



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA

LA TAFOFLORA DE PALEOAMBIENTES OXIDANTES
EN LA FORMACION SANTA CLARA, TRIASICO
SUPERIOR DE SONORA.

TESIS QUE PARA OBTENER
EL TITULO DE BIOLOGO
PRESENTA:

ANGEL ZAMBRANO GARCIA

FACULTAD DE CIENCIAS

- 1985 -



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

INDICE

	Pág.
RESUMEN	1
INTRODUCCION.	1
I. ANTECEDENTES.	3
Ia. Geología del Triásico Superior de Sonora	3
Ib. Paleobotánica de la Formación Santa Clara.	5
Ic. Geología de la Formación Chinle.	8
Id. Paleontología de la Formación Chinle	9
II. MATERIAL.	10
IIa. Areas de colecta y localidades	10
IIb. Ejemplares	14
III. METODO Y RESULTADOS	14
IV. DISCUSION DE RESULTADOS	22
V. COMPARACION ENTRE LAS TAFOFLORES DE LAS FORMACIONES SANTA CLARA Y CHINLE.	28
VI. CONCLUSIONES.	32
AGRADECIMIENTOS	32
BIBLIOGRAFIA.	33

RESUMEN

Con dos métodos fitoecológicos adaptados se analizó la distribución de los fósiles vegetales en 37 localidades de la Formación Santa Clara (Triásico Tardío) del Estado de Sonora y se encontró que existen por lo menos cuatro grupos de unidades taxonómicas distribuidos de manera diferente. El grupo I está compuesto por especies cuyo depósito ocurrió en paleoambientes anaeróbios ("reductores"); el grupo II está constituido por especies que se depositaron en paleoambientes aeróbios ("oxidantes"); el grupo III está formado por especies "indiferentes" que se distribuyeron en sitios intermedios entre los dos primeros paleoambientes; mientras que un conjunto pequeño de especies ubiquestas constituye al grupo IV. En la parte medular de este trabajo se estudió con detalle al grupo II, cuyo taxón más importantes es *Phyllothea?* sp. A; se definió su composición florística y se establecieron las posibles relaciones entre sus miembros. Finalmente, se hizo una comparación florística en nivel de géneros entre la Tafoflora de la Formación Santa Clara y la de la Formación Chinle del suroeste de E.E.U.U.

INTRODUCCION

Cain definió a la Paleoecología como "el estudio de la biota del pasado sobre la base de conceptos y métodos ecológicos, en la medida en que pueden aplicarse" (Odum, 1972). Esta definición, construida a partir del objeto de estudio y la modalidad y restricciones del método de estudio, permite ubicar al presente trabajo en el área de la Paleoecología, pues han sido utilizados conceptos y métodos fitoecológicos adaptados para tratar de aproximarse a la situación de las fitocenosis que existieron en la "Paleocuena La Barranca" durante el Carniáno.

Es importante insistir en la restricción introducida en esa definición -"en la medida en que pueden aplicarse" tanto los conceptos como los métodos de trabajo- porque alude a una cuestión insoslayable: en Paleoecología no se trabaja directamente con biocenosis originales sino con lo que de ellas ha que-

dado en forma de fósiles, y en los cuales, debido a la pérdida de información ocurrida durante y después de la fosilización, no se encuentran representadas todas las variables que tuvo el sistema viviente. Esta consideración afecta irremediablemente a la totalidad del proceso de investigación paleoecológica. Sin embargo, el único medio, aunque indirecto, para aproximarse al conocimiento de las antiguas biocenosis, es la información contenida en los yacimientos fosilíferos; sólo su estudio y una buena dosis de extrapolación son el camino para lograr esa aproximación. De cierta manera, se trata de un problema similar al del estudio de un cuerpo del cual sólo se conoce la sombra que proyecta en la pared.

Este tipo de enfoque en las investigaciones paleobotánicas de la Formación Santa Clara es muy reciente, su comienzo se ubica en la segunda mitad de la década de los setenta. Los aportes de Weber

y colaboradores (1982b) abrieron las puertas al trabajo que intenta establecer relaciones entre las formas fósiles de esa formación. Esta idea surgió al observar en el campo la frecuente aparición de ciertos taxa asociados en algunas localidades, mientras que otras unidades taxonómicas aparecían juntas en localidades con características distintas; esta observación condujo a la sospecha de que en la Tafoflora Santa Clara podrían existir grupos de taxa con distribución diferente entre sí en el conjunto de localidades. A continuación vino la búsqueda de tales grupos y el intento de formalizarlos en términos florísticos. Y una vez detectados, hubo que investigar las causas de sus diferencias distributivas; para ello tuvo que asociarse la información florística con otro tipo de datos: los provenientes de las rocas de las diversas localidades. Y con la asociación de esos datos surgió la posibilidad de deducir los probables ambientes de sedimentación de la Formación Santa Clara, mismos que a su vez pudieron haber determinado la distribución de los fósiles vegetales.

Desde sus inicios estos trabajos se enfrentaron al problema de cómo reconocer y definir los grupos de taxa -si es que existían-, y se optó por utilizar métodos desarrollados para casos similares en la Ecología Vegetal, tanto cualitativos como cuantitativos, en particular aquellos aplicados en la clasificación de comunidades vegetales. Pero fue necesario adecuar estos métodos a las características de un objeto de estudio tan diferente de la vegetación actual como son los fósiles de plantas, de los cuales, como ya se indicó, no es posible obtener todos y cada uno de los da-

tos necesarios para que estos procedimientos tengan su sentido original, y entonces hubo que substituir algunos datos requeridos en el caso de trabajos con vegetación actual por otros más o menos equivalentes.

Esta línea de investigación tuvo un primer éxito que concluyó con la formalización inicial de cuatro grupos de unidades taxonómicas y con una proposición acerca de las posibles condiciones de depósito de cada uno, todo planteado como hipótesis de trabajo (Weber *et al.*, 1982b). Estos autores sugirieron la existencia de dos ambientes de sedimentación contrastantes en la Formación Santa Clara: uno en el cual las plantas se depositaron en sitios de aguas estancadas, donde la gran acumulación de materia orgánica agotó la cantidad de oxígeno libre disponible, estableciendo condiciones anaerobias; y otro donde los restos vegetales se depositaron en sitios de aguas fluyentes, como ríos o arroyos, en los que había oxígeno libre en abundancia. En estos paleoambientes, proponen, los cuatro grupos de taxa estarían distribuidos de la siguiente manera:

Grupo I. Caracterizado por *Asterotheca/Pecopteris* (hoy *Asterotheca santaclarae* f. A y B) corresponde al ambiente anaerobio.

