las plantas, para saber si los valores de evapotranspiración calculados, están sobreestimados. A las formaciones de *Pinus cembroides* les corresponde un año probable de ocho meses secos y un balance hídrico positivo en julio y agosto.

Las precipitaciones están sujetas a frecuentes variaciones anuales. El Estado de Chihuahua padeció, en 1974, una escasez hídrica, la cual ocasionó, por una parte, retraso en la foliación de los encinos de hojas caedizas y, por otra, una proliferación de escolitidos, estos provocaron la destrucción de vastas áreas de *Pinus engelmanni* y *Pinus chihuahuana*, en la franja ecótona común a éstas especies y a *Pinus cembroides* (M.-F. Robert, 1977).

Puede obtenerse una buena zonificación climática del Estado de Chihuahua por medio de una fórmula que utilice P y T. En este caso, se utilizó el índice de aridez de Martonne, del cual Álvarez en 1974, demostró su utilidad en el estudio climático de los pastos del Estado de Chihuahua.

III. 2. 2. 1. 2. 5. Índice de aridez de Martonne

Martonne en 1925 y 1926, propuso un índice de aridez que se expresa de la manera siguiente:

$$I = P / (t + 10)$$

donde: P = precipitación media anual en mm

t = temperatura media anual en °C.

Según el valor del índice, el autor distingue siete tipos de clima (figura 26):

| I | Tipo de clima |
|---------|---------------|
| 0 a 5 | desértico |
| 5 a 10 | árido |
| 10 a 15 | semiárido |
| 15 a 20 | transición |
| 20 a 25 | semihúmedo |
| 25 a 30 | húmedo |
| 30 a 35 | muy húmedo |
| > 35 | torrencial |

De este al oeste del Estado de Chihuahua, se encuentran todos los tipos de climas desde el árido hasta el torrencial (figura 27). La región montañosa definida por A. Álvarez, abarca cinco tipos: climas de transición, semihúmedo, húmedo, muy húmedo y torrencial. En la región centro y sureste dominan los climas de tipo semiárido o árido; pero dentro de esta zona la Sierra de Majalca, que alcanza 2 400 metros de altitud está sometida a un clima de tipo semihúmedo. La región fronteriza suponía un clima de tipo árido, excepto en el noroeste donde se nota el tipo semiárido.

Los límites de los tipos climáticos no deben considerarse de manera rígida, debido a la variación anual de las precipitaciones. En realidad, se adapta mejor para ellos una disposición en “escamas”, pero ésta es menos comprensible de inmediato.

III. 2. 2. 1. 3. Niveles bioclimáticos

Se elaboró un climograma del Estado de Chihuahua tomando como referencia el método propuesto por Emberger en 1930, pero asociándole el promedio de las temperaturas mínimas del mes más frío, mf, al índice de Martonne. En éste climograma se ponen en manifiesto siete niveles bioclimáticos, con tres variables térmicas (Figura 27).

Los bosques de coníferas aprovechan los niveles semihúmedo, húmedo, muy húmedo y torrencial.

Los bosques de *Pinus* pl. sp. (distintos de *Pinus cembroides*), *Abies* y *Pseudotsuga menziesii*, se encuentran en el nivel torrencial con invierno frío. Los bosques de *Pinus chihuahuana* y *Pinus engelmannii*, prosperan de preferencia en un clima de nivel semihúmedo con invierno frío.

Las formaciones de *Pinus cembroides*, corresponden a los niveles semihúmedos o de transición, con invierno frío. Por su parte, las praderas de *Bouteloua* y otras gramíneas, así como los encinares arbustivos, se encuentran en los niveles semiáridos o de transición, con invierno frío o fresco.

En el nivel semihúmedo o húmedo con invierno caliente, localizado sobre la vertiente occidental de la Sierra Madre Occidental (Batopilas, Urique) se nota la presencia de formaciones leñosas deciduas.

Finalmente, en los niveles árido y semiárido, con invierno cálido o fresco, se encuentran diversos matorrales de *Fouquieria splendens*, *Larrea tridentata*, *Agave lecheguilla*, *Dasyllirion* sp., *Prosopis juliflora* y algunas herbáceas.

III. 2. 2. 2. Estado de Durango

Para el Estado de Durango, los datos climáticos disponibles son menos abundantes que los del Estado de Chihuahua; en particular, faltan los promedios de las temperaturas mínimas, en las publicaciones de la Dirección General de Meteorología.

Con base en el área ambrotérmica de las formaciones vegetales del Estado de Durango (Figura 29), es de notarse que *Pinus cembroides* prospera en condiciones climáticas muy parecidas a las definidas anteriormente para el Estado de Chihuahua (Figura 28). Sin embargo, el límite inferior de la precipitación media anual alcanza valores mayores a 450 milímetros y la temperatura media anual se extiende de 14 a 20°C. No dispone de datos precisos sobre el número de días con helada, pero según Jauregui (1970), el promedio es superior a 100 días por año, lo que hace pensar en valores mayores a 0° C para mf. La

amplitud térmica media anual es superior a 10°C .

La repartición del índice de Martonne calculado para el conjunto de las estaciones del Estado de Durango se presenta en la Figura 26.

Como en el Estado de Chihuahua, las formaciones de *Pinus cembroides* se localizan en lugares de clima semihúmedo o de transición. En el caso de la zona con clima de transición, dichas formaciones se sitúan en la franja occidental, mientras que en la franja

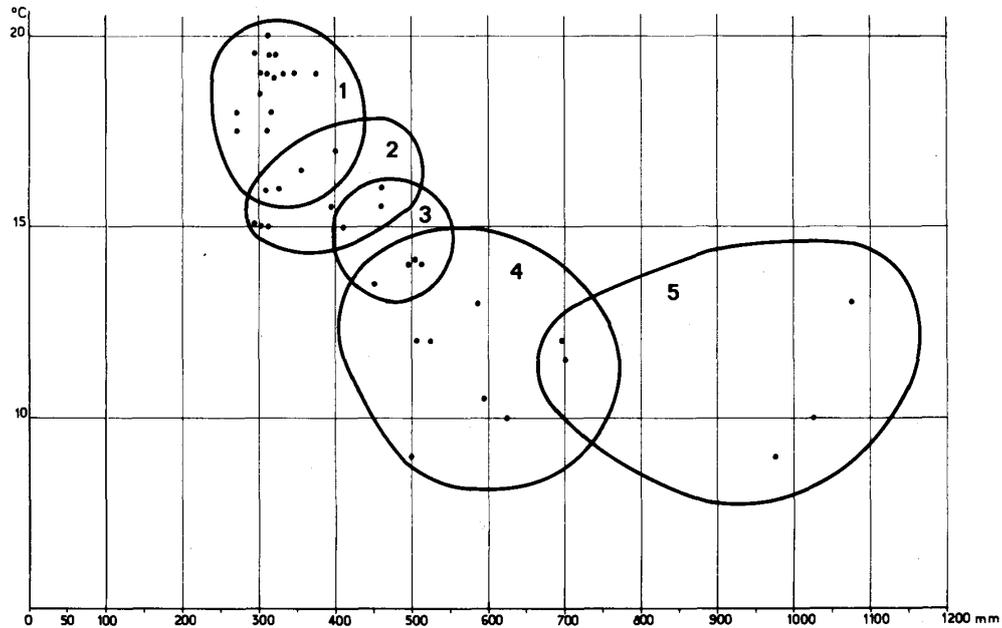


Fig. 28 - Áreas ombrotérmicas de las formaciones vegetales en el Estado de Chihuahua: 1. formación xerofítico: *Larrea tridentata*, *Fouquieria splendens*, *Agave* sp.; 2. pradera o formación baja de encinos; formación de *Pinus cembroides* dominante; 4. bosque de *Pinus* pl. sp. dominante; 5. Bosque de *Pinus* pl. sp., *Pseudotsuga*, *Abies* y *Picea* sp.

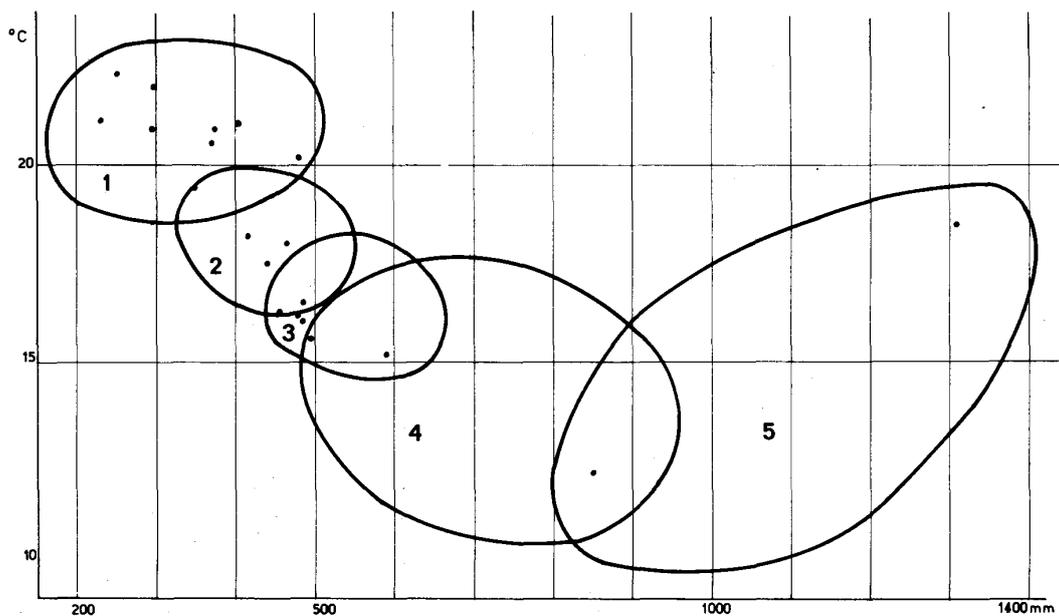


Fig. 29 - Áreas ombrotérmicas de las formaciones vegetales en el Estado de Durango: 1. formación xerofítico; 2. pradera; 3. formación de *Pinus cembroides* dominante; 4. bosque de *Pinus* pl. sp. dominante; 5. Bosque de *Pinus* pl. sp., *Pseudotsuga*, *Abies* y *Picea* sp.

oriental habitan praderas y formaciones bajas de encinos (Gentry, 1957).

III. 2. 3. Sierra Madre Oriental

El índice de Martonne, calculado con los datos meteorológicos del Estado de Coahuila varía de 4 a 14, lo que se traduce en tres tipos de climas: desértico, árido y semiárido, Las formaciones de *Pinus cembroides* se encuentran en zonas con clima del

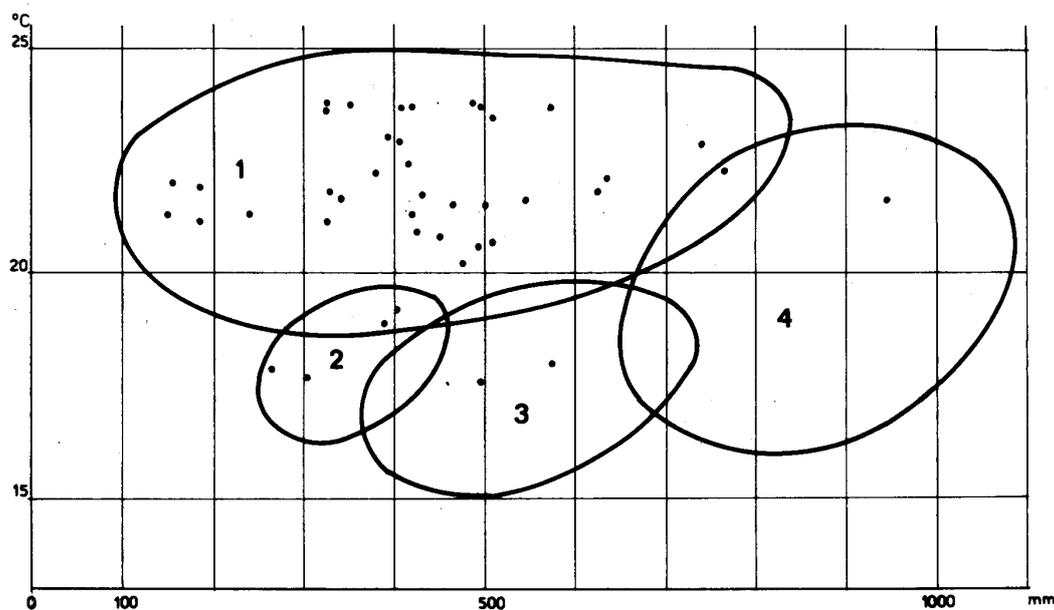


Fig. 30 - Áreas ombrotérmicas de las formaciones vegetales en los estados de Coahuila y Nuevo León : 1. formación xerófitica con *Larrea tridentata*, *Opuntia* sp.; 2. formación de *Pinus cembroides* dominante ; 4. formación de *Pinus arizonica* dominante ; 5. Bosque mesófilo

último tipo.

En el Estado de Nuevo León, por el contrario, se observa la existencia de los siete tipos climáticos definidos por Martonne. Las formaciones de *Pinus cembroides* se desarrollan en regiones con clima de transición.

Las áreas ombrotérmicas delimitadas para los Estados de Coahuila, Nuevo León, San Luis Potosí y Zacatecas, ponen de manifiesto el clima donde prosperan las formaciones de *Pinus cembroides* (figuras 30 y 31) y además, los sitúan con respecto a las otras formaciones vegetales.

En los Estados de Coahuila y Nuevo León, las formaciones xerófitas de *Larrea tridentata* se sobrepone a las otras formaciones, predominando en aquellas zonas cuya precipitación media anual es del orden de los 200 a los 500 milímetros pero con temperatura media anual cercana a los 20°C, es decir, superior a la que soportan las otras formaciones. En la Sierra Madre Oriental, el área que ocupa *Pinus cembroides* tiene un clima de tipo más seco que la que ocupa en la Sierra Madre Occidental (la precipitación media anual varía de 250 a 400 milímetros, y también más cálida (la temperatura media anual alcanza valores del orden de 17 a 20°C.).

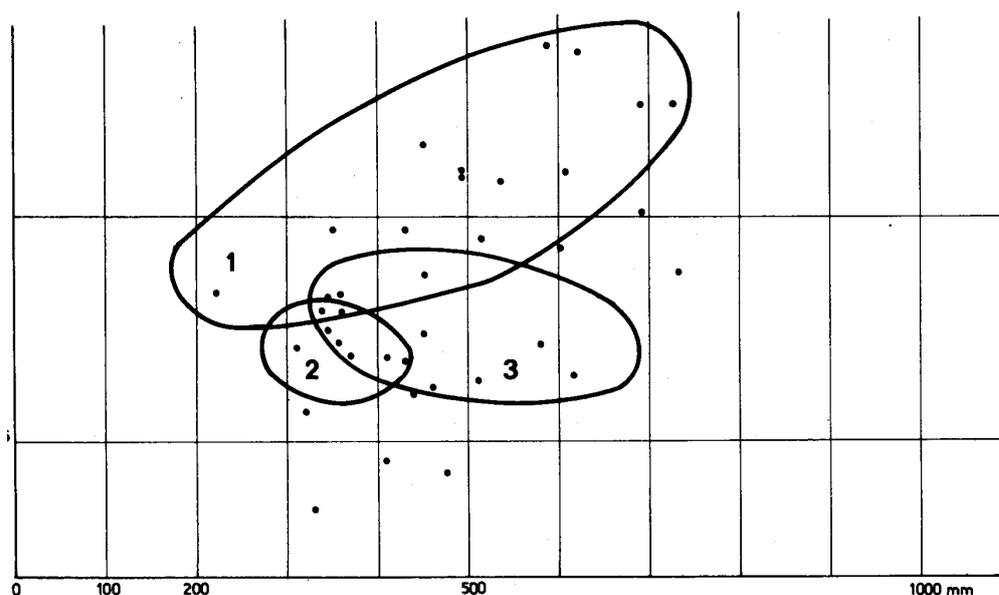
E n
l o s

Fig. 31 - Áreas ombrotérmicas de las formaciones vegetales en los Estados de Zacatecas y San Luis Potosí : 1. formación xerófito con *Larrea tridentata*, *Opuntia* sp.; 2. formación de *Quercus* sp.; 3. formación de *Pinus cembroides*

Estados de Zacatecas y San Luis Potosí se observan condiciones similares a las descritas para los Estados de Coahuila y Nuevo León. Se debe mencionar aquí una superposición remarcada entre sí de las tres formaciones siguientes : de plantas xerófitas, de *Quercus* pl. sp., y de *Pinus cembroides*, razón por la cual se puede considerar que estas tres formaciones además de ser ligadas se derivan entre sí.

En el centro de México, debido a la importancia de los cultivos es difícil establecer el área ombrotermica de las formaciones vegetales.

III. 2. 4. Conclusiones

El estudio precedente indica, a pesar de la escasez de los datos climáticos, que las formaciones de *Pinus cembroides* se desarrollan en climas de uno de los tres tipos siguientes: semihúmedo, de transición o semiárido. Por otra parte, la temperatura media anual es el factor que distingue entre sí, a las formaciones de *Pinus cembroides* de México.