Grupo II. Con *Phyllotheceae/Equisetaceae* (gen. nov. sp. nov.? (hoy ¿*Phyllotheceae*? sp. A) en el ambiente aerobio-"oxidante".

Grupo III. Con elementos como la conífera *Elatocladus* spp (hoy *Elatocladus carolinensis*, E. sp. A, B y C y E. ex gr. *carolinensis*) distribuidos en zonas intermedias entre las ocupadas principalmente por los dos primeros grupos, probablemente sobre pla-

nicias de inundación.

Grupo IV. Con plantas como *Macrotæniopteris* sp. de amplia distribución que abarca las tres zonas anteriores.

Ya desbrozado el campo con esa primera información y con nuevos datos proporcionados por otras colectas realizadas en 1981, se emprendió este trabajo. En esta ocasión el análisis, sin hacer una innovación metodológica, fue hecho con 37 localidades -Weber y colaboradores analizaron solamente 16- y se lograron detectar algunas diferencias, sobre todo en lo referente a la composición florís-

tica de los grupos.

Los objetivos planteados en esta tesis son los siguientes: 1) Someter a prueba la hipótesis de trabajo propuesta por Weber *et al.*, (1982b), sintetizada en esta introducción; 2) De resultar cierta esta hipótesis, precisar la composición florística del Grupo II y establecer el tipo de relaciones distributivas que se dan entre sus elementos y 3) Dada la cercanía actual de la Formación Santa Clara y la Formación Chinle (SW de E.E.U. y de edad similar), hacer una comparación entre sus taofloras.

I. ANTECEDENTES

Ia. Geología del Triásico Superior de Sonora.

Del gran conjunto de rocas sedimentarias mesozoicas de la porción centro-oriental del Estado de Sonora destacan por su abundancia las del Triásico, mismas que también afloran en Chihuahua y probablemente se extienden hasta el norte de Sinaloa. El contenido de antracita y grafito de estas sedimentitas ha sido el motivo de los principales estudios geológicos de la región (Wilson y Rocha, 1946; Avila de Santiago, 1960; Bello Barradas, 1960).

La ausencia de homogeneidad litológica de estos sedimentos -que probablemente es reflejo de diferencias genéticas- ha provocado un desacuerdo en cuanto a cuál categoría estratigráfica les corresponde; por ejemplo, King (1939) y Wilson y Rocha (1946) las denominaron Formación Barranca, un término que

en la actualidad siguen usando muchos geólogos, sobre todo los sonorenses, quienes distinguen tres miembros en ella. De modo diferente, Alencáster (1961a) concluyó que en realidad se trata de un grupo y lo llamó Grupo Barranca, integrándolo con tres formaciones: Arrayanes, Santa Clara y Coyotes, en orden ascendente. En el presente trabajo se ha tomado como base la última de estas caracterizaciones y se remite al lector interesado en profundizar en la primera de ellas a las obras citadas arriba.

El Grupo Barranca sobreyace con discordancia angular en rocas paleozoicas. Bello Barradas (1960) señaló la presencia de una secuencia de caliza yesífera subyacente al grupo en el área de San Marcial; cabe la posibilidad de que estas rocas no sean paleozoicas sino mesozoicas, lo cual sugiere que el depósito del Grupo Barranca pudo haber comenzado con una fase marina.

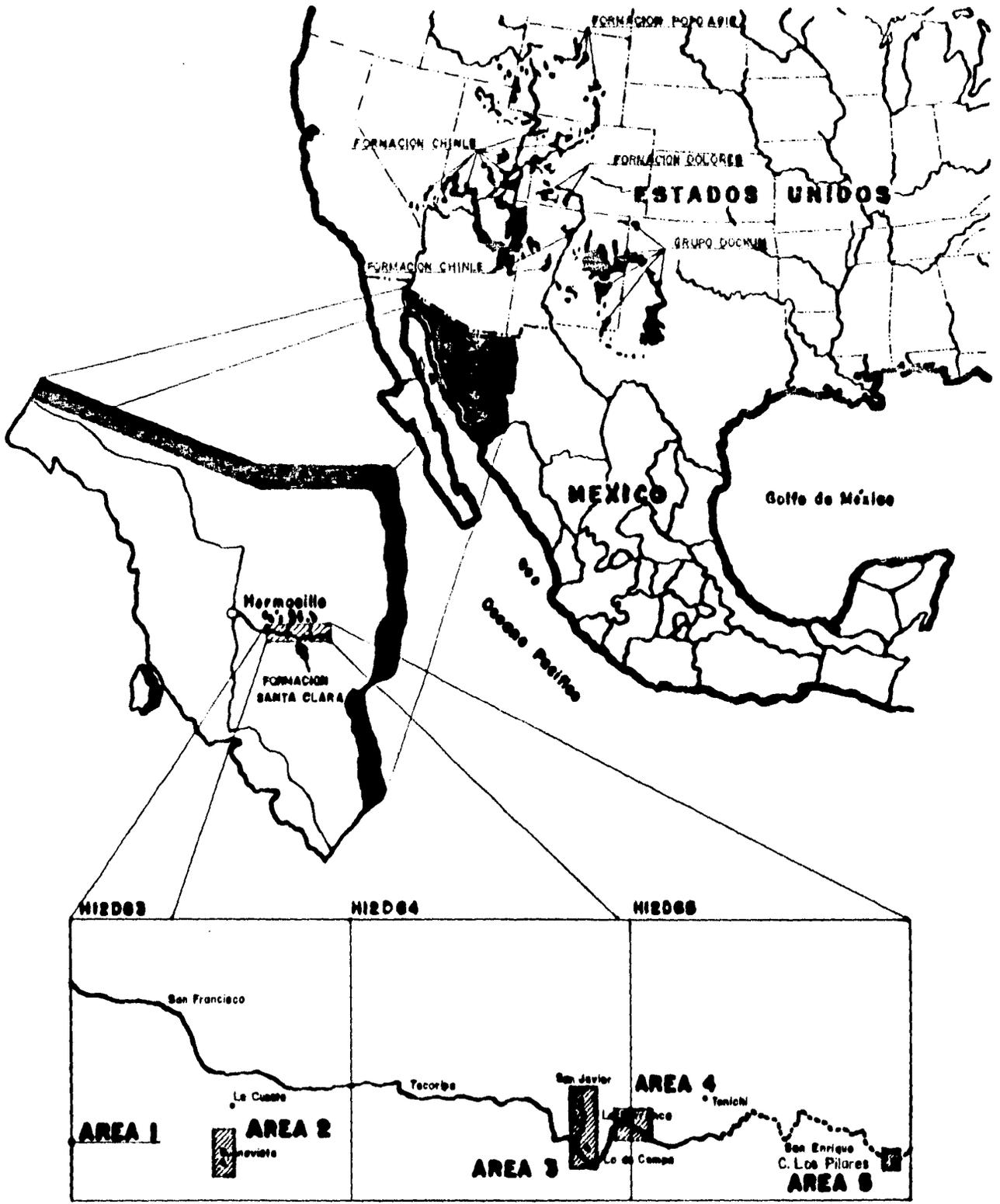


FIGURA 1. Afloramientos del Triásico del suroeste de E. E. U. U. y del noroeste de México; ubicación de la Formación Santa Clara en el Estado de Sonora y proyección de las áreas de colecta donde se realizó el presente trabajo.

Según Alencáster (1961a), la Formación Arrayanes tiene una edad entre post-paleozoica y pre-cárnica, y está compuesta de arenisca cuarcífera con intercalaciones de lutita y conglomerado. Le sobreyace, en contacto transicional, la Formación Santa Clara que se compone de arenisca y lutita con capas intercaladas de antracita y grafito. La edad de la Formación Santa Clara ha sido precisada por la misma autora y por Silva Pineda (1961) como cárnica. Esta formación es la depositaria de la flora fósil analizada en esta tesis y, además, presenta restos de invertebrados marinos y otros que probablemente fueron dulceacuícolas. A la Formación Santa Clara le sobreyace la Formación Coyotes cuya composición es similar a la de la Formación Arrayanes y su edad es, probablemente, post-cárnica y pre-cretácica.

Aunque la génesis del Grupo Barranca no ha sido bien aclarada, parece no haber duda de que su depósito ocurrió en una depresión con forma de bahía localizada en la costa oriental del ortogeosinclinal que durante el Triásico se extendió desde el Antimonio, Sonora hacia Durango y Zacatecas de donde se prolongaba con sentido norte-sur hasta la actual costa del Pacífico (de Cserna, 1976). Asimismo, todavía no se han determinado cuáles fueron las fuentes del material clástico que constituyó a este grupo.

La compleja estructura actual del Grupo Barranca, expresada en numerosos plegamientos y fallas, debe estar asociada con procesos que lo alteraron después de que sus sedimentos se depositaron; Rangin (1978) ha enumerado los siguientes procesos: la Fase Laramídica que ocurrió del Cretácico Terminal

al Paleoceno y la que está ligada al desprendimiento de la Península de Baja California del continente desde finales del Terciario al Cuaternario (dentro del llamado Ciclo Orogénico Sonorense). La presencia de grandes cuerpos de rocas intrusivas en la región, delata el origen del elevado metamorfismo de contacto que presenta el Grupo Barranca. Pero al margen de todas sus complicaciones estructurales, y en virtud de la presencia de una tafoflora abundante con intercalaciones de fósiles marinos, se puede pensar en que la sedimentación del grupo Barranca, o por lo menos de la Formación Santa Clara, ocurrió mediante un régimen de facies de transición, a reserva de que ello sea aclarado por los resultados de un estudio sedimentológico extenso y detallado.

Ib. Paleobotánica de la Formación Santa Clara.

Entre muchas otras cosas, en el subsuelo mexicano permanece una cantidad desconocida y seguramente grande de información bruta de interés paleobotánico en espera de ser tomada en cuenta. Esta información en lo que respecta a la contenida en los sedimentos de la Formación Santa Clara, había venido siendo extraída y analizada de una manera discontinua desde la segunda mitad del siglo XIX hasta la década pasada. Un breve recuento de las publicaciones en que se trata específicamente a la flora fósil de Santa Clara, y que fueron producto del trabajo directo con ejemplares, proporciona una idea de la cantidad y calidad de los conocimientos que se tienen acerca de ella.

Cuando se realizó la anexión de la parte norte de México a los E.E.U.U., el gobierno de este país promovió varias expediciones

para explorar sus nuevas posesiones. En el informe de una de ellas se incluyó un trabajo sobre fósiles hecho por el geólogo de la expedición J. S. Newberry. Entre esos fósiles se encuentran algunos que le fueron proporcionados por el geólogo francés A. Remond, quien los colectó en Los Bronces, Sonora durante una investigación de los sedimentos triásicos de ese Estado. Newberry (1876) también menciona que una persona apellidada Hartley le hizo llegar material procedente del río Yaqui. En este informe, Newberry describe 14 unidades taxonómicas, todas ilustradas (además de una ilustración, la de *Palyssia?*, sin descripción), asignándolas al Triásico. Esta publicación es el resultado del primer trabajo sobre la Tafoflora Santa Clara.

Aguilera (1896), aunque con objetivos de tipo geológico, visitó la parte centro-oriental de Sonora y colectó ejemplares fósiles de las sedimentitas triásicas. En su publicación aparece una lista florística basada en el trabajo de Newberry (1876), pero no presenta ilustración ni descripción alguna de las unidades taxonómicas enlistadas.

Después del trabajo de Aguilera, transcurren 20 años hasta la aparición de otra publicación de carácter paleobotánico sobre el Triásico sonorense. Esta vez fue la de Humphreys (1916). En ella se comentan, por no decir que se describen, nueve unidades taxonómicas de las cuales solamente viene ilustrada una (*Neocalamites carrei*, -hoy *Phyllothea?* sp A-, que se presenta como una nueva especie). Los fósiles estudiados por este autor se encontraban depositados en el Jardín

Botánico de Nueva York, donde habían sido enviados por Benjamin H. Hill, quien los colectó en el distrito carbonífero de Santa Clara, Sonora. Desde entonces hasta que se publica la tesis profesional de Silva Pineda (1961), no hubo otro trabajo de tipo netamente paleobotánico sobre la Formación Santa Clara. Esta autora describe 12 especies, todas con sus respectivas ilustraciones.

Entre 1916 y 1961, y previamente con Remond (*in* Newberry, 1876), Aguilera (1896) y Dumble (1900 a, b y c), aparecieron otras publicaciones sobre el Triásico centro-oriental de Sonora que deben mencionarse aún cuando su enfoque es geológico y a veces relacionado directamente con la antracita y el grafito de la zona, porque en ellas se encuentran alusiones en forma de listas florísticas -por cierto sin descripción ni ilustraciones- de la Tafoflora Santa Clara. Entre este conjunto de publicaciones se encuentran las de King (1939), Wilson y Rocha (1946), Avila de Santiago (1960), Bello Barradas (1960) y Alencáster (1961). Durante sus investigaciones, los geólogos solían coleccionar material fósil y enviarlo a los especialistas: Remond lo hizo llegar a Newberry, Dumble a Fontaine, King a Read, Wilson y Rocha a Brown, y el material colectado por Avila de Santiago y Bello Barradas fue utilizado por Silva Pineda para su trabajo de tesis.