El límite entre las formaciones de *Pinus cembroides* y los bosques de *Pinus* pl. sp. se define con claridad, condicionando por factores climáticos, como se encontró en la Sierra Madre Occidental. Mientras que el límite de las formaciones de *Pinus cembroides* con los pastizales o las formaciones bajas de encinos, los cuales prosperan también en zonas con clima de transición, es más difícil de definir. Este último límite, debe relacionarse más bien con la influencia del hombre.

Para profundizar el presente estudio y responder algunas interrogantes que por el momento no pueden ser resueltas, se necesita un estudio de fenología y fisiología de

Pinus cembroides, conjuntamente con mediciones precisas de la temperatura. Entre las interrogantes se citan las dos siguientes:

1 ¿Se pueden atribuir los falsos anillos de crecimiento de *Pinus cembroides* a variaciones de las precipitaciones?

2 ¿La producción de semillas es irregular, como se pone de manifiesto en el este de México, donde la recolección es buena cada cuatro o cinco años (Anuario de las Producciones Forestales, 1959-1969). Debido a que el comercio de semillas (piñones) está poco desarrollado en el oeste de México, no existen datos disponibles.

Los campesinos de las Sierras Madre Oriental y Occidental señalan una relación entre la producción de semillas y la crudeza del invierno, lo cual no es el único elemento determinante. Se debe mencionar también que, cada año, los comerciantes mayoristas de la Merced, mercado de la Cd. de México son abastecidos de piñones por pequeños comerciantes provenientes principalmente de Vizarrón, Hidalgo, o de Matehuala (San Luís Potosí). Por eso, se supone la existencia e intervención de otros factores climáticos, en la fructificación de esta especie.

III. 3. LÍMITES ALTITUDINALES DE LAS FORMACIONES DE *PINUS CEMBROIDES*

En México, el límite altitudinal inferior de *Pinus cembroides* s.l. alcanza los 1 100 metros; a ésta altitud se conoce *Pinus catarinae*, cuyo taxón fué descrito en el primer capítulo. El límite altitudinal superior llega hasta 2 900 metros donde se desarrolla *Pinus johannis*, en Concepción del Oro (Zacatecas).

A continuación se precisa con mayor detalle el lugar que ocupan las formaciones de *Pinus cembroides*, entre la sucesión altitudinal de las formaciones vegetales.

III. 3. 1. Sucesión altitudinal de la Sierra Madre Oriental

Al noroeste del Estado de Coahuila, en la Sierra Santa Fe del Pino, se encuentra *Pinus edulis* a una altitud de 2 000 a 2 100 metros en la vertiente norte de una cañada; acompañan a esta especie algunos ejemplares de *Pinus arizonica*, única especie arbórea presente en la vertiente sur. La población de *Pinus edulis* se sitúa dentro de un conjunto de formaciones heterogeneas de plantas leñosas bajas y gramíneas, donde predomina alguna de las especies siguientes: *Quercus intricata*, *Cercocarpus montanus*, *Arbutus xalapensis*, *Andropogon gerardi*, *Botriochloa* sp. y algunos individuos de *Quercus canbyi* o de *Pinus arizonica* los cuales sobresalen de esta formación baja. En los fondos de los valles se desarrolla una formación leñosa alta y abierta de *Pinus arizonica*, con gramíneas. Recientemente se han incendiado grandes zonas de formación baja. Las talas inmoderadas y los incendios perturban las formaciones vegetales de esta sierra, en la cual *Pinus edulis* subsiste únicamente en la región centro.

Sobre la vertiente oeste de la Sierra Santa Fe del Pino, la sucesión altitudinal de especies es la siguiente:

- 1 500 metros: *Juniperus deppeana*, de 1 metro de alto, está presente entre los matorrales de *Yucca carnerosana*, *Agave lecheguilla*, *Prosopis juliflora*, *Buddleia* sp., *Bouteloua gracilis* y *Bouteloua curtipendula*. Esporádicamente, se encuentran formaciones tupidas y bajas de *Juniperus deppeana*.

- 1 650 metros: además de las especies mencionadas anteriormente, se encuentra *Quercus intricata*, de 2 metros de altura.

- En lugares situados a 1 700 metros de altitud la comunidad está caracterizada por la presencia de *Pinus arizonica* y *Juniperus deppeana*, de 5 a 6 metros de alto; así como por *Berberis trifoliata*, *Sophora secundiflora*, *Rhus trilobata* y algunos manchones bajos de *Quercus intricata*; esta formación leñosa heterogénea, indica perturbaciones de origen humano o animal.

En esta Sierra, *Pinus arizonica* alcanza una altitud inferior a la de *Pinus edulis*.

Sin embargo, en la Sierra Encantada, *Pinus edulis* se encontró a 1 600 metros en una formación vegetal muy perturbada y en las cercanías de una zona minera.

En la Sierra Madera del Carmen, que es de acceso más difícil que la Sierra Santa Fe del Pino, se nota una sucesión altitudinal de especies más manifiesta. Después de los matorrales de *Dasyllirion* sp., la sucesión sobre la vertiente suroeste, es la siguiente:

- en alturas de 1 500 metros: predomina la formación baja de *Quercus intricata*.
- de 1 750 a 1 800 metros: se observa la formación baja de *Pinus cembroides*, con *Juniperus deppeana* y *Quercus canbyi*.
- a 2 300 metros: se distingue la formación alta cerrada de *Pinus ayacahuite*, *Pinus durangensis* y *Pinus cooperi*, con *Quercus canbyi*.

Las formaciones de *Pinus cembroides* en el interior de la Sierra, son más altas que las observadas en la vertiente exterior.

A pesar de que las Sierras Santa Fe del Pino y del Carmen se encuentran en latitudes análogas, su zonificación es ligeramente diferente. Además, no se han encontrado ejemplares de *Pinus arizonica* en la Sierra Madera del Carmen. Se debe quizá, esta ausencia a la naturaleza de la roca-madre, que es calcárea en la Sierra Santa Fe del Pino y eruptiva en la Sierra Madera del Carmen.

Más al sur, en la Sierra de la Paila, está presente *Pinus arizonica*. La sucesión altitudinal de las especies en la vertiente norte, es la siguiente:

- de 1 200 a 1 400 metros: el matorral submontano de *Koeberlinia spinosa* y *Leucophyllum laevigatum*, etc...
- entre los 1 400 a 1 500 metros: *Juglans microcarpa* abunda en el matorral ya descrito.
- de 1 500 a 1 650 metros: una formación compleja leñosa, alta y baja, de *Berberis trifoliata*, *Quercus invaginata*, *Quercus laceyi*, *Quercus gravesii*, *Fraxinus cuspidata* y *Prosopis juliflora*.
- de 1 650 a 1 850 metros: en algunos lugares domina *Pinus arizonica*.
- de 1 850 a 1 950 metros: se destaca *Pinus cembroides*.

Esta sucesión altitudinal se presenta continuamente y los límites, entre una formación y la siguiente, no están bien marcados. La formación de encinos abarca numerosas especies del género *Quercus*.

En los valles húmedos del interior de la Sierra de la Paila, a una altitud media de 1 850 metros se encuentran praderas o bien, formaciones leñosas altas de *Pinus cembroides* con gramíneas. Las vertientes interiores, que alcanzan 2 300 metros de altitud, están cubiertas por una formación leñosa mixta de *Pinus arizonica* y encinos. Los ejemplares de *Pinus cembroides* que se encuentran al interior de la Sierra de la Paila, son de los más rectos y altos que se observaron en el conjunto vegetal del área de estudio. Sin duda, esto se debe a las condiciones de microclima, muy particulares, predominantes en este lugar. En verano, el centro de la Sierra de la Paila recibe una precipitación del mismo orden que la registrada en la Sierra de Arteaga, Coahuila.

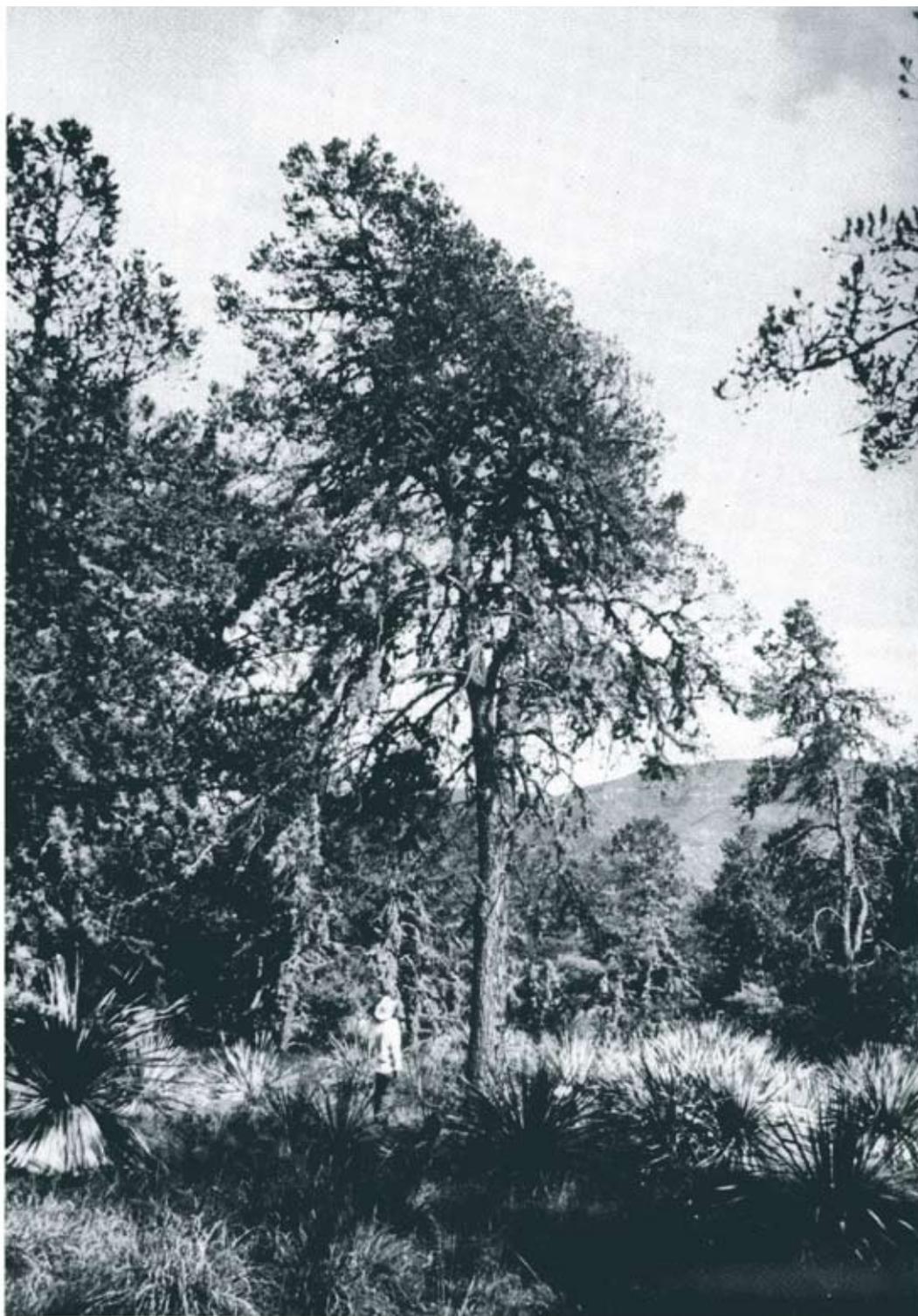
Sin embargo, las coníferas de la Sierra de la Paila están amenazadas por el fuego; en efecto, los árboles viejos y secos se queman fácilmente al ser alcanzados por los rayos solares, provocándose incendios devastadores.

En los valles interiores de la Sierra de la Marta (Municipio de Arteaga, Coahuila), entre los 2 100 y 2 500 metros de altitud, predominan las formaciones leñosas de *Cupressus* sp. o de *Pinus arizonica*. Por su parte, las formaciones de *Pinus arizonica* alcanzan los 3 100 metros de altitud. En las vertientes exteriores de la Sierra de la Marta, el límite inferior de altitud de *Pinus cembroides*, es de 1 900 metros, desarrollándose dentro de una formación compleja de leñosas bajas y gramíneas con *Larrea tridentata*, *Yucca carnerosana*, *Bouteloua* pl. sp.

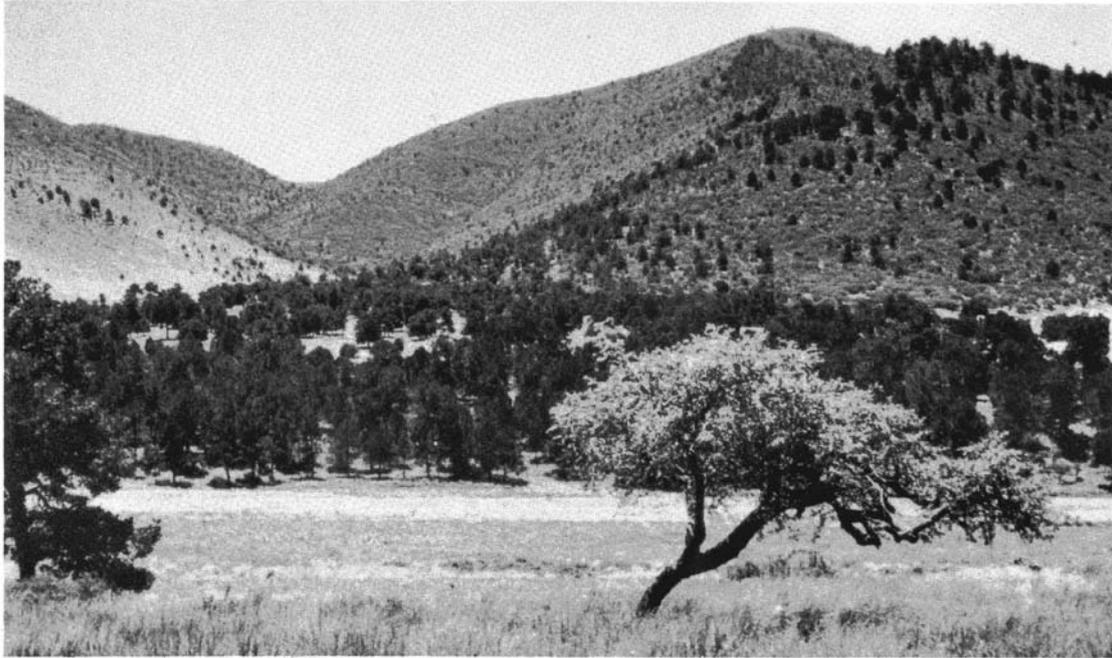
Una situación semejante a la descrita para la Sierra Santa Fe del Pino se presenta cerca de Galeana, Nuevo León, donde *Pinus arizonica* y *Pinus cembroides*, localizados a 1 800 metros de altitud, crecen juntos sobre suelos yesosos. Sobre un perfil de dirección este-oeste, a nivel del Cerro Potosí (Figura 32), se observa que el límite altitudinal inferior de *Pinus cembroides* sobre la vertiente occidental próxima a los 2 300 metros; su límite superior no sobrepasa los 2 500 metros. En la vertiente oriental, *Pinus arizonica* llega hasta los 1 300 metros de altitud, en una formación abierta de *Juniperus deppeana*, la cual está interrumpida por formaciones bajas de encinos.

La formación de *Pinus cembroides* está en contacto, en su límite inferior, con una formación compleja de leñosas bajas, en conjunto con *Agave lecheguilla* y *Euphorbia antisiphilitica*, entre otras especies mientras que el límite superior colinda con una formación leñosa baja de *Quercus grisea* (chaparral) de origen secundario. Esta formación encubre la interface entre el bosque alto de *Pinus ayacahuite* y la formación de *Pinus cembroides* y *Pinus arizonica*. Estas tres formaciones crecen en un suelo de rendzina lítica, pobre en contenido de materia orgánica y con un pH alcalino de 8. La presencia de estos tres tipos de formaciones no se debe a las variables edáficas, sino a las de origen antrópico. En particular el chaparral se ha desarrollado y multiplicado gracias a la tala sistemática de los pinos, y a los incendios frecuentes.

Finalmente, en el centro de la Sierra Madre Oriental, cerca de Aramberri, Nuevo León, desde los 1 400 metros de altitud, crece aisladamente *Pinus arizonica*, dentro de una formación leñosa, baja y compleja, compuesta principalmente por *Prosopis juliflora*, *Acacia constricta*, *Rhus virens*, *Agave* sp. y *Brahea berlandieri*. Después de esta formación



Formación leñosa alta de *Pinus cembroides* con *Stipa tenuissima*, *Stipa eminens* y *Nolina* sp.
1 800 m de altitud.
25°55'20"N, 101°33'20"W, Sierra de la Paila, Municipio de Ramos Arizpe (Coahuila).
5 de agosto de 1975.



Formación alta de *Pinus cembroides*, primero una pradera secundaria con *Quercus pringlei*. Al fondo, a la derecha, una formación baja de *Quercus* sp. y *Pinus cembroides*. 2 250 m de altitud. 25°10'30"N, 101°34'W, Municipio de Saltillo. 21 agosto de 1975.



Formación leñosa de *Pinus cembroides* recientemente destrosada. En el hueco de la cañada, se nota una plantación de manzanos y melocotoneros; a la derecha, sobre el vertiente sur, una formación baja de *Quercus cordifolia*. 1 900 m de altitud. Valle de los Lirios, Municipio de Arteaga (Coahuila). 1 de agosto de 1975.