Como puede observarse el recuento bibliográfico de lo producido desde el siglo pasado a 1961 arroja resultados magros, por ello puede decirse que en general los conocimientos de la tafoflora Santa Clara hasta ese año fueron producto colateral de investigaciones geológicas.

Años más tarde en 1973, se reinició la investigación paleobotánica de la Formación Santa Clara. En ese año, y posteriormente en 1975, R. Weber recorrió la zona, exploró los sitios donde hay material fósil e hizo algunas colectas. Fue durante esas exploraciones cuando este investigador se percató de las potencialidades que, para el trabajo paleobotánico, tiene la Tafoflora Santa Clara. Sus observaciones en diferentes localidades fosilíferas lo llevaron a intuir que en la Tafoflora Santa Clara existen grupos recurrentes de taxa, intuición que se vio reforzada después de compararla florísticamente y de manera preliminar con otras dos floras fósiles del Triásico de los E.E.U.U.: las del Grupo Richmond de Virginia y la Formación Chinle del suroeste de este país, (Weber, et al., 1982a y b).

En 1979, un grupo de estudiantes de la Facultad de Ciencias de la UNAM, en una práctica de campo dirigida por R. Weber y Luis A. Herrera, colectaron una gran cantidad de restos vegetales en los alrededores del Rancho La Cuesta y el poblado La Barranca, Sonora. En su informe de trabajo (Biología de Campo, 1979a) se describen doce localidades y se enumeran las unidades taxonómicas encontradas en cada una de ellas. En su segundo informe (Biología de Campo, 1979b) se incluye una revisión de la nomenclatura de las formas fósiles vegetales de la Formación Santa Clara, la cual quedó expresada en una tabla comparativa de las listas presentadas por Newberry (1876), Humphreys (1916), Silva Pineda (1961) y la de ese mismo informe; se describen 29 unidades taxonómicas y 4 *incertae sedis*, de las cuales se ilustran 23 y uno, respectivamente; además,

propusieron, de acuerdo al resultado de una comparación de la distribución de 15 unidades taxonómicas en 12 localidades, una hipótesis de trabajo donde plantean la posibilidad de la existencia de grupos de taxa con distribución distinta entre sí en la Paleoflora Santa Clara.

En 1982 se publicaron dos trabajos de R. Weber y colaboradores. En uno de ellos analizan cuantitativa y cualitativamente la distribución de 15 unidades taxonómicas en 16 localidades. En su trabajo se observan algunos cambios con respecto al informe de la Biología de Campo (1979b) tanto en los taxa como en las localidades (se excluyen algunas localidades muestreadas en 1979 y se incluyen otras colectas de R. Weber de 1973-75). Los resultados fueron expuestos en una tabla fitosociológica y en otra tabla que muestra los índices de correlación entre pares de unidades taxonómicas. Ellos plantean que en la Tafoflora Santa Clara existen por lo menos cuatro grupos de taxa recurrentes. Dos de estos grupos presentan una distribución excluyente entre sí; uno está representado por *Phyllotheceaceae/Equisetaceae* ?gen. nov. sp. nov.? - hoy *Phyllotheceae*? sp. A-, *Desmiophyllum* sp. y *Cladophlebium*? spp. y proponen que se desarrolló durante el Carniano al modo de una vegetación riparia; en el otro incluyen a *Asterotheca/Pecopteris* - hoy *Asterotheca santaclarae* f. A y B - *Ctenophyllum braunianum*, *Pterophyllum*? sp. y *Taeniopteris elegans*, y proponen que se desarrolló en lugares con drenaje deficiente, de aguas estancadas o en brazos muertos de ríos, formando una vegetación de pantanos. Un tercer grupo constituido por *Elatocladus* spp. - hoy *Elatocladus carolinensis*, E. sp. A, B y C y E. ex gr. *carolinensis*-, *Pelourdea* sp. y *Desmiophyllum polcoensis*, que muestra

una distribución intermedia entre la de los dos anteriores, posiblemente habitando en planicies de inundación o en zonas localizadas entre ríos y depresiones interfluviales pantanosas. Y, por último, un cuarto grupo compuesto por *Macrotaeniopteris* sp. *Zamites fragilis* y *Z. cf. truncatus*, cuyo margen ecológico debió ser más amplio, pues se encuentra en casi todas las localidades (Weber, et al., 1982b). El trabajo de Weber y colaboradores (1982a) es fundamentalmente florístico. En él se describen e ilustran 11 unidades taxonómicas.

El mismo Weber (1982) discutió la distribución altitudinal de las coníferas de la Formación Santa Clara en el contexto general de la paleogeografía del Mesozoico, particularmente de la porción continental correspondiente a México, y señala que estas coníferas crecieron en altitudes bajas con climas calurosos.

Las publicaciones donde se analiza la Paleoflora Santa Clara muestran que desde los inicios de su estudio hasta 1961, los trabajos se enmarcaron dentro del terreno taxonómico, básicamente tratando el aspecto descriptivo y, aunque a veces de manera limitada, el ilustrativo; se les asignaba un nombre a las formas fósiles y se les ubicaba en un sistema de clasificación. Sin embargo, ello no significa que el problema taxonómico de la Tafoflora Santa Clara se encuentre resuelto en su totalidad. Las revisiones bibliográficas y las abundantes colectas realizadas desde 1973 hasta la fecha, han mostrado las carencias del conocimiento taxonómico de esta flora fósil, como lo expresan las frecuentes sinonimias o asignaciones incorrectas de nombres. El problema

se ha venido complicando todavía más por los hallazgos de varias formas de nuevo registro y porque algunas unidades taxonómicas pensadas indivisibles deben ahora subdividirse.

I.c. Geología de la Formación Chinle.

Desde 1973 ha llamado la atención el problema de la relación de la Tafoflora Santa Clara con otras del Triásico, particularmente de las de E.E.U.U.

Se ha observado que la flora fósil de la Formación Santa Clara comparte pocas unidades taxonómicas con la de la Formación Chinle, mientras que comparte un número mayor con las de los Grupos Chatham (Carolina del Norte) y Richmond (Virginia), sobre todo con la de este último. Todas tienen una edad similar (Weber et al., 1982a y b). La diferencia entre las floras fósiles de la Formación Santa Clara y la Formación Chinle, es muy llamativa, y lo es más si se toma en cuenta su cercanía geográfica actual. Por esta razón se discutirán sus relaciones en un apartado especial de este trabajo. De ahí que resulta necesario bosquejar la geología y paleobotánica de la Formación Chinle.