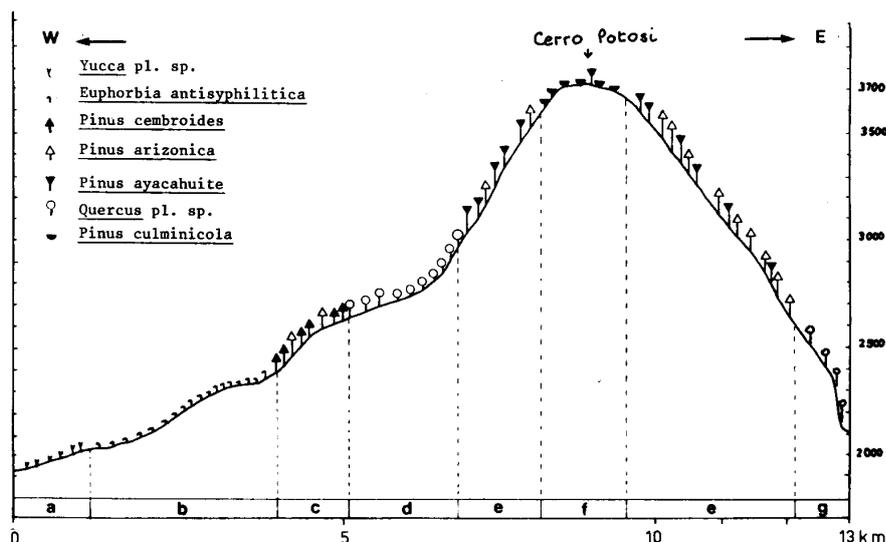


Fig. 32- Corte E-W en la Sierra Madre Oriental, al oeste de Galeana (Nuevo Leon) según el mapa del uso del suelo de Galeana (CETENAL, 1976)

- a. Formación leñosa baja (5 metros de altura) de *Yucca carnerosana* y *Yucca filifera*, con *Larrea tridentata*, *Flourensia cernua* y *Opuntia imbricata*
- b. Formación leñosa, baja y compleja de *Flourensia cernua*, *Agave lecheguilla*, *Euphorbia antisiphilitica* y *Parthenium incanum*
- c. Formación leñosa, alta de *Pinus cembroides* y *Pinus arizonica* con *Arctostaphylos pungens* y *Quercus grisea*
- d. Formación leñosa, baja de *Quercus grisea* (2 metros de altura) con *Arctostaphylos pungens*
- e. Formación leñosa, alta de *Pinus ayacahuite*, *Pseudotsuga macrolepis*, *Pinus hartwegii* y *Abies vejari*
- f. Formación leñosa, baja de *Pinus culminicola* con *Lupinus* sp. y *Euphorbia campestris*
- g. Formación leñosa, baja de *Quercus intricata*, *Q. greggii* y *Q. emoryi*, con *Arbutus xalapensis*, *Yucca carnerosana*, *Garrya ovata* y *Rhus trilobata*

viene otra, de *Juniperus deppeana*, entre los 1 400 y 1 500 metros de altitud. Hacia los 1 500 metros la formación anterior es reemplazada por *Pinus cembroides*, a quien a su vez substituye *Pinus arizonica* a los 1 700 metros. La franja de *Pinus cembroides* aquí presente es muy estrecha.

Por las descripciones anteriores se pone de manifiesto que el límite inferior de *Pinus cembroides* s. str. se sitúa a los 1 400 metros de altitud, en el este del área de estudio. A esta altitud las formaciones de dicha especie son bajas y de poca extensión. Por lo tanto, 1 400 metros representa el límite altitudinal inferior extremo para *Pinus cembroides*, su zona óptima de crecimiento se sitúa entre los 1 900 y 2 400 metros de altitud. Sin embargo, ésta especie llega a desarrollarse hasta los 2 800 metros en Concepción del Oro (Zacatecas), en una área donde es simpátrica con *Pinus johannis*. Las formaciones más altas de *Pinus cembroides* se encuentran en los valles cerrados y húmedos de la Sierra de la Paila y de la Sierra de Arteaga.

Por su límite superior, la formación de *Pinus cembroides* colinda con formaciones leñosas altas de pinos como *Pinus arizonica* y *Pinus ayacahuite*, entre otros. El paso de una formación a otra es progresiva. En el límite inferior, la formación de *Pinus cembroides* colinda con alguna de las formaciones siguientes:

1. Formación baja de encinos

2. Formación baja de enebros
3. Formación compleja de gramíneas y de *Yucca carnerosana*, *Larrea tridentata*, entre otras especies.
4. Formación de herbáceas.

En total, la sucesión altitudinal se presenta así:

1. Matorral sub-montano
2. Formación baja de enebro y encino
3. Formación leñosa baja de *Pinus cembroides*
4. Formación leñosa alta de *Pinus* pl. sp., diferentes de *Pinus cembroides*.

La sucesión anterior es semejante a la descrita por Whittaker en 1975, para las montañas de Santa Catalina, Arizona, aun cuando las especies de pinos y encinos son diferentes.

En las montañas del noroeste del Estado de Zacatecas, las únicas especies presentes son *Pinus cembroides*, *Pinus pinceana* y *Pinus johannis*. Pero a partir de los 2 400 metros de altitud *Pinus pinceana* esta ausente.

III. 3. 2. Sucesión altitudinal en la Sierra Madre Occidental

Un corte esquemático este-oeste, al norte del Estado de Chihuahua, en la región de San Buenaventura a Ignacio Zaragoza (Robert, 1979), indica una sucesión altitudinal de las especies, común a la Sierra Madre Occidental en su conjunto (Figura 34), que es la siguiente:

- 1 500 m.: praderas de *Bouteloua repens* y *Andropogon* sp.
- 1 650 m.: formación baja de *Quercus emoryi*
- 1 850 m.: aparece *Pinus cembroides* en los encinares bajos
- 2 000 m.: formación poco alta de *Pinus cembroides*, con *Quercus grisea* y *Quercus rugosa*.
- 2 500 m.: formación leñosa alta de *Pinus engelmannii* y *Pinus chihuahuana*, con *Quercus* sp. pl.

En las vertientes norte y noreste, el límite altitudinal superior de *Pinus cembroides* alcanza los 2 300 metros; mientras que en las vertientes sur y suroeste dicha línea, se sitúa entre 2 400 y 2 500 metros. La sucesión altitudinal mencionada anteriormente, se encuentra idéntica en el sur del Estado de Chihuahua, rumbo a Balleza. Sin embargo, en algunos lugares situados a lo largo de la carretera de Topia (Durango) la formación de *Pinus cembroides* se llega a encontrar hasta en los 2 700 metros de altitud, en área de poca extensión enclavada en el bosque alto de *Pinus engelmannii* y *Pinus chihuahuana*. Al interior de la Sierra, *Pinus cembroides* se encuentra entre los 2 300 y 2 350 metros de altitud.

Más al sur, en el Estado de Durango, el límite inferior de la formación de *Pinus cembroides* lo constituye una formación leñosa compleja, de *Yucca* sp. o de *Fouquieria splendens*.

III. 3. 3. Sucesión altitudinal al sur del Altiplano Central

El ejemplo de un macizo aislado del Altiplano Central lo constituye la Sierra de San Miguelito, en San Luís Potosí (Robert, 1973). Un corte este-oeste de esa orografía presenta la siguiente sucesión altitudinal (Figura 33):

- 1 800 m.: Formación compleja de leñosas bajas y gramíneas, con *Opuntia* sp., ...
- 1 900 m.: Formación baja de *Quercus potosina*
- 2 000 m.: Formación de *Pinus cembroides* con *Quercus potosina*
- 2 400 m.: Formación leñosa alta de *Pinus* con *Quercus potosina*

En ésta Sierra, los límites altitudinales inferior y superior de la formación de *Pinus cembroides*, defieren de la vertiente oriental a la vertiente occidental.

En la Sierra de Zongolica (Puebla), extremo meridional del área de *Pinus cembroides*, esta especie se establece a los 2 100 metros de altitud, en contacto con la formación baja de *Quercus microphylla*. La formación de *Pinus cembroides* llega a desarrollarse hasta los 2 300 metros de altitud. Pero, cerca de San Luis Atexcac, Puebla, su límite superior alcanza a los 2 700 metros mientras que el límite inferior se sitúa a los 2 300 metros,

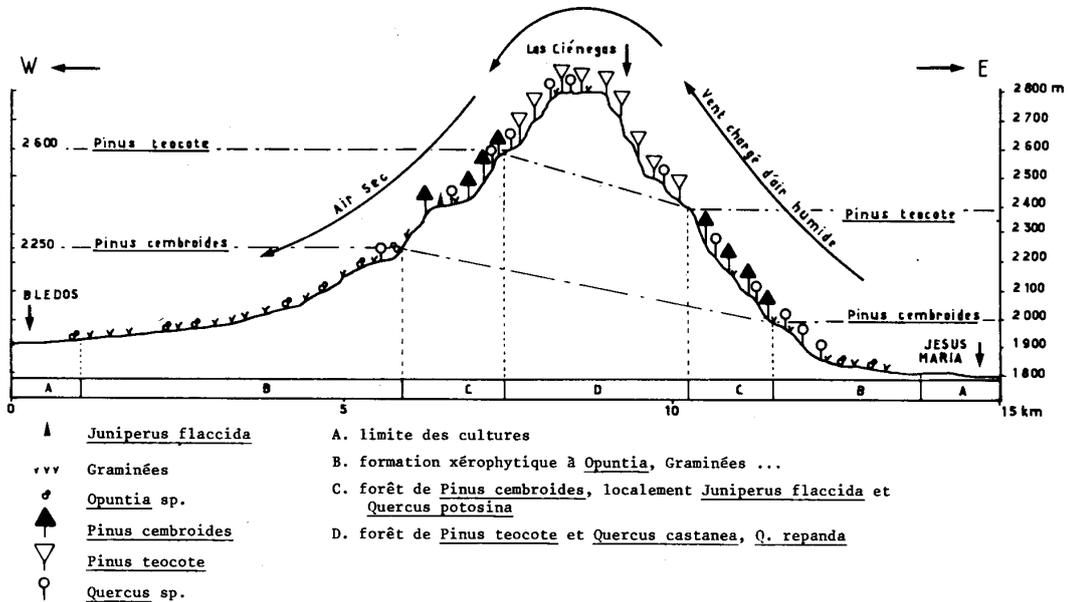


Fig. 33 - Corte esquemático de la Sierra de San Miguelito (San Luis Potosí)

donde *Pinus cembroides* está en contacto con una formación leñosa, baja y compleja, de *Yucca* spp, *Dasylyrion* sp. y *Opuntia* sp.

III. 3. 4. Conclusión

Los límites altitudinales superior e inferior de las formaciones de *Pinus cembroides* presentan variaciones dentro de su área de distribución. Los límites más constantes se observan en la Sierra Madre Occidental, donde la línea divisoria inferior se sitúa entre los 1 800 y 1 900 metros de altitud y la superior, entre los 2 300 y 2 500 metros.

Sin embargo, a lo largo y a lo ancho del área de distribución, *Pinus cembroides* ocupa un lugar específico dentro de la sucesión altitudinal de especies. A manera de recordatorio se cita la sucesión siguiente:

- nivel inferior: formación baja de *Quercus* sp. o de *Juniperus* sp.

- nivel superior: formación leñosa alta de *Pinus* pl. sp., diferente de *Pinus cembroides*.

Dentro de este esquema se presentan las excepciones siguientes:

1. Contacto de la formación de *Pinus cembroides*, en su parte inferior, con la formación xerófito de *Yucca*, etc...

2. Ausencia de la formación leñosa alta de *Pinus* pl. sp.

Las posibles relaciones entre la altitud a la cual se encuentran las formaciones de *Pinus cembroides* y su dinámica, se precisarán a continuación.

III. 4. DINÁMICA DE LAS FORMACIONES DE *PINUS CEMBROIDES*

La dinámica de las formaciones de *Pinus cembroides* se relaciona con la variable antrópica. En efecto, la estructura de la formación, y en particular el diámetro de los troncos de *Pinus cembroides*, dan noción de la acción reciente del hombre y de la dirección de la extensión, de la formación.

Sobre la aseveración anterior, se tiene un ejemplo en los tipos de formaciones leñosas existentes en los alrededores de Ignacio Zaragoza, Chihuahua; en donde, por medio de un perfil en la Sierra, en dirección este-oeste, de San Buenaventura a Ignacio Zaragoza, se identifican las principales formaciones vegetales presentes (Robert, 1977) que son:

- a) la pradera
- b) una formación baja de *Quercus emoryi*
- c) una formación de poca altura de *Pinus cembroides* con *Quercus* pl. sp.
- d) una franja ecótona de 20 kilómetros de amplitud aproximadamente
- e) los cultivos
- f) la formación leñosa alta de *Pinus* pl. sp. con *Quercus* pl. sp.
- g) la formaciones abiertas de *Pinus cembroides*
- h) una formación baja de enebros.

Los datos de las condiciones de las muestras, así como la composición del estrato arbóreo y la edad promedio de los árboles aparecen en el cuadro 26.

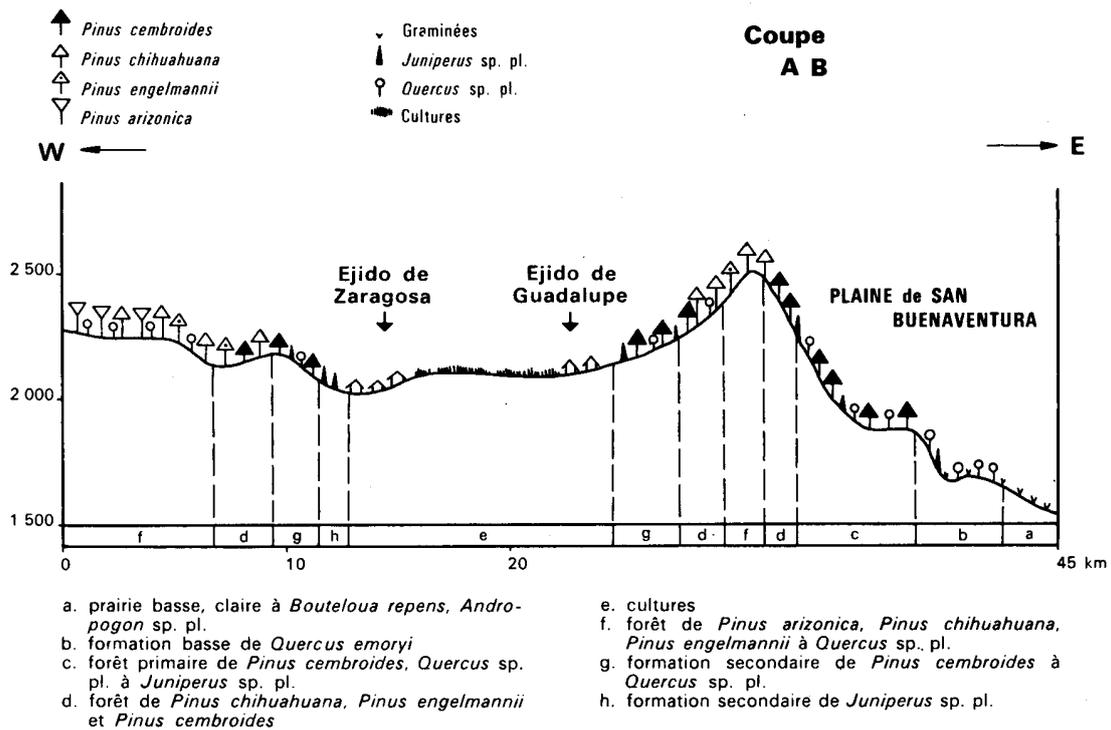
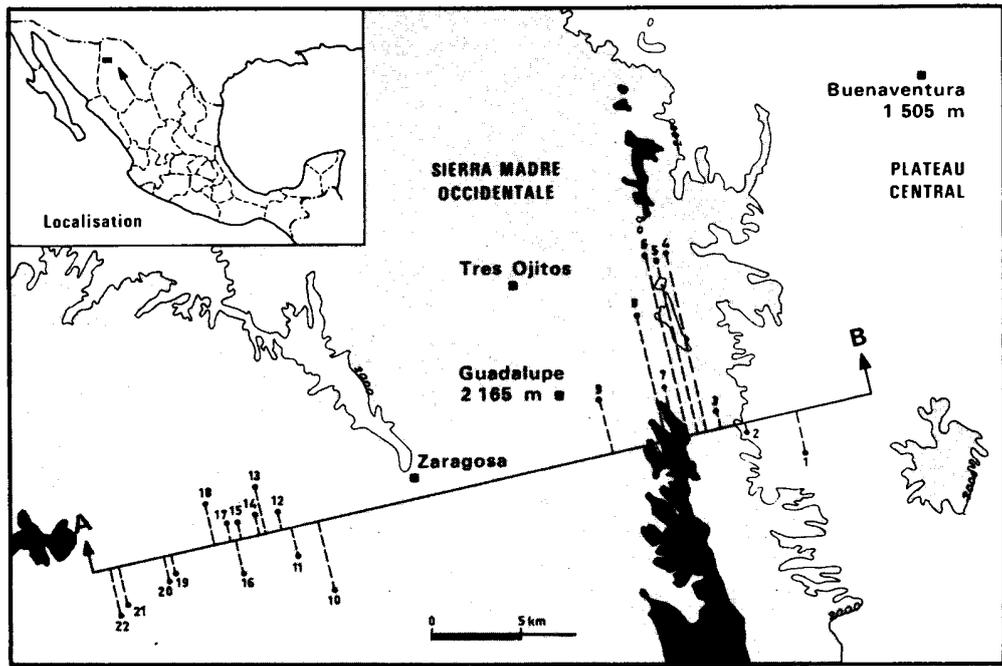


Fig. 34 - Corte en la Sierra Madre Occidental.

La información detallada de las formaciones de las cuales se tomó la información, es la siguiente:

a) Pradera: situada entre los 1 500 y 1 750 metros de altitud, en esa zona, el suelo está recubierto por un pastizal bajo de *Bouteloua repens*, *Andropogon* pl. sp., *Aristida* sp. y *Sporobolus* sp., localmente suplantada por islotes de *Fouquieria splendens*, *Opuntia intricata* o *Prosopis juliflora*.

b) Hacia los 1 650 metros, empiezan a aparecer, aislados, los primeros encinos, *Quercus emoryi*, que poco a poco, van constituyendo una formación baja (muestra 1, Figura 34), en la cual abundan las gramíneas. Los primeros individuos de *Pinus cembroides* se encuentran a los 1 850 metros de altitud.

c) A los 2 150 metros se encuentra una formación de *Pinus cembroides* con *Quercus grisea* y *Quercus rugosa* (muestra 2), de poca altura, en la cual pueden existir algunos enebros entre los más frecuentes se tienen *Juniperus deppeana* y *Juniperus flaccida*. Esta formación llega hasta los 2 500 metros de altitud sobre las vertientes sur y suroeste, mientras que en las vertientes norte y noreste se observa a 2 300 metros. A mayor altitud, ésta formación es suplida por una formación alta de *Pinus engelmannii* y *Pinus chihuahuana* (Figura 34) que franquea la barrera rocosa a nivel de cañadas afectadas por la erosión.

d) Progresivamente, la formación leñosa de *Pinus cembroides* localizada al este de Guadalupe a 2 300 metros de altitud, pasa a una formación alta de *Pinus chihuahuana*, *Pinus engelmannii* y *Pinus cembroides*, en la cual *Quercus grisea* y *Quercus hypoleucoides* son más o menos abundantes. A esta formación, donde se mezclan pinos de ecología seca y pinos mesófilos, se le da el nombre de franja ecótonal. La franja ecótonal se presenta en fragmentos discontinuos de uno a otro lado de los cultivos (segmento "e", Figura 34), al este de Guadalupe (muestra 8) y al oeste de Ignacio Zaragoza. En algunos lugares, la franja ecótona ha sido remplazada por formaciones muy abiertas de *Pinus cembroides* y de encinos (muestras 6 y 11) o por una formación baja de enebros (segmento "h", Figura 34). La formación de enebros se localiza en las salientes y laderas pedregosas con suelo delgado normalmente situados en las cercanías de los poblados. El fruto del enebro es comestible después de las heladas y sus semillas las propagan el hombre, y los animales, invadiendo los espacios abiertos y erosionados. Algunas formaciones de enebros se observan en las fotografías de 1960, otras tienen menos de 10 años, pero todos los enebros están muy ramificados y tienen un gran recubrimiento basal. Se indica que la madera ha sido, y aún lo es, utilizada como postes en la construcción de cercas.

Más al oeste, atravesando esta formación de enebro, se penetra en la franja ecótona que insensiblemente se convierte en bosque húmedo.

e) Localmente, la formación alta primaria de *Pinus chihuahuana*, *Pinus engelmannii*, *Pinus arizonica* var. *stormiae* y *Pinus ayacahuite* con *Quercus crassifolia* (muestras 14 y 17), ha sido talada, regenerándose frecuentemente. En ocasiones, *Quercus* pl. sp. y *Juniperus* pl. sp. son dominantes (muestra 19); en algunos lugares, *Pinus cembroides* coloniza éste bosque (muestra 22).

| | | | | | |
|---|---|---|--|---|---|
| 1 N° des relevés | 1 | 2 | 6 | 7 | 8 |
| 2 Lieu | Municipio San Buenaventura | Cuesta las Emas, San Buenaventura | Municipio I. Zaragoza | Los Puentes, Guadalupe I. Zaragoza | Arroyo Seco, Guadalupe |
| 3 Altitude | 1 350 m | 2 170 m | 2 400 m | 2 270 m | 2 250 m |
| 4 Exposition | N.-E. | E. | W. | N. | S.-W. |
| 5 Pente | 16-24 % | 36-48 % | | | |
| Surface couverte par : | | | | | |
| 6 roche dure et blocs | 40 % | 30 % | 5 % | 10 % | 5 % |
| 7 pierrailles | 5 % | 15 % | 20 % | 20 % | 25 % |
| 8 terre fine | 20 % | 10 % | 40 % | 10 % | 35 % |
| 9 végétation | 30 % | 40 % | 32 % | 30 % | 30 % |
| 10 litière | 5 % | 5 % | 3 % | 30 % | 5 % |
| 11 Type de formation | complexe : herbacées et ligneux bas, très claire | ligneuse peu haute | ligneuse peu haute | ligneuse haute, claire | ligneuse haute, claire |
| 12 Composition de la strate arborée | 95 % <i>Quercus emoryi</i> hauts de 2 à 4 m 54 % <i>Juniperus flaccida</i> | 30 % <i>Pinus cembroides</i> hauts de 5-6 m 15 % <i>Quercus rugosa</i> et <i>Quercus grisea</i> 5 % <i>Juniperus flaccida</i> | 90 % <i>Pinus cembroides</i> 5 % <i>Juniperus flaccida</i> 5 % <i>Quercus rugosa</i> | 25 % <i>Pinus engelmannii</i> hauts de 15-20 m 25 % <i>Quercus rugosa</i> hauts de 1 m 20 % <i>Juniperus deppeana</i> 15 % <i>Q. hypoleucoides</i> de 5 à 8 m de haut 5 % <i>Pinus cembroides</i> | 55 % <i>Pinus cembroides</i> hauts de 8 m 30 % <i>Quercus grisea</i> 10 % <i>Juniperus deppeana</i> 5 % <i>Pinus chihuahuana</i> hauts de 15 m |
| 13 Indications sur l'âge et la hauteur des arbres | | | Parmi les pins 10 % ont un diamètre de 40-50 cm soit un âge moyen de 250 ans. | Nombreux jeunes <i>Pinus engelmannii</i> hauts de 20 à 50 cm. | Pas de régénération de <i>Pinus chihuahuana</i> : <i>Pinus cembroides</i> est coupé. |

| | | | | | |
|---|--|---|---|--|---|
| 1 N° des relevés | 11 | 14 | 17 | 19 | 22 |
| 2 Lieu | La Casita I. Zaragoza | La Mesa del Porvenir I. Zaragoza | Carro de la Mojonera I. Zaragoza | Leon, I. Zaragoza | Cocono, I. Zaragoza |
| 3 Altitude | 2 100 m | 2 250 m | 2 300 m | 2 270 m | 2 250 m |
| 4 Exposition | S.-E. | aucune | N. | aucune | N.-W. |
| 5 Pente | 9-15 % | 0-0,9 % | 9-15 % | 0-0,9 % | 36-48 % |
| Surface couverte par : | | | | | |
| 6 roche dure et blocs | 20 % | 25 % | 10 % | 35 % | 35 % |
| 7 pierrailles | 20 % | 20 % | 10 % | 5 % | 10 % |
| 8 terre fine | 20 % | 10 % | 5 % | 15 % | 15 % |
| 9 végétation | 30 % | 40 % | 30 % | 35 % | 35 % |
| 10 litière | 5 % | 15 % | 45 % | 10 % | 15 % |
| 11 Type de formation (*) | ligneuse peu haute, claire | ligneuse haute, dense | ligneuse haute assez claire | ligneuse peu haute, claire | ligneuse peu haute, claire |
| 12 Composition de la strate arborée | 30 % <i>Pinus cembroides</i> hauts de 4 m 20 % <i>Arctostaphylos pungens</i> hauts de 4 m 20 % <i>Quercus incarnata</i> 15 % <i>Juniperus deppeana</i> 10 % <i>Pinus chihuahuana</i> 5 % <i>Pinus engelmannii</i> | 70 % <i>Pinus engelmannii</i> 5 % <i>Pinus chihuahuana</i> 12 % <i>Q. hypoleucoides</i> 8 % <i>Quercus incarnata</i> 5 % <i>Juniperus deppeana</i> | 70 % <i>Pinus arizonica</i> var. <i>stormiae</i> 5 % <i>Pinus chihuahuana</i> 25 % <i>Quercus crassifolia</i> | 35 % <i>Juniperus deppeana</i> 4 m de haut 5 % <i>Juniperus deppeana</i> hauts de 10 à 15 m 25 % <i>Q. grisea</i> 20 % <i>Pinus engelmannii</i> hauts de 20-25 m 10 % <i>Pinus cembroides</i> de 8 à 12 m de haut 5 % <i>Q. hypoleucoides</i> | 50 % <i>Quercus grisea</i> 45 % <i>Juniperus deppeana</i> hauts de 4 m 5 % <i>Pinus engelmannii</i> de 25 m de haut |
| 13 Indications sur l'âge et la hauteur des arbres | La population de pins est constituée d'individus jeunes. | Les pins ne dépassent pas 12 m de haut : de nombreuses plantules et des plants de 20 cm à 1 m de haut sont observables. Quelques plantules de <i>Pinus cembroides</i> . | Les pins se régénèrent : nombreuses plantules et individus dont les diamètres s'échelonnent entre 5 et 25 cm. | Age moyen des pins : <i>Pinus engelmannii</i> 120-150 ans (**) <i>Pinus cembroides</i> 250-300 ans (*). | Les plantules de <i>Pinus cembroides</i> sont plus nombreuses que celles de <i>Pinus engelmannii</i> . |

(*) Age déterminé en comptant les anneaux de croissance sur des carottes prélevées à la tarière de Pressler.
 (**) Déterminé en comptant les anneaux de croissance sur des troncs coupés.

CUADRO 26 - Datos de las condiciones de las muestras, composición del estrato arbóreo y edad promedio de los arboles

Asimismo, la formación leñosa alta de *Pinus* pl. sp. se encuentra al este de Guadalupe, en las vertientes expuestas al norte y noreste, en una altitud superior a 2 300 metros (muestra 7).

Esta descripción indica que la transición entre la pradera y la formación primaria de *Pinus cembroides* con *Quercus* pl. sp. se observa en las inmediaciones de la Sierra Madre Occidental y del Altiplano Central. El frente de la Sierra Madre Occidental, representa el límite de extensión de *Pinus chihuahuana* y *Pinus engelmannii*, donde se observa protegido a más de 2 300 metros de altitud, en las vertientes menos asoleadas. Pero en éste lugar, su equilibrio biológico es precario, como lo demuestran los efectos causados por la sequía de 1973-1974. La mayoría de éstas formaciones de *Pinus* pl. sp. se secó durante el verano de 1974, a causa del ataque de los insectos escolítidos.

Pinus cembroides se extiende más al oeste de la Sierra Madre Occidental. Las formaciones leñosas de *Pinus chihuahuana*, *Pinus engelmannii* con *Quercus* pl. sp. y *Juniperus* sp. se traslapan en la franja ecótona, lugar donde los límites de ambas formaciones se confunden y pierden su nitidez. La actividad humana provoca, en ésta franja, cambios más profundos que en el centro de las formaciones vecinas. Ya que los cultivos se han realizado principalmente a costa de ésta franja, provocando una ligera aridificación del clima, como parece indicarlo por una parte, el hecho de que los *Pinus engelmannii* y *Pinus chihuahuana* de la franja ecótona, fueron víctimas, en 1974, del ataque de escolitidos y por la otra parte, *Pinus engelmannii* y *Pinus chihuahuana* no se regeneran, o si lo hacen, es muy lentamente y sobre las salientes de la montaña. Los individuos de *Pinus cembroides* existentes en las formaciones secundarias abiertas (muestreo 6), o en la franja ecótona, alcanzan una edad aproximada de 250 a 300 años, indicando que esta especie formaba parte del estrato arbóreo.

La franja ecótona entre el bosque de *Pinus* pl. sp. y el bosque de *Pinus cembroides*, desaparece debido a la explotación del bosque por el hombre y por el sobrepastoreo. *Pinus cembroides*, *Quercus emoryi* y *Quercus grisea*, invaden paulatinamente las formaciones de *Pinus* pl. sp. extendiendo su área hacia el oeste. Esta lenta progresión de *Pinus cembroides* se observa también en el centro de la Sierra, cerca de Bachiriachic.

Adjuntamos que en numerosos lugares de la Sierra Madre Occidental se han cercado parcelas del bosque utilizadas para el pastoreo del ganado, por lo que no se observa renuevo. Otra vez, algunos ganaderos talan los pinos, favoreciendo el desarrollo de los encinos, ya que sus bellotas las come el ganado; mientras que otros ganaderos, por el contrario, cortan los encinos y respetan los pinos. Estas prácticas podrían explicar la yuxtaposición de formaciones constituidas ya sea únicamente por encinos, únicamente por pinos, o bien, formaciones mixtas; ésta mosaica de formaciones se observa frecuentemente, tanto en el este como en el oeste de México.

Al este, o sea en la Sierra de la Marta, Coahuila, se constató que el bosque alto de *Pinus cembroides* está en regresión, en beneficio de las plantaciones de manzanos y de duraznos. Sin embargo, existen formaciones de *Pinus cembroides* que se renuevan constantemente, mientras que otras, como las de la Sierra de la Paila, no lo hacen. La causa directa de éste fenómeno parece ser, sin lugar a dudas, el pastoreo continuo de cabras.

La dinámica de las formaciones de *Pinus cembroides* tiene tres tendencias generales de desarrollo que son: la conquista, el statuquo y la regresión.

El statuquo puede estar acompañado del retoño de plántulas o plantas jóvenes o, por el contrario, carecer de retoño.

En el este, la conquista se observa a un nivel altitudinal inferior al de la formación de *Pinus cembroides*, a expensas de la formación baja de *Larrea tridentata*, *Yucca*, o bien, de formaciones abiertas de gramíneas. En el oeste, al contrario, la conquista se observa en el límite altitudinal superior de la formación de *Pinus cembroides*, a expensas de la ocupación, lenta, del territorio de *Pinus* pl. sp.

CONCLUSIÓN GENERAL

Se ha precisado el área de *Pinus cembroides* s.l. dentro de la Sierra Madre Occidental y en la mitad norte de la Sierra Madre Oriental. Se observa que *P. cembroides* var. *lagunae*, taxón descrito en este trabajo, se encuentra únicamente en un macizo del Estado de Baja California Sur. *P. cembroides* var. *cembroides* es el único de todos los taxones del grupo *Cembroides* que llega al límite latitudinal meridional del grupo: a los 18° N, en el Estado de Puebla, en tanto que *Pinus edulis* y *Pinus remota* están ausentes más al sur de los 25° N.

En el interior de los bosques de *Pinus cembroides* y de las formaciones vegetales adyacentes se individualizan grupos cenológicos. Cada uno de ellos presenta dos tendencias: una de ellas mesófila y la otra xerófila. Los grupos cenológicos de los bosques de *Pinus cembroides* de la Sierra Madre Occidental son diferentes de los de la Sierra Madre Oriental.

El método de perfiles ecológicos establecido en el Centre Emberger del C.N.R.S. de Montpellier (Francia) ha permitido establecer relaciones entre las especies vegetales y las variables ecológicas. Las variables climáticas y antrópicas aparecen como las variables de influencia más directa sobre los bosques de *Pinus cembroides*. Por otra parte *P. cembroides* aparece como especie indiferente al pH del horizonte superficial del suelo y a la roca madre. Son muy pocas las plantas indicativas de *Pinus cembroides* y difieren del este al oeste de México. Al igual que las especies de los grupos cenológicos presentan una repartición muy amplia. Ninguna especie diferencia las formaciones de *Pinus cembroides* dominante de las formaciones adyacentes de *Quercus* pl. sp. dominantes.

Los bosques de *Pinus cembroides* de la Sierra Madre Occidental y del sur del Estado de Baja California Sur, se desarrollan en clima semihúmedo o de transición con invierno frío. En tanto que, los bosques de la Sierra Madre Oriental y del sur de la Meseta central se sitúan en clima semiárido o de transición. Dentro de la Sierra Madre Oriental, *P. cembroides* esta adaptado a un clima más seco y más cálido que el presente en la Sierra Madre Occidental.

El límite altitudinal inferior de los bosques de *Pinus cembroides* s. l. se sitúa a 1 100 metros: *Pinus catarinae*, taxón descrito en este trabajo, llega a este límite. *P. cembroides* var. *cembroides* no se observa más abajo de los 1 500 metros pero alcanza los 2 900

metros, límite altitudinal superior de *P. cembroides* s.l. A esta altitud, convive con *Pinus johannis*. Es interesante anotar que *Pinus cembroides* tiene formas enanas en los límites extremos de su escala altitudinal.