En el oeste de los E.E.U.U., afloran extensos depósitos de rocas sedimentarias del Triásico Superior, las cuales hacia el suroeste están representadas por la Formación Chinle. Esta formación se depositó en la llamada Plataforma de Colorado y sus sedimentos están expuestos en gran parte del norte de Arizona, sur-este de Utah, noroeste de Nuevo México, suroeste de Colorado y en una pequeña porción del extremo sur de Nevada. (Stewart et al., 1972). Rocas sedimentarias, con edad similar a las de la Formación Chinle que afloran

en Wyoming se conocen como Formación Popo Agie; otras, localizadas en Nuevo México y Colorado, aunque también incluyen una parte de la Formación Chinle, son conocidas como Grupo Dockum.

La Formación Chinle, en su mayor proporción, sobreyace discordantemente en la Formación Moenkopi del Triásico (probablemente temprano o medio) y en la parte este de la Plataforma de Colorado sobre rocas precámbricas y paleozoicas. Los estudios estratigráficos de la Formación Chinle, permiten subdividirla en dos partes, una inferior (bentonítica) compuesta de 5 miembros y otra superior (lechos rojos) con dos miembros (Stewart *et al.*, 1972).

Parte Inferior (bentonítica).- Miembros: "Mottled Strata", Shinarump, Monitor Butte, Moss Back y Petrified Forest; constituidos de arcillita, arenisca con granos de diversos tamaños, según el miembro - y conglomerado.

Parte Superior (Lechos rojos).- Miembros: Owl Rock y Church Rock; compuestos de limolitas cuarzosas, con intercalaciones de caliza (en el Owl Rock) y arenisca (en el Church Rock).

Los estudios sedimentológicos de la Formación Chinle han permitido conocer con gran exactitud cuáles fueron las fuentes de su material sedimentario, la dirección que tuvo el flujo de las aguas y cómo fue su ambiente de depósito.

La Formación Chinle se constituyó con material proveniente de tres zonas principales:

a. Mogollon Highland. Una franja montañosa de carácter volcánico ubicada hacia el sur

de lo que hoy son los Estados de Arizona y Nuevo México, aunque también llegaba hasta el sureste de California y algunas partes del norte de Sonora y Chihuahua. Al parecer fue el más importante punto de origen del material clástico que formó la parte inferior de la Formación Chinle, sobre todo en la porción sur de la Plataforma.

b. Uncompahgre Highland. Compuesto de rocas ígneas y metamórficas precámbricas. Estuvo ubicado diagonalmente en el sureste de Colorado, tocando con sus extremos a los Estados de Utah y Nuevo México. Principalmente aportó material clástico hacia la parte norte de la Plataforma.

c. Front Range Highland. Lo formaban rocas ígneas y metamórficas precámbricas, además de rocas sedimentarias del Paleozoico. Se encontraba en el noroeste de Colorado y al parecer contribuyó con más material clástico que el anterior, sobre todo para la parte superior de la Formación Chinle).

La gran cantidad de diastratificaciones en los sedimentos de la Formación Chinle revelan que durante el tiempo de su depósito en la zona existió un flujo de agua muy activo, y todo parece indicar que no hubo grandes áreas con aguas estancadas donde se acumulara material vegetal en forma de turba.

I.d. Paleontología de la Formación Chinle.

Desde el punto de vista paleontológico, la parte inferior de la Formación Chinle es más importante que la superior porque en ella está concentrada la inmensa mayoría de su fauna y flora fósiles. La menor cantidad de fósiles de la parte superior ha sido explicada con la idea de que durante

el tiempo de su depositación hubo un incremento de la aridez del clima. Y si no puede asegurarse que hubo una disminución en el tamaño de la biocenosis, sí se puede afirmar que, debido a ese cambio climático, las condiciones para que se efectuaran los procesos de fosilización se vieron afectadas desfavorablemente (Stewart, *et al.*, 1972). Por otro lado, la presencia de lechos rojos en la parte superior es un síntoma, de acuerdo con la idea de Schwarzbach (*in* Weber, 1982) de que sus sedimentos se depositaron en climas cálidos. De ahí que la hipótesis del incremento de la aridez durante el tiempo de su depósito puede ser correcta.

En la Tafoflora Chinle destacan las maderas de coníferas, las cuales se presentan prácticamente en todos los miembros. Asimismo se encuentran represen-

tantes de cícadas, pteridofitas y otros grupos, (para información más detallada ver: Daugherty, 1941, Ash, 1967, 1968, 1970a-c, 1972, 1974a y b, 1975, 1976 y 1977.

De la fauna fósil se han registrado: pelecípodos, gasterópodos, artrópodos, peces, anfibios y reptiles; la mayor parte de los cuales fueron de hábitos dulceacuícolas o habitantes de tierra firme (Stewart, *et al.*, 1972).

Los datos paleontológicos complementados con las evidencias de tipo geológico hacen pensar, con buen margen de seguridad, que la Formación Chinle tuvo un depósito netamente continental, con variaciones entre lacustre, fluvial y de planicies de inundación.

II. MATERIAL

IIa. Areas de colecta y localidades.

Los afloramientos de la Formación Santa Clara están expuestos en su mayor proporción en la región centro-oriental del Estado de Sonora - al sureste de Hermosillo. La vía de acceso es la carretera Hermosillo-Tónichi (SON 16). Al margen de esta carretera, en las inmediaciones del antiguo poblado minero La Barranca, están ubicadas algunas localidades fosilíferas, pero a la mayoría de ellas sólo se puede llegar por diversos caminos de terracería.

Las localidades muestreadas se encuentran concentradas en 5 áreas de la región, (Figura

1): 1) San Marcial - en la Figura 1 nada más se señala el rumbo de su ubicación; sus localidades no se incluyeron en este análisis por haber sido muestreadas insuficientemente - 2) Buenavista - La Cuesta, 3) San Javier, 4) La Barranca y 5) Los Pilares. Todas están separadas entre sí por más de 10 kilómetros, y se encuentran representadas en la franja cubierta por las hojas Buenavista (H12 63), Tecoripa (H12 64) y Tónichi (H12 65) de la Carta Topográfica 1:50 000 de la República Mexicana (CETENAL, hoy Dirección General de Geografía).

Antes de situar las áreas de colecta y sus respectivas localidades, es necesario aclarar lo

que en este trabajo se entiende por una localidad, porque de la delimitación que se haga de ellas puede depender la introducción o ausencia de errores en el análisis de comparación florística entre diferentes puntos de colecta. Una mala definición de las localidades llevará necesariamente a una apreciación equivocada de las relaciones distributivas establecidas entre diferentes unidades taxonómicas y muy probablemente, a una explicación falsa de las razones de los tipos de asociación que aparezcan.

Así pues, una localidad no debe ser solamente un lugar físico de donde se obtiene una muestra del material fósil ahí depositado, sino que además el sitio debe presentar ciertos atributos que impidan la mezcla de ejemplares, y probablemente de unidades taxonómicas, cuando estos en la realidad se encuentran separados, o viceversa, que eviten separarlos cuando deben estar juntos. Y estos atributos no son otros que los que se establecen para distinguir una localidad de otra.