Han sido observadas y descritas muchas variaciones al interior de *P. cembroides* en el transcurso de esta investigación. Sin embargo, en el futuro hay que realizar estudios complementarios para comprender la relación entre ecología y sistemática del grupo *Cembroides*, en particular de *Pinus cembroides* s. l.

BIBLIOGRAFIA

- ABRAMSON, N. 1963. *Information theory and coding*, Mc Graw Hill, 201 p.
- AGUILERA, N. 1955 : Los suelos tropicales de México. in *Mesas redondas sobre problemas del Tropico Mexicano*, 3-24.
- ALONSO DE LA MOTA Y ESCOBAR, D., 1940 : *Descripción geográfica de los Reinos de Nueva Galicia, Nueva Vizcaya y Nuevo León, 1602-1605*. Ed. Pedro Robredo, México.
- ALVAREZ GOMEZ, A. 1974 : *Boletín meteorológico*, N° 10, 1957 a 1971. Unión Ganadera Regional de Chihuahua, 301 p.
- ANDERSON, E. 1936a : Hybridization in American Tradescantias. *Ann. Missouri Bot Gard.*, 23, 511-525.
- ANDERSON, E. 1936b: The species problem in *Iris*. *Ann. Missouri Bot. Gard.*, 23, 457-509.
- ANDERSON, E. 1948: Hybridization of the habitat. *Evolution*, 2, 1-9.
- ANDERSON, E. 1951 : Concordant versus discordant evolution in relation to introgression. *Evolution*, 5, 133-144.
- ANDERSON, E. 1953: Introgressive hybridization. *Biol. Rev.*, 28, 280-307.
- ANDRESEN, J. W. et BEAMAN, J. H. 1961 : A new species of *Pinus* from México. *Journal Arnold Arboretum*, 2, XLII, 437-441.
- ANONIMO 1939 : *Geografía económica del Estado de Hidalgo*. Banco de Comercio, México.
- ANONIMO 1965 : *Inventario Forestal del Estado de Chihuahua y Sonora*. SAG., México.
- ANONIMO 1959-1969: *Anuario de las producciones forestales de México*.
- ANONIMO 1969 : *Seminario y viaje de estudios de coníferas latino-americanas*. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. México. Publicación especial 1.
- ANONIMO 1970 : *La economía del Estado de Coahuila*, Banco de Comercio, México.
- ANONIMO 1972 : *Inventario Forestal del Estado de Zacatecas*, México, Publ. 22.
- ARCAUTE, R. 1965 : Los pinos de la Sierra de la Paila, *Tesis profesional*, Esc. Sup. Agr. "Antonía Narro", Buenaventura, Coahuila, 19-37.
- AUBREVILLE, A. 1962 : *Projet d'une classification des principales formations végétales du Mexique dans le cadre d'une classification générale des formations végétales tropicales et subtropicales*.
- ARBINGAST, S. A. 1975 : *Atlas of México*. Bureau of Business Research. Univ. Texas, Austin, 164 p.
- ARNOLD, C. A. 1948 : Classification of Gymnosperms from the viewpoint of Paleobotany. *Botanical Gazette*, 110, 2-12.
- AVILA, F. A. 1908 : *Durango su clima, su riqueza, su porvenir*. Imprenta del Gobierno, Durango, 40 p.
- AXELROD, J. D. 1941 : The concept of ecospecies in Tertiary paleobotany. *National Acad. Sci. Proc.*, 27, 545-551.
- AXELROD, J. D. 1948 : Climate and evolution in western North America during middle Pliocene time. *Evolution*, 2, 127-144.
- AXELROD, J. D. 1950: *Evolution of desert vegetation in western North America*, Carnegie Inst. Wash. Publ., 590.
- AYMONIN, G. 1963 : Las colecciones botánicas mexicanas en el Museo de Paris. *Ile Congr. Soc. Méx. Bot.*, San Luis Potosi.
- BAILEY, D. K. 1970 : Phytogeography and taxonomy of *Pinus* sub-section *Balfourianae*. *Ann. Missouri Bot. Gard.*, 57, 210-249.
- BAILEY, D. K. et HAWKSWORTH, F. G. 1979: Pinyons of the Chihuahuan Desert region. *Phytologia*, 44, 3, 129-133.
- BAILEY, D. K. & WENDT, T. 1979 : New Pinyon Records for Northern México, *Southwestern Naturalist*, 24, 2, 389-390.
- BAILEY, L. H. 1924 : *Manual of cultivated plants*. New-York, réédité 1960. 1116 p.
- BAILEY, L. H. 1901 : *Cyclopedia of American Horticulture*, New-York, vol. 3.
- BAGNOULS, F. et GAUSSEN, H. 1953 : Saison sèche et indice xérothermique. *Bull. Soc. Hist nat.*, Toulouse, 88, 193-239.
- BAKER, R. H. 1956 : *Mammals of Coahuila*, México. Publ. Mus. nat. Hist., 9, 7 125-335.
- BAKER, R. H. 1960 : Mammals of the Guadiana Lava Field, Div. México. *Biol. Ser. Publ. Mus.* 7, 9, 305-327.
- BAKEWELL, P. J. 1971: *Minas de Plata, Zacatecas (Edo). Historia silver mining and society in colonial México, Zacatecas, 1540-1700*. Cambridge, 294 p.
- BANDA SILVA, R. 1974 : Contribución al conocimiento de los Encinos del Estado de Nuevo León. *These Biol.*, Monterrey, 55 p.
- BARGUES, A. 1929 : Recherche sur les feuilles du pin maritime, *Thèse de doctorat*, Bordeaux, 153 p.

- BATAILLON, C. 1968 : *Régions géographiques au Mexique*. Trav. et Mém. Inst. Hautes Etudes d'Amérique latine, Paris, 208 p.
- BEAMAN, J. H. 1962: The timberlines of Iztaccihuatl and Popocatepetl, México. *Ecology*, 43, 3, 377-385.
- BEARD, J. S. 1944 : Climax vegetation in tropical America, *Ecology*, 25, 127-158.
- BEARD, J. S. 1953 : *El bosque en el pasado, el presente y el futuro de México*. I.M.R.N.R., México.
- BELTRAN, E. 1964 : *Las zonas áridas del Centro y Noreste de México y el aprovechamiento de sus recursos*. I.N.R.N.N.R., México.
- BELTRAN, E. 1964b : *La batalla forestal*, México, D. F.
- BENZECRI, J. P. 1973 : *Leçons sur l'analyse factorielle et la reconnaissance des formes. L'analyse des données. Problèmes et méthodes de la taxinomie*. Dunod, Paris.
- BILLINGS, W. D. : *Les bases écologiques de la régénération de la végétation des zones arides*. Union inter. Sciences. U.N.E.S.C.O., Série B. Biologie.
- BOOTH, W. E. 1941: Revegetation of abandoned fields in Kansas and Oklahoma. *Amer. Journ. Bot.*, 28, 415-422.
- BOTTLIKOVA, A. et al. 1976 : Quelques résultats obtenus par analyse factorielle et les profils écologiques sur des observations phytocéologiques recueillies dans la vallée de Liptov (Tchécoslovaquie). *Vegetatio*, 31, 2 79-91.
- BOUREAU, E. 1938 : *Recherches anatomiques et expérimentales sur l'ontogénie des plantules des Pinacées et ses rapports avec la phylogénie*, Masson et Cie, Paris, 219 p.
- BOURLIERE, F. 1946 : Les grands traits de la biogéographie du Mexique. *Bull. Soc. Nat. Accl. Prot. Nat.*, 1-10.
- BOUVAREL, P. 1956 : Génétique forestiere et amélioration des arbres forestiers. *Soc. Bot. Fr.*, 103, 35-74.
- BRAVO, H. 1936a: Observaciones florísticas y geobotánicas en el Valle de Actopan, México. *An. Inst. Biol. Méx.* VII, 169-233.
- BRAVO, H. 1936b : Observaciones florísticas y geobotánicas en el Valle del Mezquital, Hidalgo. *An. Inst. Biol. Méx.*, VII, 1-2, 3-82.
- BRAY, W. L. 1900 : The relations of the North American flora to that of South América. *Science*, XII, 306, 708-716.
- BRYANT VAUGHN, M. Jr. 1975 : Late Quaternary Environments of Northeastern México. *Symp. Prehistory of Northeastern México and Texas, Monterrey, México*, 26 p.
- BRYANT VAUGHN, M. Jr. 1974 : The role of coprolite analysis in archeology. *Bull. Texas Archeo. Soc.*, 45, 1-28.
- BRYANT VAUGHN, M. Jr. 1978 : Late Quaternary Pollen Records from the East-Central Periphery of the Chihuahuan Desert. *Trans. of the Symposium on the Biological Resources of the Chihuahuan Desert Region United States and México*, Série 3, 3-21.
- BUDOWSKI, G. 1965a: Distribution of Tropical American rain forest species in the light of successional Processes. *Turrialba*, 15, 1, 40-42.
- BUDOWSKI, G. 1965b : La sucesión forestal y su relación con antiguas prácticas agrícolas en el trópico americano. *Turrialba*, 7 p.
- CABALLERO DELOYA, M. y CARRILLO SANCHEZ, J. 1968 : Pinetum del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. *Boletín divulgativo*, 4, México.
- CABALLERO DELOYA, M. y PRADO ORTIZ, A. 1969 : Algunas consideraciones sobre el número de verticilios en dos especies de pino. *Bol. Téc.* 29, I.N.I.F., México.
- CABRERA, A.L. Y WILLINK, A. 1973 : *Biogeografía de América Latina*. Washington.
- CABRERA, O. 1963 : *El misterioso Cerro de Silva*, San Luis Potosí. San Luis Potosí, México. off set, 23 p.
- CABRERA, O., 1967 : *San Luis Potosí*, S.L.P. 362 p.
- CALDERON DE RZEDOWSKI, G. 1957 : *Vegetación del Valle de San Luis Potosí*, Tesis profesional, I.P.N., E.N.C.B., México, 101 p.
- CAMPBELL, T. E., HAMAKER, J. M. et SCHMITT, D. M. 1969 : Longleafpine x short leafpine, a new hybrid. *Bull. Torrey Botanical Club*, 96, 5, 519-52.
- CAMPO, V. D. 1950 : *Recherches sur la phylogénie des Abiétinées d'après leurs grains de pollen*, Lab. Forest. Toulouse, 2, 4.
- CAPO ARTEAGA, M. A. 1972 : Observaciones sobre la taxonomía y distribución de las coníferas de Nuevo León, México. *Tesis, Monterrey*, 190 p.
- CARCER Y DISDIER, M. 1953 : Apuntes sobre la historia de la transculturación indoespañola, México, Inst. de Hitoria, 489 p.
- CARLETON GAJDUSEK, D. 1953 : The Sierra Tarahumara, *Geogr. Review*, 43, 1.

- CARTAN, M. 1978 : *Inventaires et cartographies de répartitions d'espèces, faune et flore*, C.N.R.S., Paris, 127 p.
- C.E.T.E.N.A.L. 1971 : *Cartas de climas de la República Mexicana. Sistema de clasificación climática de Koeppen modificada por E. Garcia en 1964 para adaptarlos a las condiciones particulares de la República Mexicana*. México.
- CHABROL, P. et de FERRE, Y. 1967 : Premiers résultats d'une introduction d'arbres exotiques dans le S. W. de la France. *Trav. Lab. for. Toulouse*, XI, 3, 3, 11 p.
- CHAMBERLAIN, C. J. 1966 : *Gymnosperms: structure and evolution*. 484 p.
- CHEVALIER, F. 1952 : *La formation des grands domaines au Mexique*. Travaux et Mémoires de l'Institut de l'Ethnologie, Paris, 56.
- CLEMENTS, F. E. 1928 : *Plant succession and Indicators*, New-York.
- COURTLANDT BROWN, N. : *Forest Products, the harvesting, processing and marketing of materiales other than lumber including the principal derivatives, extractives and incidental products in the U.S. and Canada*. New-York.
- CORZO Y MUÑIZ, R. 1964 : Cartografía de los principales tipos de vegetación de la mitad septentrional del Valle de México. *Ann. Esc. Nac. Cienc. Biol.* 13. 2-3, 31-57.
- CRITCHFIELD, W. B. et LITTLE, E. 1966 : *Geographic distribution of the Pines of the world*. U.S. Department of Agriculture. Miscellaneous Publications, 991. 97 p.
- CSERNA, Z. de, MOSIÑO, P. A., BENASSINI, O. 1974 : El escenario geográfico. Introducción ecológica (Primera parte) In *México: panorama histórico y cultural. I.*, I.N.A.H., Depto. de Prehistoria, México.
- DAGET, Ph., GODRON, M., GUILLERM *et al.* 1970 : Profils écologiques et information mutuelle entre espèces et facteurs écologiques. *Grundfragen und Methoden in der Pflanzensoziologie*, 121-149. Verlag Dr. W. JUNG N.V. Den Haag.
- DAGET, Ph., 1976 : Ordination des profils écologiques. *Naturalia monspeliensia*, ser. Bot. 26, 109-128.
- DAGET, Ph. 1977a : Le bioclimat méditerranéen: caractères généraux, mode de caractérisation. *Vegetatio*, 34, 1-20.
- DAGET, Ph., 1977b : Le bioclimat méditerranéen: analyse des formes climatiques par le système d'Emberger, *Vegetatio*, 34, 2 87-103.
- DAGNELIE, P. 1960 : Quelques problèmes statistiques posés par l'utilisation de analyse factorielle en phytosociologie. *Bull. Inst. Agro. et stations de recherche de Gembloux*, 1, 430-438.
- DALLIMORE, W. & BRUCE, J. A. 1966 : *A handbook of Coniferae and Ginkgoaceae*. Londres, 729 p.
- DEBAZAC, E. F. 1963 : Morphologie et sexualité chez les pins. *Revue Forest. Fr.*, 4, 293-303.
- DICKEN, N. S.: *Un nuevo estudio de la hacienda Pabillo*, Nuevo León, México.
- DILCHER, D. L. 1973 : A Paleoclimatic Interpretations of the Eocene Floras of Southeastern North America. in *Vegetation and Vegetational History of Northern Latin America*. Alan Graham ed. Elsevier, 39-72.
- DILLON, S. L. 1956 : Wisconsin climate and life zones in North America. *Science*, 123, 3188, 167-176.
- DOAK, C. C. 1935 : Evolution of foliar types, dwarf shoots, and cone scales of *Pinus*. *Biól. Monogr.*, 13, 3, 1-106.
- DRESSLER, R. L. 1954 : Some floristic relationship between México and the United States. *Rhodora*, 56, 665, 81-96.
- ESTABROOK, G. F. 1967: An information theory Model for character analysis. *Taxon*, 16, 86-97.
- EMBERGER, L. 1930 : Sur une formule climatique et ses applications en botanique. *La météorologie*, 10 p.
- EMBERGER, L. 1939 : *Aperçu général sur la végétation du Maroc*. Mém. Soc. Sci. Nat. Maroc, 157 p.
- EMBERGER, L. 1955 : Une classification biogéographique des climats. *Rec. Trav. Lab. Bot. Géol. Zool. Fac. Sc. Montpellier*, 7, 3-43.
- EMBERGER, L. 1960 : Les végétaux vasculaires in *Traité de Botanique* (Chadefaud et Emberger), t. II, Paris, 1539 p.
- EMBERGER, L. 1966 : Place de la région méditerranéenne française dans l'ensemble méditerranéen. *Bull. Ass. Prof. Biól. Géol. de l'Enseignement public*, 2: 153-165.
- EMBERGER, L. 1971 : Considérations complémentaires au sujet des recherches bioclimatologiques et phytogéographiques. In: Emberger, *Travaux de botanique et d'écologie*. Masson, Paris, 291-301.
- EMERSON, F. W. 1932 : The tension zone between the grama grass and piñon-juniper associations in northeastern New México. *Ecology*, 13, 347-358.
- EMORY, W. E. 1859 : Botany of the boundaries,