En este caso, todas las localidades cumplen con un primer criterio general: sin excepción se encuentran en estratos o capas de estrato bien definidos. De tal manera que, y aunque para realizar este trabajo se dispóna de un gran número de puntos de colecta, no ha sido tomado en cuenta el material colectado en cantos rodados o aquel que, por errores en el etiquetado, tiene procedencia dudosa, ni tampoco el material proveniente de muestreos insuficientes. Y una vez establecido ésto se aplicaron los otros tres criterios siguientes.

a.- Geográfico. Una localidad es distinta de otra si están

separadas horizontalmente por no menos de 50 m y/o verticalmente por 3 m de sedimento.

b.- Litológico. Una localidad es distinta de otra si es diferente la composición litológica de los estratos o capas de estrato en que se encuentra cada una, porque ello puede expresar diferencias en el tipo de depósito de los sedimentos correspondientes.

c.- Florístico. Una localidad es distinta de otra si sus composiciones florísticas difieren de manera obvia, porque ésto puede indicar que la vegetación presente durante el tiempo de depósito fue también diferente.

De esta manera, los sitios de colecta (localidades) fueron separados uno de otro si no comparten entre sí uno, dos o los tres últimos criterios.

A continuación se presenta la lista de áreas de colecta y sus localidades correspondientes, con una descripción breve de las primeras y sus respectivas ubicaciones geográficas. En total se analizaron 37 localidades.

- Area de colecta La Cuesta-Buenavista (Figura 2); 76-81 E/53-61 N, Buenavista (H12 63). Acceso: Km 90 de la carretera SON 16 (entronque del camino al rancho La Cuesta). Las localidades se encuentran al sur del rancho La Cuesta y se llega a ellas por el camino de terracería que lleva a Buenavista. Una localidad se encuentra en los márgenes del Río el Tule y otra en Las Peñitas, mientras que la mayoría se encuentran en los márgenes del Arroyo La Chamina. Son afloramientos naturales de lutita y limolita grises, areniscas y capas aisladas de lutita carbonosa; algunos estratos presentan tonalidades rojizas pero no son le-

chos rojos. Salvo en Buenavista y alrededores, la zona donde se concentra el mayor número de localidades no presenta antracita ni grafito (Maldonado Lee, com. pers.). De esta área se utilizaron 12 localidades.

79-6- 28°33'44"N/109°11'58"W
Lado oriental del camino La Cuesta Buenavista; afloramiento de superficie.

508- 28°34'08"N/110°12'54"W
Lado norte del Rfo El Tule; afloramiento natural.

509- 28°33'44"N/110°11'54"W
Lado poniente del camino La Cuesta-Buenavista; afloramiento de superficie.

511- 28°33'29"N/110°12'00"W
Lado norte del Arroyo La Chamina; afloramiento natural.

513- 28°30'32"N/110°34"W
Tiro de exploración cercano a la mina San Martín.

543A- 28°33'25"N/110°12'00"W
Lado sur del Arroyo La Chamina; afloramiento natural.

543C- 28°33'25"N/110°12'00"W
Lado sur del Arroyo La Chamina; afloramiento natural; colecta en el estrato inferior.

543D- 28°33'25"N/110°12'00"W
Lado sur del Arroyo La Chamina; afloramiento natural; colecta en el estrato medio.

543E- 28°33'25"N/110°12'00"W
Lado sur del Arroyo La Chamina; afloramiento natural; colecta en la parte superior del afloramiento (capa de lutita carbonosa).

549A- 28°33'27"N/110°12'05"W
Parte superior de la loma próxima al cruce del camino La Cuesta-Buenavista y el Arroyo la Chamina; afloramiento de superficie.

550- 28°33'24"N/110°11'50"W
Afloramiento cercano al represo; lutita carbonosa muy fragmentada.

1001- 28°33'15"N/110°12'10"W
Afloramiento sobre el camino La Cuesta-Buenavista.

- Area de colecta San Javier (Figura 3); 23-25 E/ 62-64 N, Tecoripa (H 12 64).
Acceso: Km 140 de la carretera SON 16 (entronque de la carretera de San Javier). Las localidades se encuentran al margen de la carretera, aproximadamente a 2 km del entronque. Los afloramientos quedaron expuestos al construir la carretera y están constituidos de lutita de grano fino con coloración gris a gris muy claro y areniscas. No se observa antracita ni grafito. De esta área se utilizaron 3 localidades.

530A- 28°34'25"N/109°44'50"W
Lado poniente de la carretera, poco después de doblar la curva, rumbo a San Javier.

531- 28°34'20"N/109°44'52"W
Cañada de lado poniente de la carretera, inmediatamente al bajar de ésta.

532A- 28°34'20"N/109°44'52"
Lado poniente de la carretera, poco después de que comienza el cerro.

- Area de colecta La Barranca-Santa Clara (Figura 4); 30-33E/ 60-62N, Tecoripa (H12 64).
Acceso: Km 152 de la carretera SON 16. Las localidades están ubicadas en los lados sur y norte de la carretera. Se trata de afloramientos expuestos por la construcción de la carretera; es una larga secuencia de lutita, limolita, arenisca y algunos mantos de antracita y grafito.

Según el seccionamiento hecho por Potter y colaboradores (1980),

en los afloramientos de la Formación Santa Clara expuestos en el área del poblado La Barranca se pueden distinguir dos partes (secciones); en la sección 1 están concentrados la mayoría de los estratos carbonosos, mientras que en la sección 2 se encuentran sedimentos con capas carbonosas más pequeñas y escasas. De esta área se utilizaron 11 localidades.

504- 28°34'52"N/109°39'48"W
Colecta en afloramiento expuesto por la construcción del antiguo camino de la Barranca a Santa Clara.

516- 28°34'35"N/109°39'50"W
Colecta en afloramiento expuesto por construcción de la carretera; capa de aproximadamente 15 cm con gran abundancia de restos de *Z. aff. powelli*, de rizomas y de raíces.

521B- 28°34'40"N/109°39'54"W
Colecta en afloramiento expuesto por la construcción de la carretera; exactamente en la curva de esta.

531C- 28°34'40"N/109°39'54"W

Las localidades 522, 523, 524, 526A, 526B y 527 se encuentran en diferentes estratos de una sección de 300 m de longitud y su punto de ubicación promedio es de 28°34'40"N/109°40'06"W.

547A- 28°34'4"N/109°40'05"W

- Área de colecta San Enrique - Los Pilares (Figura 5); 60-63E/59-62N, Tónichi (H12 65).

Acceso: Camino de terracería a El Encinal, cuyo entronque con la carretera SON 16 se encuentra aproximadamente en el km 196 de ésta. Las localidades se encuentran a 27 km del entronque mencionado, en la zona conocida como Los Pilares (cerro Parajitos y alrededores). Se trata de afloramientos expuestos de manera

natural, pero otros han quedado expuestos a raíz de la construcción del camino de terracería que comunica a El Encinal y de otros caminos y brechas -ahora abandonados- hechos por el Consejo de Recursos Minerales para fines de exploración de mantos de antracita y grafito. De nuevo se trata de una zona compuesta por secuencias de lutita y arenisca con numerosos mantos de carbón intercalados. Además, aquí se ubican algunos estratos de la misma Formación Santa Clara que contienen restos de pelecípodos. De esta área se utilizaron un total de 11 localidades.

518- 28°33'39"N/109°20'33"W
Afloramiento de superficie en la cima del cerro Los Parajitos.

519- 28°33' 39"N/109°20'33"W
Pozo de prueba al lado izquierdo del camino a El Encinal, casi en la cima del cerro Los Parajitos.

535A- 28°33'11"N/109°21'15"W
Colecta sobre brecha abandonada al sur del camino a El Encinal.

535B- 28°33'11"N/109°21'15"W
Sobre brecha abandonada, al sur del camino a El Encinal.

537A- 28°33'02"N/109°21'10"W
Brecha abandonada, donde se cruza con el camino a El Encinal.

537B- 28°33'02"N/109°21'10"W
Brecha abandonada, donde se cruza con el camino a El Encinal.

538A, 538B y 538C - 28°33'04"N/109°21'07"W
Afloramiento natural, al lado de brecha abandonada.

541- 28°33'10"N/109°20'35"W
Colecta en afloramiento natural que está en una brecha al sur del camino a El Encinal.

542- 28°33'21"N/109°20'40"W
Colecta en una cañada que está

al lado poniente del camino a El Encinal.

II.b. Ejemplares.

Una de las características más sobresalientes de la Formación Santa Clara es su gran contenido de restos fósiles. Estos restos en su mayoría son impresiones de la superficie y contornos de hojas, tallos, raíces y algunos órganos reproductores. En menor medida se han encontrado moldes internos de tallos de esfenofitas, y sólo se ha encontrado un fragmento de tallo permineralizado que no ha sido posible determinarlo debido al pésimo estado de preservación de sus tejidos.

Para el análisis de este trabajo se utilizaron únicamente las impresiones de follaje y tallos - éstos últimos solo cuan-

do son de esfenofitas -. En total se utilizaron 2817 ejemplares. Por un ejemplar se entiende a cada fragmento individual de roca que presenta, en una o ambas caras, huellas asignables a una o más unidades taxonómicas.

Los ejemplares se obtuvieron de colectas hechas entre 1973 y 1981, y están depositados en el Museo de Paleontología del Instituto de Geología de la UNAM, con las siguientes claves: los de 1973, IGM-WG73, numerados del 1 al 48; los de 1975, IGM-WG73, numerados del 1 al 535; los de 1979 con la clave provisional HBC-79, numerados por localidad del 1 al 12 más el número de ejemplar de 1 a n, siendo n distinto para cada localidad; y los de 1980-81, IGM-PB más el número de localidad, sin que a la fecha se les hayan asignado números de ejemplar.

III. METODO Y RESULTADOS

Uno de los problemas más agudos para realizar este trabajo fue el de cómo obtener las muestras del material fósil que representaran el contenido real de cada localidad, tanto en términos de diversidad de unidades taxonómicas como de abundancia de éstas. Por otro lado, el problema se vió magnificado porque los criterios utilizados en Ecología vegetal para la obtención de muestras representativas de un punto de colecta, no pueden ser los mismos que los del trabajo paleoecológico.

¿Cómo traducir al muestreo de fósiles vegetales los requisitos de homogeneidad?. Este problema encierra no sólo dificultades teóricas sino también prácticas. Por ejemplo, cómo de

finir si el sitio que se va a muestrear tiene una cubierta vegetal homogénea, cuando tal cubierta no existe y, por si ello fuera poco, los restos de plantas no son observables por estar enterrados; o cómo elegir un punto de colecta a partir de la consideración de tener un hábitat homogéneo, cuando tal hábitat tampoco existe - pues en todo caso, en Paleofitoecología, la cuestión del hábitat por fuerza es planteada en las etapas finales de la investigación y no al principio, porque no es un dato que se tiene sino algo que se busca-. De tal manera que hasta la etapa inicial, común a todo trabajo con vegetación actual similar a éste, o sea la prospección, con la cual se pretende cubrir todos los requisitos de homogeneidad, se ve altera

da; porque en este caso la pro pección queda en gran medida re ducida a la mera bú squeda de se dimentos que contengan fósiles, sin que importen tanto sus ca racterísticas de homogeneidad.

Sin embargo, se ha intentado llenar el requisito de homoge neidad haciendo los muestreos, como ya se señaló en el aparta do anterior, en estratos o capas de estrato bien definidos. Así, la elección de puntos de colecta no dependió de las ca racterísticas de la vegetación en si misma, sino de algo distinto: de las características litológicas y estratigráficas de los sedimentos.

No fue menos difícil el pro blema de la extracción de las muestras. La importante pregun ta de cuándo detener la extrac ción de ejemplares fue sólo par cialmente resuelta. En primer lugar, cada muestra se colectó en un espacio rectangular de aproximadamente un metro de lon gitud horizontal por una altura variable de acuerdo al espesor de la capa fosilífera. Luego se siguieron dos procedimientos para obtener las muestras: en algunas localidades se simuló un área mínima formando cuadros con los ejemplares que se iban extrayendo y duplicándolos cada vez que aparecían taxa nuevos hasta que el número de unidades taxonómicas se estabilizara. Este procedimiento es aplicable en puntos de colecta con materi al fósil abundante, más no en aquellos donde es escaso. Por otro lado, se procedió a con cluir la extracción de ejempla res cuando se observaba que las unidades taxonómicas aparecían cada vez más repetitivamente sin que se agregaran otras nuevas.

En la Tabla 1 está registra da toda la información en bruto que se obtuvo de los muestreos

de 37 localidades de la Formación Santa Clara. En la primer colum na se colocaron, en orden siste mático, los nombres de todos los taxa determinados a partir de follaje y tallos; aparecen también, en la parte inferior de esa columna, los nombres de algunos órganos reproductores - de éstos, los que no se podieron asignar a algún género o especie, se designan simplemente como estróbilos, y lo mismo ocurre con los restos que apenas son distin guibles como raíces o rizomas. En la parte superior de la tabla aparecen las claves de las 37 lo calidades y el año de muestreo (salta a la vista que la mayoría se muestrearon en 1981). En la parte inferior se colocó el número total de ejemplares, es decir el tamaño de la muestra de cada localidad. Los números encuadra dos señalan la cantidad de ejem plares que presentan la unidad taxonómica correspondiente en cada muestra.