- Report on the United States and Mexican Boundaries Survey, II*, part. I., Washington.
- ENGELMAN, G. 1880 : Revision of the genus *Pinus* and description of *Pinus elliottii*. *Trans. Acad. Sci. St-Louis, IV*, 1, 29 p.
- ENGLER, A. 1964 : *Syllabus der Pflanzenfamilien*, 2, Berlin, 12° ed., 666 p.
- ENJALBERT, H. 1963 : Le milieu naturel et le Mexique "utile". *Tiers Monde, IV*, 15, 335-359.
- ERN, H. 1973 : *Repartición, ecología e importancia económica de los bosques de Coníferas en los Estados mexicanos de Puebla y Tlaxcala*. Pub. 7, Puebla, 1973, 21-44.
- FAIRBRIDGE, F. W. 1958 : Dating the latest movements of the Quaternary sea level. *Trans. New York Academy of Sciences*, ser II, 20, 6, 471-482.
- FERNALD, N. L. 1931 : Specific segregations and identities in some floras of eastern North America and the old world. *Rhodora*, 33, 386, 25-63.
- FERRE, Y. de 1952 : *Les formes de jeunesse des Abiétacées, ontogénie-phylogénie*. Trav.Lab. For. Toulouse, II, le sect., III, art. I, 284 p.
- FERRE, Y. de 1953 : División du genre *Pinus* en quatre sous-genres. *Comptes rendus séances Acad. Sciences*, 236, 226-228.
- FERRE, Y. de 1958 : Problèmes actuels relatifs aux Conifères.
- FERRE, Y. de 1965 : Structure des plantules et systématique du genre *Pinus*. *Trav. Lab. For. Toulouse, II (Etudes dendrologiques)* le section, 3 2, 49 p.
- FERRE, Y. de 1966 : Validité de l'espèce *Pinus pumila* et affinités systématiques. *Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse*, 102, 3-4, 351-356.
- FLORES DIAZ, A., GONZALEZ QUINTERO, L. & al 1974 : *El escenario geográfico in México: Paronama histórico y cultural, II*. I. N. A. H., Depto. de Historia, México.
- FLORES MATA, G. & al 1971 : *Mapa y descripción de los tipos de vegetación de la República Mexicana*. México, S.R.H.
- FLORIN, R. 1963 : The distribution of Conifer and Taxad Genera in time and space. *Acta Horti Bergiani*, 20, 121-312.
- FOGG, G. G. 1966 : The Pinyon Pines and man. *Econ. for.*, 20, I, 103-105.
- FONTQUER, P. 1956 : *Diccionario de Botánica*. Barcelona.
- FRITTS, H. C. 1965 : Tree-ring evidence for climatic changes in western North-America. *Mon Weather Rey.*, 93, 421-443.
- FRITTS, H. C. 1965: Tree-ring characteristics along a vegetation gradient in northern Arizona. *Ecology*, 46, 4, 369-401.
- FRITTS, H. C. de 1977 : Tales the tree Rings tell. National Sciences Foundation. *MOSAIC*, 8, 5, 9 p.
- GARCIA, E. 1964 : *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koeppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana)*. Instituto de Geografía, UNAM, México.
- GARCIA, E. Correlación entre vegetación y clima segun los sistemas climáticos.
- GARCIA, E. 1969 : Distribución de la precipitación en la República Mexicana, *Bol. Inst. Geogr.*, UNAM, 1, 3 - 30.
- GARCIA, E. 1971 : Cartas de clima 1: 5000 000, publicadas por la CETENAL, México.
- GARCIA, E., SOTO C. y MIRANDA F. 1961 : *Larrea* y clima. *Ann. Inst. Biol. Méx.*, 23, 133-171.
- GARCIA CASTAÑEDA, F., PUIG, H., ALLADE, R. L. 1969 : Secuencia de suelos y vegetación en la porción meridional de la Sierra Madre Oriental. *IVe Congres Soc. Mex. Ciencia del Suelo*. Monterrey.
- GARDNER, J. L. 1951 : Vegetation of the creosotebush area of the Rio Grande Valley in New Mexico. *Ecological Monograph.*, 21, 4, 379-403.
- GARRONE, B. 1970 : Sur l'emploi de quelques méthodes statistiques pour l'étude de la sociologie et de l'écologie végétales (Aplication aux formations ligneuses d' un transect allant de Montpellier aux Basses Cévenes). *Thèse de spécialité*, U.S.T.L. Montpellier, 131. p.+ annexes.
- GAUSSEN, H. 1954 : Théorie et classification des climats et microclimats. In. *8e Congrès international de Botanique*, Paris, Section 7-8, 125-130.
- GAUSSEN, H. 1957 : Les climats biologiques et leur classification. *Ann. Geogr.*, LXVI, 335, 193-320.
- GAUSSEN, H. 1960 : *Les Gymnospermes actuelles et fossiles*, fasc. chap. XI. *Genre Pinus*, Toulouse, Trav. Lab. forest., 265 p.
- GAUTHIER, B. et al. 1977: Un type complémentaire de profil écologique: le profil écologique "indiqué". *Journ. canadien Bot.*, 55, 23, 2859-2865.
- GAY, P. A. 1959 : A new method for the comparison of populations that contain hybrids.

- Nature Conservancy*, London, 218-226.
- GENTRY, H. S. 1957: *Los pastizales de Durango, estudio ecológico, fisiográfico y florístico*. Trad. de HERNANDEZ X. E., México.
- GODRON, M. 1966: Application de la théorie de l'information à l'étude de l'homogénéité et de la structure de la végétation. *Oecol. Plant.*, 1 (2), 187-197.
- GODRON, M. 1967: Les groupes écologiques imbriqués en "écaillés". *Oecol. Plant.*, 2, 217-266.
- GODRON, M. 1968: Quelques applications de la notion de fréquence en écologie végétale. (Recouvrement, information mutuelle entre espèces et facteurs écologiques, échantillonnage). *Oecol. Plant.*, GauthierVillars. Paris, 3, 185-212.
- GODRON, M. 1971: *Essai sur une approche probabiliste de l'écologie des végétaux*. Thèse Doct. Etat, U.S.T.L. Montpellier, n° C.N.R.S. A 02820, 247 p.
- GODRON, M. 1974: Les principaux types de profils écologiques, 6 p.
- GODRON, M. et al. 1968: Code pour le relevé méthodique de la végétation et du milieu. C.N.R.S., Paris, 292 p.
- GODRON, M. et POISSONET J. 1972. Quatre thèmes complémentaires pour la cartographie de la végétation et du milieu (séquence de végétation, diversité du paysage, vitesse de cicatrization de la végétation, sensibilité de la végétation). *Bull Soc. languedocienne Géogr.*, 6 (3): 329-356.
- GOLDMAN, E. A. et MOORE, R. T. 1945: The biotic provinces of México. *Journ. Mammalogy*, 26, 4, 347-360.
- GOMEZ-POMPA, A. 1961: La vegetación de México. *Bol. Soc. Bot. México*, 29, 76-117.
- GOMEZ-POMPA, A. 1973: Ecology of the Vegetation of Veracruz, in *Vegetation and vegetational History of Northern Latin América*. Alan Graham ed., Amsterdam, 73-148.
- GONZALEZ ESPINOSA, M. 1976: Análisis de gradiente de la vegetación y su interpretación sucesional en el Valle de San Tiburcio, Zacatecas., *Seminario U.A. Agr. "Antonio Narro"*.
- GONZALEZ MEDRANO, F. 1972: Estudios sinecológicos del noreste de México. *Soc. Bot. México*, 3-9, 459-473.
- GONZALEZ QUINTERO, L. 1967: Notas sobre algunas plantas del Estado de Hidalgo. *Rev. Soc. Méx. Hist. Nat.*, XXVIII, 39-47.
- GONZALEZ QUINTERO, L. 1968: Tipos de vegetación del Valle del Mezquital, Hidalgo, *Paleoecología*, 2, 1-53.
- GOODALL, D. W. 1954: Factor analysis in Plant sociology. *Biometricas*, 10.
- GRAHAM, A. 1972: Outline of the origin and historical recognition of floristic affinities between Asia and Eastern North America, in *Floristic and paleofloristics of Asia and eastern North America*. Elsevier Publ. Comp. Amsterdam, 1-17.
- GUILLERM, J. L. 1971: Calcul de l'information fournie par un profil écologique et valeur indicatrice des espèces. *Oecol. Plant.* Gauthier Villars. Paris, 6, 209-225.
- GUILLERM, L. J., GAUTHIER, B. et ROMANE, F. 1976 : Deux applications en phytoécologie de la notion de limite optimale. *Vegetatio*, 33, 1. 1-11.
- GUINOCHE, M. 1973: Phytosociologie et systématique, in: *Taxonomy and Ecology*, N.H. Heywood, Academic Press.
- GUZMAN, E. J. et ZOLTAN DE CSERNA 1960. Tectonic history of México in: *Backbone of the Americas, a symposium Tectonic history from pole to pole*. 113-119.
- GUZMAN, G. H. et VELA G. L. 1960 : Contribución al conocimiento de la vegetación del suroeste del Estado de Zacatecas. *Bol. Soc. Bot. Méx.*, 25, 46-61.
- HALLER, J. R. 1965: The role of 2 needles fascicles in the adaptation and evolution of Ponderosa Pine. *Brittonia*, 17, 4, 354-382.
- HANSEN, H. P. 1947: Post glacial vegetation of the northern great basin. *Amer. Journ. Botany*, 34, 164-171.
- HARA, H. 1972: Patterns of differentiation in flowering plants. In: *Floristics and paleofloristics of Asia and Eastern North America*. Alan Graham ed., Amsterdam, 55-60.
- HASTENRATH, S. 1966: Recent climatic fluctuations in the Central American area and some geo-ecological effects. *Colloquium Geograficum México Symposium*.
- HAWKSWORTH, F. G. et WIENS, D. 1972: *Biology and classification of dwarf mistletoes (Arceuthobium)*. Agric. Handbook, 401. Washington.
- HEGNAUER, R. 1962: *Chemotaxonomie der Pflanzen*.
- HEMSLEY, B. W. 1866-1888 : *Biologi centrali-americana, a contribution to the Knowledge of the Fauna and Flora of México and Central America*, 4 vol.
- HERNANDEZ, X. E. 1953: Zonas fitogeográficas

- del noreste de México. *Mem. Congr. Cient. Méx.*, 6, 357-361.
- HERNANDEZ, X. E. 1954: Las zonas agrícolas de México. *Nueva Agronomía*.
- HERNANDEZ, X. E. 1957: Las zonas agropecuarias de México In: *Los pastizales mexicanos, Mesas redondas sobre los problemas agropecuarios de México*.
- HERNANDEZ, X. E. 1959: *Los pastizales de Chihuahua. Su división en zonas*. Circular La Campana, No.3. S.A.G.
- HERNANDEZ, X. E. 1959-1960 : Zonas agrostológicas de Chihuahua. *Agr. Tecn. Méx.*, 9, 1 - 5.
- HIERNAUX, P. 1975: Etude phyto-écologique des savanes du pays Baoulé méridional (Côte d'Ivoire centrale). *Thèse Doct Ing.*, U.S.T.L. Montpellier, n° C.N.R.S. AO 1 1957.
- HILL, J. B. 1969: Temperature Variabilities and Synoptic Cold Fronts in the Winter Climate of México. *Climatological Research*, Serie n° 4, McGill University, Dept. of Geography, Montreal.
- HOLDRIDGE, L. R. 1957: Pine and other conifers, In: *Tropical silviculture*, Vol. II, F.A.O.
- HORTON, J. S. et KRAEBEL, C. J. 1955: Development of vegetation after fire in the chamise chaparral of southern California, *Ecology*, 36, 244-262.
- HUERTA, C. J. 1963: Anatomía de la madera de 12 especies de Coníferas Mexicanas. *Bol. Técnico*, 8, México.
- HUGUET, L. 1963: *Le milieu forestier (forêts et économie forestière) en Amérique latine*. I.H.E.A.L.
- HUMPHREY, R. R. 1958: The desert grassland. A history of vegetational change and an analysis of causes. *Bot. Review*, XXIV, 4, 193-252.
- JAEGER, E. C. 1957: *The north American Deserts*. Stanford Univ. Press. California, 308 p.
- JAUREGUI, E. 1970: Distribución de la frecuencia de heladas, lluvias y tormentas eléctricas en México. *Rev. Ing. Hidráulica*, 3, XXIV, 320-340.
- JAUREGUI, E. 1972: Variaciones de largo período de los tipos de tiempo de superficie en México. *Bol. Inst. Geogr.*, U. N.A.M., IV, 9-22.
- JAUREGUI, E. & KLAUS, D. 1976: Some aspects of climate fluctuations in México in relation to drought. *Geofísica Internacional*, 16 (1), 45-61.
- JOHNSON, T. N. 1960: Factors affecting one seed *Juniper* Invasión of Arizona grasslands. *Ph. D.*, Duke University.
- JOHNSON, A. G. 1952: Spontaneous white pine hybrids. *Journ. Arnold Arboretum*, 33, 179-187.
- JOHNSTON, I. M. 1943: Plantas de Coahuila, este de Chihuahua y regiones adyacentes de Zacatecas y Durango. *Journ. Arnold Arboretum*, XXIV, Traducción Ing. R. C. ESTRADA y al., E.S.A. "Antonio Narro", Coahuila, 241 p.
- JOHNSTON, M. C. 1963: Past and present grassland of southern Texas and Northeastern México. *Ecology*, 44, 456-466.
- KAPLAN, L. I. 1964: *A selected guide to the literature on the flowering plants of México*.
- KEARNEY, T. H., EEBLES, H. R. et coll. 1951: *Arizona flora*, Univ. California Press.
- KENDEIGH, S. C. 1954: History and evaluation of various concepts of plant and animal communities in North America. *Ecology*, 35, 2, 152-171.
- KERSHAW, A. 1964: *Quantitative and dynamic ecology*. London.
- KLINE, D. 1960: Giant Dwarf of the Mesa Lanas, in *Morris Arboretum Bulletin*, 21, 1, 16-19.
- KLINK, R. 1973: La división de la vegetación natural en la región Puebla-Tlaxcala. *Comm.* 7, Puebla, 25-30.
- KNAPP, R. 1965: *Die Vegetation von Nord-und Mittleamerika und Inseln der Hawaii*.
- Koeppen, N. 1948: *Climatología*, Fondo de cultura económica. México.
- KORNAS, J. 1972: Corresponding Taxa and their Ecological Background in the Forests of Temperate Eurasia and North America, in *Taxonomy, Phytogeography and Evolution*, Manchester. 37-57.
- LACOSTE, A. 1975: La végétation de l'étage subalpin du bassin supérieur de la Tinée, 2ème partie. *Phytocoenologia*, 3, 3, 83-345.
- LACOSTE, A. et ROUX, M. 1971: L'analyse multidimensionnelle en phytosociologie et en écologie. Application à des données de l'étage subalpin des Alpes Maritimes. I. L'analyse des données floristiques. *Oecologia Plantarum*, 6, 353-369.
- LACOSTE, A. et ROUX, M. 1972: : L'analyse multidimensionnelle en phytosociologie et en écologie. Application à des données de l'étage subalpin des Alpes Maritimes. II. L'analyse des données écologiques et analyse globale. *Oecologia Plantatum*, 7, 125-146.
- LAMB, H. H. 1965: The early medieval warm epoch and its sequel. *Paleogeography*,

- Paleoclimatology, Paleocology*, 1, 13-37.
- LANDRY P. 1974: Les sous-genres et les sections du genre *Pinus*. *Naturaliste Can.*, 101, 769-780.
- LANJOUW, J. et al. 1966: International code of Botanical nomenclature, *30e Congres International de Botanique*. Edinburgh. Utrecht.
- LANNER, R. M. 1965: Needed: a new approach to the study of pollen dispersion. 50-52.
- LANNER, R. M. 1970: Origin of the summer shoot of pinyon pines. *Canadian Journ. Botany*, 48,10,1759-1765.
- LANNER, R. M. 1974: A new pine from California and the hybrid origin of *Pinus quadrifolia*. *The Southwestern Naturalist*, 19, 1, 75-95.
- LANNER, R. M. 1974: Natural hybridization between *Pinus edulis* and *P. monophylla* in the American Southwest. *Silvae Genetica*, 23, 4, 108-116.
- LANNER, R. M. et HUTCHINSON, E. R. 1972: Relict stands of pinyon hybrids in northern Utah. *Great Basin Nat.*, 32, 3, 171-175.
- LANNER, R. M. et VAN DEVENDER, T. R., 1974: Morphology of Pinyon Pine Needles from fossil Packrat Middens in Arizona. *Forest Science*, 20, 3, 207-211.
- LAUER, W. 1973: The altitudinal belts of the vegetation in the central Mexican High lands and their climatic conditions. *Artic. and Alpine Research*, 5, 3, 99-113.
- LAUER, W. 1973: Problemas climato-ecológicos de la Vegetación de la región montañosa oriental mexicana. *Comm. 7, Puebla*, 37-45.
- LAUER, W. 1973: La división de la vegetación natural en la región Puebla-Tlaxcala. Mapa preliminar a 1: 500 000. *Comm. 7, Puebla*.
- LAUER, W. 1973: Zusammenhänge zwischen Klima und Vegetation am Östabfall der mexikanischen Meseta. *Erdkunde, Archive für wissenschaftliche Geographie*. Band XXVII, Bonn, 192-213.
- LAUER, W. et KLAUS, D. 1975: Geoecological investigation on the timberline of Pico de Orizaba, México. *Artic. and Alpine Research.*, 7, 4, 315-330.
- LAUER, W. & STIEHL, E. 1973: La clasificación del clima en la región Puebla-Tlaxcala. Mapa preliminar a escala 1: 500 000. *Comunicaciones 7, Puebla*, 31-35.
- LAURENT, M. J. 1925: Contribution à l'étude du *Pinus monophylla*. *Rev. Gén. Bot.*, XXXVII, 5-17.
- LAZARO DE ARREGUIE, D. 1920 : *Descripción de la Nueva Galicia*, Consejo Sup. Inv. Cient., Escuela de Est. hispano-americano, 1946.
- LECOMPTE, M. 1973: Analyse des rapports climat-végétation par une méthode d'échantillonnages continus. *Bul. Soc. Sci. Nat. Phys. Maroc*, 53, 37-61.
- LEGRIS, P. et BLASCO, F. 1969: *Variabilité des facteurs du climat. Cas des montagnes du Sud de l'Inde et de Ceylan*. Inst. Fr. Pondichéry, Sect. Sciences et Techniques, t. VIII, Fasc. 1.
- LE HOUEROU, H. N. 1960: Contribution à l'étude des sols du Sud tunisien. *Ann. Agron.*, 3, 241-309.
- LEOPOLD, A. S. 1950: Vegetations zones of Méxcio. *Ecology*, 31, 507-518.
- LEOPOLD, E. B. et MAGGINITE, H. D. 1972: Development and Affinities of Tertiary Floras in the Rocky Mountains. In: *Floristics and Paleofloristics of Asia and Eastern North America*. Alan Graham ed., Elsevier, 147-200.
- LESUEUR, H. 1945: The ecology of the vegetation of Chihuahua, México. North of parallel twenty eight. University of Texas. Austin, Texas. Pub. 4521, 92 p.
- LITTLE, E. 1950: *Southwestern trees, a guide to the native species of New Mexico and Arizona*. Agriculture handbook, 9, 105 p.
- LITTLE, E. 1962: Variación y evolución en los pinos mexicanos, *Seminario y viaje de estudio de coníferas latinoamericanas*. Publ. Esp. I.N.I.F., 1, 94-107.
- LITTLE, E. 1962: Identificación de especies de Pinos mexicanos, in *Seminario y viaje de estudio de coníferas latinoamericanas*. Publ. Esp. I.N.I.F., 1, 73-75.
- LITTLE, E. 1966: A new pinyon variety from Texas. *Wrightia*, 3, 8 181-185.
- LITTLE, E. 1968: Two new pinyon varieties from Arizona. *Phytologia*, 17, 329-342.
- LITTLE, E. et CRITCHFIELD, W. B. 1969: Subdivisions of the Genus *Pinus* (Pines). *U.S. Dept. of Agriculture. Miscellaneous Publication, 1144*. Forest service. 51 p.
- LOOK, E. E. et STELL, B. S.: The Pines of México and British Honduras. *A report on a reconnaissance of México and British Honduras during 1947-1950*.
- LORENZO, J. L. & al 1975: Del nomadismo a los centros ceremoniales. In *México: panorama histórico y cultural, IV*. I.N.A.H. Depto. de Prehistoria, México.
- MAC DONALD, P. et LITTLE, E. 1976: The big

- cone Douglas fir-canyon live oak community in southern California. *Madroño*, 23, 6.
- MACK, R. N. et al. 1978: Late quaternary pollen record from Big Meadow, Pend Oreille Coutry, Washington. *Ecology*, 59 (5), 956-966.
- MACK, R. N. et al. 1978 : Late quaternary vegetation history at Waits Lake, Colville River Valley, Washington, *Bol. Gaz.*, 139, 4, 499-506.
- MACK, R. N. et al. 1978 : Reexamination of Postglacial Vegetation History in Northern Idaho: Hager Pond, Bonner Co., *Quaternary Research*, 10, 241-255.
- MAC VAUGH, R. 1974: Flora novo-galiciana. *Contributions from the University of Michigan Herbarium*, 12, 1, 3, 93 p.
- MADRIGAL, S. X. 1967: *Contribución al conocimiento de la ecología de los bosques de oyamel (Abies religiosa (H.B.K.) Sehl. et Cham.) en el Valle de México*. Bol. Técnico, 18, I.N.I.F., México, 94 p.
- MADRIGAL, S. X. 1967: Algunos aspectos ecológicos de los bosques de coníferas mexicanas, *México y sus Bosques, época III*, 16, México, 11-19.
- MADRIGAL, S. X. Notas sobre los bosques de coníferas de la Sierra Madre Occidental de México. Inedito.
- MARROQUIN, J. et al. 1964: *Estudio ecológico-dasonómico de las zonas áridas del norte de México*. Pub. I.N.I.F., México.
- MARROQUIN, J. et al. 1966: Notas sobre la distribución geográfica de las especies de *Mahonia* (Berberidaceae) en el norte de México. *The South-western Naturalist*, II, 2, 238-244.
- MARROQUIN, J. et al. 1967: Las gramíneas de la Sierra de la Paila, Coahuila, México. *Bol. Soc. Nuev. Hist. Nat. "J.E. González"*, I, 2, 59-106.
- MARROQUIN, J. et al. 1968: Datos botánicos de los cañones orientales de la Sierra Anahuac, al sur de Monterrey, N.L., México. *Cuads. Inst. Invest. Cien. Univ. N. L. Méx.*, 14, 1-80.
- MARTIN, S. P.: Geochronology of Pluvial Lake Cochise, southern Arizona, II. Pollen Anaysis of a 42-meter core. *Ecology*, 44, 3
- MARTIN, S. P. et HARRELL, B. E. 1957: The Pleistocene History of temperate biotas in México and Eastern United State. *Ecology*, 38, 3, 468-479.
- MARTINEZ, M. 1948: *Los pinos mexicanos*. Ed. Botas, México.
- MARTINEZ, M. 1959: *Plantas útiles de la flora mexicana*. México.
- MARTONNE, E. de 1925: *Traité de géographie physique. I. Notions générales. Hydrographie* A. Colin, Paris, 496 p.
- MARTONNE, E. de 1926: Une nouvelle fonction climatique: l'indice d'aridité. *La météorologie*, 449-458.
- MAULL, O. 1936: Die Bestimmung der Tropen am Blispiel Amerikas. *Festschr. 3. Hunderjahrfeir d. Ver. f. Geogr. u. Statistik in Frankfurt a. M., S.*, 355-398.
- MAYR, E. 1947: Ecological factors in speciation, *Evolution*, 1, 263-288.
- MAZE, J. R. 1965: Past hybridization between *Quercus macrocarpa* Michx and *Quercus gambelli* Nutt. and its phytogeographic implications. *These Ph. D.*, California.
- MERKLE, J. 1952; An analysis of a pinyon-juniper community at Grand Canyon, Arizona, *Ecology*, 33, 375-384.
- MEYER, A. H. 1945: Forestry in México. In: *Plantas and Plant Science in Latin America*, Waltham, U.S.A., 265-270.
- MIRANDA, F. 1952: *La vegetación de Chiapas*. Ed. del Gobierno del Estado, 2 vol., Tuxtla Gutiérrez, Chis,
- MIRANDA, F. 1965: Formas de vida vegetal y el problema de la delimitación de las zonas áridas de México, *Mesas redondas sobre problemas de las zonas áridas de México*, Inst. Mex. Rec. Nat. A. C. México.
- MIRANDA, F. 1950: Characteristics of the vegetation in certain temperate regions of eastern México. *Ecology*, 31, 3, 313-353.
- MIRANDA, F. & HERNANDEZ, X. E. 1963: Los tipos de vegetación de México y su clasificación. *Bol. Soc. Bot. México*, 28, 29-179.
- MIROV, N. T. 1952: Mr Pince's Mexican pine. *Madroño*, II, 270-274.
- MIROV, N. T. 1952: Composition of Gum turpentines of Pines. XIV. A report on Three Mexican pines: *Pinus ayacahuite*, *P. cembroides* and *P. pinceana*.
- MIROV, N. T. 1953: Taxonomy and chemistry of the white Pines. *Madroño*, 12, 81-89.
- MIROV, N. T. 1952: Photoperiod and flowering of Pines. *Forest Science*, 2, 4, 328-332.
- MIROV, N. T. 1954: Composition des térébenthines des pins du Mexique, *Unasylva*.
- MIROV, N. T., 1961: *Composition of gum turpentines of pines*. Forest Service Technical Bulletin, 1239. U. S. Deptmt. Agriculture, 158 p.

- MIROV, N. T. 1967: *The Genus Pinus*. Ronald Press, N. Y., 602 p.
- MONCAYO, M. F. 1975: Las culturas indígenas Mexicanas y los Bosques. *México y sus Bosques*, XIV, 4, México.
- MORENO TOSCANO, A. 1969: Toponimia y análisis histórico. *Hist. Mex.*, XIX, 1, 1-10.
- MOSIÑO ALEMAN, P. 1966: *Factores determinantes del clima en la República Mexicana con referencia especial a las zonas áridas*. I.N.A.H. México, 22 p.
- MULLER, C. H. 1937: Plants as indicators of climate in Northeast México. *Amer. Midll. Nat.*, 18, 986-1000.
- MULLER, C. H. 1939: Relations of the vegetation and climatic types in Nuevo León, México. *Amer. Midl. Nat.*, 21, 3, 687-729.
- MULLER, C. H. 1947: Vegetation and climate of Coahuila, México. *Madroño*, 9, 33-57.
- MULLER, C. H. 1952: Ecological control of hybridization in *Quercus*: a factor in the mechanism of evolution. *Evolution*, 6, 147-161.
- MUÑZ, P.A. 1974: *A flora of southern California*, Univ. Calif. Press, Berkeley, 1088 p.
- OCHOTERENA, I. 1923: Las regiones geográfico-botánicas de México. *Rev. Esc. Nac. Prep. México*, 1, 5-6.
- PANSHIN, A. J. et al. 1950: *Forest products, their sources, production and utilization*. New-York.
- POTTER, D. L. 1957: Phytosociological study of San Augustin Plains, New México. *Ecological Monograph*, 27, 2, 113-136.
- PRAGER, E. M., FOWLER, D. P. et WILSON, A. C. 1976: Rates of evolution in Conifers (Pinaceae). *Evolution*, 30, 4, 637-649.
- PRAT, H. 1952: *Remarques sur la végétation du Mexique*.
- PUIG, H. 1967: Végétation de la Huasteca (ou région de Tampico), Mexique. *Bul. Soc. Hist. Nat.*, Toulouse, 103, 3-4, 305-326.
- PUIG, H. 1970: Etude phytogéographique de la Sierra de Tamaulipas (Mexique). *Bul. Soc. Hist. Nat.*, Toulouse, 106, 1-2, 57-79.
- PUIG, H. 1974: Origine et distribution des plantes vasculaires de la Huasteca (Mexique). *Bul. Soc. Hist. Nat.*, Toulouse, 110, 3-4, 223-234.
- PUIG, H. 1975: Contribution de l'écologie à la définition de la limite nord-est de la Mésoamérique. *Cong. Soc. Bot. Méx.*, Jalapa.
- PUIG, H. 1976: *Végétation de la Huasteca, Mexique*. Etudes mésoaméricaines, vol. V, México, 537 p.
- RAISZ, E. 1964: Landforms of México prepared for the Geography Branch of the Office of Naval Research. Cambridge Mass. (carte au 1: 300 000).
- RAMOS ALVAREZ, C. H. & GONZALEZ MEDRANO, F. 1972: La vegetación de la zona árida veracruzana. *An. Inst. Biol. Univ. Nat. Auton. México*, 43, serie *Botanica*, 1, 77-99.
- RAND, P. J. 1965: Factors related to the Distribution of Ponderosa and Pinyon Pines at Grand Canyon, Arizona. *Ph. D.*, Duke University.
- REHDER, A. 1949: *Bibliography of cultivated Trees and shrubs (Hardy in the cooler temperate regions of the northern Hemisphere)*. Arnold Arboretum Harvard Univ. Mass.
- REY, P. 1956: Aires ambrothermiques et milieux naturels. *Bull. Serv. Carte Phyto.*, Série A., 1, 1, 33-40.
- RISKIND, D. H. y PATTERSON, T. H. 1975: Distributional and ecological notes on *Pinus culminicola*. *Madroño*, 23, 3, 159-161.
- ROBERT, M. F., 1973: Contribution à l'étude des forêts de *Pinus cembroides* dans l'est du Mexique. *Thèse 3e Cycle*. Montpellier, 131 p.
- ROBERT, M. F., 1974: Les divers types de forêts de *Pinus cembroides* dans l'est et le nord-est du Mexique. *Compt. rendus 99e Cong. Nat. Soc. Sav.*, Paris, fasc. II, 209-219.
- ROBERT, M. F., 1977: Aspect phytogéographiques et écologiques des forêts de *Pinus cembroides*. I. Les forêts de l'est et du nord-est du Mexique. *Bull. Soc. Bot. Fr.*, 124, 197-216.
- ROBERT, M. F., 1977: Essai sur l'évolution de la forêt de Conifères de la Sierra Madre Occidentale (Mexique). *Revue forestière française*, 5, 407-416.
- ROBERT, M. F., 1978: Notas sobre el estudio ecológico y fotogeográfica de los bosques de *Pinus cembroides* Zucc. en México. *Ciencia Forestal*, México, 49-58.
- ROBERT, M. F., 1978: Un nouveau pin pignon mexicain: *Pinus johannis* M.-F. Robert, sp. nov., *Adansonia*, sér. 2, 18, 3, 365-373.
- ROGERS, D. J., D. APPAN, S. G. 1969: Taximetric methods for delimiting biological species. *Taxon*, 18, 609-752.
- ROJAS MENDOZA, P. 1965: *Generalidades sobre la vegetación del Estado de Nuevo León y datos acerca de su flora*. Tesis doctoral, México, 107 p.
- ROMANE, F. 1972: Applications à la phytoécologie de quelques méthodes d'analyse multivariable. Discussion sur des exemples pris dans les Basses Cévennes et les garrigues

- occidentales. Thèse Doct. Ing., U.S.T.L., Montpellier, C.N.R.S. n° A. C. 5865, 110 p.
- ROMANE, F. 1972: Utilisation de analyse multivariable en phytoécologie. *Investigación pesquera*, 36, 1, 131-139.
- ROMANE, F., GUILLERM, J. L. & WAKSMAN, G. 1977: Une utilisation possible de l'arbre de portée minimale en phytoécologie. *Vegetation*, 33, 2-3, 99-106.
- RZEDOWSKI J. 1954: Vegetación del Pedregal de San Angel (Distrito Federal, México). *An. Esc. Nat. Cienc. Biol.*, 8, 1-2, 59-129.
- RZEDOWSKI J. 1955: Notas sobre la flora y la vegetación del Estado de San Luis Potosí. II. Estudio de diferencias florísticas y ecológicas condicionadas por ciertos tipos de sustrato geológico. *Ciencia*, 15, 6-8, 141-158.
- RZEDOWSKI J. 1956: Notas sobre la flora y la vegetación del Estado de San Luis Potosí. III. Vegetación de la región de Guadalupe. *An. Inst. Biol. Méx.*, 27, 169-228.
- RZEDOWSKI J. 1959: Algunas asociaciones vegetales de los terrenos del Lago de Texcoco. *Bol. Soc. Bot. Méx.*, 21, 19-33.
- RZEDOWSKI J. 1957: Vegetación de las partes áridas de los Estados de San Luis Potosí y Zacatecas. *Rev. Soc. Méx. Hist. Nat.*, 18, 1-4, 1957, 49-101.
- RZEDOWSKI J. 1962: Contribuciones de la fitogeografía florística e histórica de México. I. Algunas consideraciones acerca del elemento endémico en la flora mexicana, *Bol. Soc. Bot. Méx.*, 27, 1962, 52-65.
- RZEDOWSKI J. 1963: El extremo boreal del bosque tropical siempre verde en Norteamérica continental. *Vegetación Acta geobotánica*, II, 4, 1963, 173-198.
- RZEDOWSKI J. 1964: Botánica económica. in: *Las zonas áridas del Centro y Noreste de México y el aprovechamiento de sus recursos*. 135-152.
- RZEDOWSKI J. 1964: Una especie nueva de pino piñonero del Estado de Zacatecas (México). *Ciencia*, México, XXIII, 1, 17-20, lam. II.
- RZEDOWSKI J. 1965: Relaciones geográficas y posibles orígenes de la flora de México. *Bol. Soc. Bot. México*, 29, 121-177.
- RZEDOWSKI J. 1965: Vegetación del Estado de San Luis Potosí. *Acta Cient. Potos. Méx.*, 5, 1-2, 1-291.
- RZEDOWSKI J. 1968: Las principales zonas áridas de México y su vegetación. *Bios. Esc. Nat. Cienc. Biol. México*, I, 1, 4-24.
- RZEDOWSKI J. 1972: Contribución a la fotogeografía florística e histórica de México. II. Afinidades geográficas de la flora fanerogámica de diferentes regiones de la República Mexicana. *An. Esc. Nat. Cienc. Biol.*, 19, 45-48.
- RZEDOWSKI J. 1972: Notas sobre la flora de NE del Estado de Aguascalientes (México). *An. Esc. Nat. Cienc. Biol.*, Méx., 19, 31-43.
- RZEDOWSKI J. 1972: Geographical Relationships of the Flora of Mexican Dry Regions in: *Florística and Paleoflorísticas of Asia and Eastern North América*. Alan Graham ed., Amsterdam, 61-72.
- RZEDOWSKI J. 1973: Geographical Relationships of the Flora of Mexican Dry Regions, in: *Vegetation and Vegetational History of Northern Latin América*. ed. Alan Graham, 61-72.
- RZEDOWSKI J. 1975: An ecological and phyto-geographical analysis of the grasslands of México. *Taxon*, 24, 1, 67-80.
- RZEDOWSKI J. 1978: *Vegetación de México*. Ed. Limusa. México, 432 p.
- RZEDOWSKI J. & CALDERON de RZEDOWSKI, G. 1957: La vegetación a lo largo de la carretera San Luis Potosí-Rio Verde. Nota sobre la flora y la vegetación del Edo. de San Luis Potosí. *Act. Cien. Potos. México*, I, 1, 7-68.
- RZEDOWSKI J. & MEDELLIN-LEAL, F. 1958: El límite sur de distribución geográfica de *Larrea tridentata*. *Acta Cien. Potos. Méx.*, 2, 2, 133-147.
- RZEDOWSKI J. & GUZMAN, G. & al. 1964: Cartografía de los principales tipos de vegetación, de la mitad septentrional del valle de México. *An. Esc. Nat. Cienc. Biol. Méx.*, 13, 1-4, 1964, 31-57.
- RZEDOWSKI J. & Mc VAUGH, R. 1966: La vegetación de la Nueva Galicia. *Contrib. Univ. Michigan Herb.*, 9, 1, 1-23.
- RZEDOWSKI J. & VELA, L. & MADRIGAL, X. S. 1977: Algunas consideraciones acerca de la dinámica de los bosques de coníferas en México. *Ciencia Forestal*. 5, 2.
- RZEDOWSKI J. & RZEDOWSKI, G. C. 1979: *Flora fanerogámica del Valle de México*, Vol. I. Ed. C.E.C.S.A., México, 403 p.
- SHARP, A. J. 1953: Notes on the flora of México: world distribution of the woody dicotyledonous families and the origin of the modern vegetation. *Journ. Ecol.*, 41, 374-380.
- SHAW, G. R. 1909: *The pines of México*, Publ. Arnold Arbor., 1, Boston Mass.

- SHAW, G. R. 1914: The genus *Pinus*, Publ. Arnold Arbor., 5, Cambridge Mass.
- SHREVE, F. 1939: Observations on the vegetation of Chihuahua. *Madroño*, 5, 1-13.
- SHREVE, F. 1951: *Vegetation and flora of the Sonoran Desert*. Vol. I. *Vegetation of the Sonoran Desert*. Carnegie Inst. Wash. Publ., 591, 192 p., 27 maps.
- SMITH, J. R.C.E. 1965: Agriculture, Tehuacan Valley, *Fieldiana Botany*, 31, 3.
- SOSA, H. A. 1935: Algunas consideraciones sobre el *Juniperus* de México. México, 117-122.
- SOTA MORA, C. & JAUREGUI, E. 1965: *Isotermas extremas e índice de aridez en la República mexicana*. U.N.A.M., México, 115 p., 16 cartes h. t.
- SPRAGUE, S. C. 1905: Manual of the trees of North América (Exclusive of México), 910 p.
- STANDLEY, P. C. 1920: *Trees and shrubs of México*. Contr. U. S. Herb., 23, 1, 16, 1169 p.
- STARKER LEOPOLD, A. 1950: Vegetación zones of México. *Ecology*, 31, 4, 507-517.
- STEARNS, W. T. 1973: *Botanical latin*, Londres. 566 p.
- STEBBINS, L. G. 1959: The role of hybridization in Evolution. *Proc. Amen Phil. Soc.*, 103, 231-251.
- STEBBINS, L. G. y MAJOR, J. 1959: Endemism and speciation in the California flora *Ecological Monograph*, 35, 1, 30 p.
- STERN, K. y ROCHE, L. 1974: *Genetics of Forest Ecosystems*. Berlin, 330 p.
- STEVENS, R. L. 1964: The soils of Middle América and their Relation to Indian Peoples and Cultures. In: *Handbook of Middle American Indians*, I, 265-315.
- STRETTA, E. J. P. & MOSIÑO, P.A. 1963: Distribución de las zonas áridas de la República mexicana. *Rev. Ing. Hidr. Méx.*, 1-8.
- TAKAKI, F. & al. 1975: La información CETENAL en la zonificación agropecuaria y forestal, con fines de un mejor aprovechamiento de los recursos naturales. *CETENAL*, México, 34 p.
- TAYLOR, D. W. 1976: Disjunction of Great Basin Plants in the Northern Sierra Nevada. *Madroño*, 28, 6.
- THIEBAUT, B. 1976: Etudes des hêtraies de l'arc montagneux périméditerranéen de la vallée du Rhône à celle de l'Ebre. I. Enseignements à tirer de l'information mutuelle Facteur-Espèces et des profils écologiques. *Bull. Ecol.*, 7, 1, 127-144.
- THIEBAUT, B. 1979: Etude écologique de la hêtraie dans l'arc montagneux nord méditerranéen de la vallée du Rhone à celle de l'Ebre. *Thèse Doct. d'Etat*, Montpellier, 267 p., 148 fig., 46 tabl.
- THORNTHWAITE, C. W. 1948: An approach toward a rational classification of climate. *Geogr. Review*, 38, 55-94.
- THORNTHWAITE, C. W. et MATHER, J. R. 1957: *Instructions and tables for computing Potential evapotranspiration and the water balance*. Drexel Inst. Tech. Lab. Climat., X, 3, 311 p.
- TRURSTONE, L. L. 1955: Problèmes actuels et méthodes nouvelles en analyse factorielle. *L'analyse factorielle et ses applications. Colloques internationaux du C. N. R. S.*, Paris, 31-44.
- TREALASE, W. 1924: *The American oaks*. Memoirs of the National Academy of Science, 20, 255 p.
- TROCHAIN, J. L. 1965: Types biologiques chez les végétaux intertropicaux (Angiospermes). *Mém. Soc. Bot. France, Colloque Montpellier*, 187-196.
- TROLL, C. 1966: The cordilleras of the Tropical Americas. Aspects of Climatic, Phytogeographical and Agrarian. *Ecology*.
- TROLL, C. 1966: Geo-ecological of the mountains regions of the Tropical Americas. *Coll. Geogr.*, 9, Mexico, 50-54.
- VALDES GUTIERREZ, J. 1958: Contribución al estudio de la vegetación y de la flora en algunos lugares del norte de México. *Bol. Soc. Bot. Mex.*, 23, 99-131.
- VAN VALEN, L. 1976: Ecological species, multispecies, and oaks. *Taxon*, 25, 1976, 233-239.
- VINES, Q. A. 1960: *Trees, shrubs and woody vines of the Southwest*. Un. of Texas Press, Austin, 1104 p.
- WALTER, H. 1968: *Die Vegetation der Erde*. Stuttgart.
- WELLS, V. P. 1965: Scarp woodlands, transported grassland soils, and concept of grassland climate in the Great Plains Region. *Science*, 148, 246-249.
- WELLS, V. P. 1966: Late Pleistocene Vegetation and Degree of Pluvial Climatic Change in the Chihuahuan Desert. *Science*, 153, 970-975.
- WEST, R. C. 1964: Natural environment and cultures, in *Handbook of Middle American Indians*, vol. I, Vauchope ed., Austin.
- WEST, R. C. et al. 1973: *Biology, ecology, and renewable resource management of the Pigmy Conifer woodlands of Western North America:*

- a bibliography*. Utah Agricultural Experiment Station, Logan, 36p.
- WHITTAKER, R. H. 1953: A consideration of climax theory. The climax as a population and pattern. *Ecological Monograph*, 23, 1, 41-78.
- WHITTAKER, R. H. & NIERING, W. A. 1965: Vegetation of the Santa Catalina Mountains, Arizona: a gradient analysis of the south slope. *Ecology*, 46, 4, 429-452.
- WHITTAKER, R. H. y WOODWELL, G. M. 1969: Structure, Production and diversity of the oak-pine forest at Brookhaven, New-York, *J. Ecol.*, 57, 155-174.
- WIEGAND, K. M. 1935: A taxonomist's experience with hybrids in the wild. *Science*, 81, 161-166.
- WOODBURY, A. M. 1947: Distribution of Pigmy Conifers in Utah and Northeastern Arizona. *Ecology*, 28, 2, 113-126.
- WOODIN, H. E. y LINDSEY, A. A. 1954: Juniper-pinyon east of the continental divide as analysed by the line-strip method. *Ecology*, 35, 473-489.
- YURTSEV, B. A. 1972: Phytogeography of Northeastern Asia and the Problem of Transberingian Floristic Interrelations. In *Floristics and paleofloristics of Asia and Eastern North America*. Alan Graham ed., Amsterdam, 19-54.
- ZOBEL, B. J. 1952: Abnormal cone formation in Pines. *The Texas Journal of Science*, 4, 517-520.
- ZOBEL, B. J. y CECH, F. 1952: Pines from Nuevo León, Mexico, *Madroño*, 14, 4, 133-144.
- ZURITA: *Breve relación de los Señores de la Nueva España. Varias relaciones antiguas*. Ed. Salvador Chavez Hayhoe, México, siglo XVI.

RESUMEN

El *Pinus cembroides* Zucc., pino piñonero americano, constituye en México formaciones arbóreas que aseguran frecuentemente la transición entre las formaciones secas de la Meseta Central y los bosques de altura de las Sierras Madre oriental y Occidental. Su madera, muy dura, ha sido ampliamente utilizada en el siglo XIX y en los comienzos del XX. Sus semillas o piñones son, al mismo tiempo, objeto de un comercio de artesanía interior y de exportación hacia los Estados Unidos.

Estos dos aspectos explican el interés hacia una especie sobre la cual existían pocos elementos de información al comienzo de este estudio en 1969. Era necesario precisar, por una parte, los límites actuales del área de los bosques de *Pinus cembroides*, y por otra parte, su composición florística y las condiciones ecológicas de su desarrollo.

A medida que avanzaba el estudio fitoecológico, se nos aparecía toda la complejidad sistemática de estos pinos piñoneros del grupo *cembroides*, lo que nos ha llevado a describir taxones nuevos y a estudiar de forma sistemática, los caracteres del grupo. Sin embargo, el estudio ecológico de cada uno de los taxones que vamos a describir, no ha sido posible, por lo que este estudio fitogeográfico se realiza sobre un conjunto complejo llamado *Pinus cembroides* s. l.

Esta publicación comprende tres partes: la primera se dedica a la sistemática de los pinos del grupo *cembroides*; la segunda precisa las correlaciones entre los bosques de *Pinus cembroides* s. l. y el medio, particularmente las formaciones vegetales adyacentes; y por fin, la tercera, aborda la repartición, el bioclima y la dinámica de los bosques de *Pinus cembroides*.

Comenzado este trabajo en 1969, continuándose en el curso de los veranos de 1970, 1971, 1975, 1976 y febrero y marzo de 1978. Subvencionado por la Misión Arqueológica y Etnológica Francesa, el CNRS y el CONACYT, esta investigación ha sido apoyada por distintos Institutos de Investigación mexicanos: el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, el Instituto de Zonas Áridas de San Luis Potosí (SLP), la Universidad Agraria "Antonio Narro", Saltillo (Coah.) y el Laboratorio de Fanerogamia del Instituto Politécnico Nacional de México dirigido por el Dr. J. S. Rzedowski. Un ejemplar de todos los especímenes recogidos en el curso de cada estudio del terreno, ha sido depositado en el herbario de este Instituto citado últimamente.

I. SISTEMÁTICA DE LOS PINOS DEL GRUPO *CEMBROIDES*

El *Pinus cembroides* es un pino de la sección *Haploxyton*, de semilla áptera. Brevemente, se puede hacer la historia de las dificultades de clasificación de los pinos de este grupo, de lo cual se dio cuenta ya Engelmann. Recientemente, Lanner proponía reunir en un grupo *cembroides*, todos los pinos piñoneros, excepto *P. maximartinezii*, *P. nelsonii* y *P. pinceana*. Hemos adoptado este punto de vista.

Una de las características utilizadas corrientemente para la sistemática de los pinos, es el número de hojas en cada fascículo y ello hace aparecer el grupo *cembroides* como una serie evolutiva cuyos dos polos son *Pinus monophylla* (fascículo de una hoja) y el *Pinus culminicola* (fascículo de 5 hojas).

El color del endospermo nos ha parecido una buena característica para separar, de una parte los pinos similares al *Pinus edulis* y de la otra el *Pinus cembroides* y sus variedades. En efecto, el endospermo del *Pinus edulis*, como el del *Pinus monophylla* y *Pinus culminicola*, es blanco, mientras que el del *Pinus cembroides* es rosa (color debido a compuestos fenólicos).

Hemos tenido necesidad de describir dos nuevos taxones, de las cuales uno se asimila al *Pinus edulis*. Las poblaciones arbóreas atribuidas hasta aquí al *Pinus edulis* en el Norte de México, se diferencian por el número de canales resiníferos de la especie. Antes de terminar este trabajo, dos investigadores americanos (Bailey y Hawksworth) han asegurado, partiendo de la observación de muestras de herbarios, que estos pinos debieran ser catalogados como el *Pinus remota*.

No compartimos este punto de vista y distinguimos los pinos enanos de Santa Catarina, de más de dos canales resiníferos y endospermo blanco, de los pinos altos y derechos, de más de dos canales resiníferos del Noroeste del Estado de Coahuila. A la forma enana se le da el nombre de *Pinus catarinae sp. nov.*

En lo que concierne el *Pinus cembroides s. str.* definido por un endospermo rosa, las enumeraciones sistemáticas de las hojas en seis poblaciones diferentes, muestran que el número de ellas por fascículo, es un carácter fluctuante.

La enumeración de los cotiledones, la observación del crecimiento de las plantas jóvenes, hacen aparecer una variedad de crecimiento rápido: *Pinus cembroides var. nov.*

Finalmente, el autor propone un sistema para distinguir los diversos taxones del grupo *cembroides*.

II. VEGETACIÓN Y MEDIO

Era necesario, al mismo tiempo, precisar la composición florística y las variables ecológicas de las formaciones de *Pinus cembroides* y situarlo con relación a las formaciones vegetales vecinas.

Por esta razón, hemos procedido a recoger sistemáticamente, muestras de las poblaciones de *Pinus cembroides*, indicadas por Martínez(1948). Cada vez que la topografía nos lo permitía, dichas muestras han sido recogidas en clases de altura diferente. Una gran cantidad de estos datos ha sido verificados.

Las informaciones relativas a la vegetación y al entorno han sido tratadas según dos métodos matemáticos complementarios: el análisis factorial de las similitudes y el método de perfiles ecológicos. Estos métodos son rigurosos, pero los resultados obtenidos no

tienen otro sentido que el marco preciso de este estudio, pues toda extrapolación debe hacerse con prudencia.

El análisis factorial de las similitudes ha permitido asociar globalmente las notas tomadas a lo largo de nuestro estudio, las variables ecológicas y las especies vegetales, y hace aparecer la importancia primordial de la variación de la temperatura en altitud. El análisis factorial conduce al autor a proponer unos grupos cenológico, grupos de plantas afines. En el interior de cada uno de ellos, se distinguen dos tendencias: una mesófila y la otra xerófila. Las formaciones de *Pinus cembroides* tienen en su conjunto un cortejo florístico muy pobre: el de la Sierra Madre Oriental difiere del de la Sierra Madre Occidental. Unas especies como *Juniperus deppeana*, *Arctostaphylos pungens* son más frecuentes al Oeste que al Este.

El método de los perfiles ecológicos permite caracterizar las relaciones elementales entre cada especie y cada variable ecológica y así ordenar y distinguir las especies indicadoras de cada variable ecológica importante. Por la primera vez se han podido establecer numerosas relaciones entre las especies y las variables ecológicas.

Las especies indicadoras y los componentes de los grupos cenológicos tienen una amplia repartición y si se añade que el *Pinus cembroides* está situado en las zonas marginales o de transición, se puede llegar a la conclusión que la repartición de las zonas del *Pinus cembroides* está ligada a dos factores: de una parte las variaciones climáticas y de otra parte las variables antrópicas.

III. LAS FORMACIONES DE *PINUS CEMBROIDES*

Numerosas observaciones hechas sobre los bosques de *Pinus cembroides* difíciles de codificar, no han podido ser incluidas en el capítulo anterior ; sin embargo nos permiten precisar las formaciones de *Pinus cembroides* y su dinámica actual.

No existía hasta ahora más que un mapa de repartición de *Pinus cembroides*, el de Critchfield y Little; proponemos dos mapas a una escala grande, de la presencia y distribución del *Pinus cembroides*; uno en la Sierra Madre Occidental y otro en la Sierra Madre Oriental, entre los grados 24 y 26 de latitud norte.

Los datos climáticos disponibles han sido analizados con métodos diversos, lo que hace aparecer que en la Sierra Madre Occidental las formaciones de *Pinus cembroides* se sitúan en clima de transición, a veces semi-húmedo con inviernos fríos. Al Este, las condiciones climáticas son un poco diferentes, particularmente en el Estado de Coahuila, donde las formaciones *Pinus cembroides* benefician de un clima de tipo semi-árido. En los otros Estados del Este, se desarrollan en clima de transición más seco y cálido que en el Oeste.

La sucesión de las altitudes, muy compleja en el campo, esta presentada por unas cortes-tipos escogidas en las dos Sierras Madres Oriental y Occidental, así como del sur de la Meseta Central.

En fin tres tendencias se observan en la dinámica actual de los bosques de *Pinus cembroides*, tanto al Oeste como al Este de México:

- una conquista lenta sea de la vegetación xerófila, sea de los bosques de *Pinus* pl. sp.;
- un Estado de equilibrio;
- un retroceso debido a los cortes sistemáticos.

Un estudio detallado hecho en el Estado de Chihuahua muestra que la franja ecotona entre formaciones de *Pinus cembroides* y vegetación adyacentes está frecuentemente alterada por la ocupación humana.

Este estudio permitirá establecer, más tarde, una relación entre ecología y sistemática de las diversas especies de pinos piñoneros, descritos aquí y cuya existencia era desconocida en 1969.