En esta primer tabla resulta difícil apreciar alguna relación entre las unidades taxonómicas porque éstas aparecen distribui das irregularmente en las 37 lo calidades, pero con ella se intentó descubrir si hay taxa que tengan modos de distribución similares como para formar grupos distinguibiles entre sí. Y por ello, aunque en este trabajo no se pretende clasificar comunida des vegetales en el sentido que ello tiene en Fitoecología, los problemas que se presentan al tratar de diferenciar grupos de taxa de acuerdo a su distribu ción son en lo fundamental simi lares a los que enfrentan los ecólogos cuando tratan de esta blecer clases de vegetación.

Los métodos de análisis de la vegetación que han desarrollado los ecólogos, son varios. Whit taker (1975) reconoció cinco; y aunque sus objetivos son simila res, los datos que utilizan son

distintos. De esos métodos de análisis, en este trabajo se optó por utilizar dos que pueden ser aplicados sirviéndose de datos como los contenidos en la Tabla 1.

El primer método utilizado para separar grupos de taxa es el desarrollado por la escuela de Zurich-Montpellier. Para usarlo se requieren dos tipos de datos: una lista florística de cada muestra y anotaciones acerca de la abundancia de las unidades taxonómicas (Werger, 1974). Ambos datos se tienen. Sin embargo, el dato de abundancia, que en estudios sobre vegetación actual normalmente se toma como la medida de la cobertura o de la biomasa, en Paleoecología debe ser modificado, pues ni la cobertura ni la biomasa pueden ser cuantificables en las tafocenosis, traduciéndolo con otra medida comparable (Roger, 1980). En este caso, la abundancia ha sido sustituida por las frecuencias de aparición de las unidades taxonómicas en cada muestra.

Una vez construida la tabla primaria (Tabla 1), los pasos técnicos de este método se pueden resumir de la manera siguiente: por medio de varias tablas parciales se reordenan las unidades taxonómicas y las localidades, de manera que en una tabla final o diferenciada (ver Tabla 2) queden más próximas entre sí las unidades taxonómicas que se distribuyen de modo semejante en el conjunto de localidades; o dicho de otra manera, en esta tabla deben quedar agrupadas las localidades que comparten entre sí prácticamente los mismos taxa, o casi los mismos (Whittaker, 1975). En este proceso de reordenamiento es importante considerar los valores de constancia de las unidades taxonómicas en el to-

tal de localidades. El valor de constancia absoluto de un taxa es el número de localidades en que aparece, y se puede relativizar considerando al número total de localidades como 100%, que en este caso es de 37. De acuerdo con sus constancias, no cualquier unidad taxonómica puede indicar algún tipo de relación distributiva. Considerando esto, ni los taxa que se encuentran sólo en muy pocas localidades ni los que se presentan en todas o casi todas ellas pueden expresar esas relaciones; en el primer caso porque se trata de "especies accidentales" y en el segundo porque esas unidades taxonómicas no distinguen tipos particulares de localidades (Muller Dombois y Ellenberg, 1974). Los únicos taxa que pueden expresar las relaciones buscadas son aquellos que presentan una constancia intermedia entre los dos extremos mencionados. Se han tomado como tales sólo a aquellos taxa cuya constancia relativa es no menor que 8% ni mayor que 75%. Nótese que en la Tabla 1 los valores son absolutos, mientras que en la Tabla 2 están relativizados.

Los resultados que se observan en la Tabla 2 expresan la distribución diferencial de cuatro grupos:

- Grupo I. Ubicado en la parte superior de la tabla. Está compuesto por unidades taxonómicas que se distribuyen principalmente entre las localidades 519 y 538 B. En él destacan por su abundancia *Asterotheca santaclarae* f. B, *Elatocladus carolinensis* y *Pterophyllum?* sp. A. Y son parte de este grupo los taxa que se encuentran entre *Zamites* sp. A, var. A y *Elatocladus* sp. A.

- Grupo II. Compuesto por *Phyllothea?* sp. A, *Zamites* aff.

powelli y *Cladophlebis?* spp. Distribuido entre las localidades 511 y 550, principalmente.

- Grupo III. Es un grupo cuyas unidades taxonómicas comparten localidades con los dos primeros grupos, aunque debe notarse que se encuentran poco representadas ahí donde éstos alcanzan su mayor concentración. Su distribución es más amplia, pero puede afirmarse que en general se inclinan hacia el grupo I. Sus taxa están ubicados entre *Desmiophyllum* sp. A y *Zamites* aff. *macombii* var. A.

- Grupo IV. Representado por *Macrotaeniopteris* sp. A y *Zamites fragilis*. Ambas unidades taxonómicas tienen un valor de constancia muy elevado. Deben considerarse como especies ubi-
quistas.

El segundo método utilizado para separar grupos de taxa es cuantitativo. Para aplicarlo só lo se requieren datos de presencia y ausencia de los taxa en las muestras. Con ellos y haciendo uso de la fórmula de Pearson (*In Goodall, 1972*) se obtienen los índices de correlación distributiva entre pares de especies.

La fórmula es:

$$IC = \frac{ad - bc}{\sqrt{(a+b)(a+c)(b+d)(c+d)}}$$

donde:

- a = número de muestras en que aparecen X y Y juntos.
- b = número de muestras en que aparece X y está ausente Y.
- c = número de muestras en que aparece Y y está ausente X.
- d = número de muestras en que X y Y están ausentes.

Los datos para realizar las

operaciones se tomaron de la Tabla 1. Las operaciones fueron hechas con una calculadora Hewlett Packard mod. HP33E con el siguiente programa:

- 1) R₁; 2) R₄; 3) X; 4) E; 5) R₂;
- 6) R₃; 7) x; 8) -; 9) X²; 10) 3;
- 11) 7; 12) x; 13) STO0; 14) R₁;
- 15) R₂; 16) +; 17) E; 18) R₃;
- 19) R₄; 20) +; 21) x; 22) E; 23) R₁;
- 24) R₃; 25) +; 26) x; 27) E;
- 28) R₂; 29) R₄; 30) +; 31) x; 32) STO 5;
- 33) R₀; 34) R₅; 35) ÷; 36) fP;
- 37) fP; 38) R₁; 39) R₄; 40) x;
- 41) E; 42) R₂; 43) R₃; 44) x;
- 45) -; 46) R₅; 47) √; 48) ÷;
- 49) Go To 00;

donde:

- R₁ = Memoria 1 = a
- R₂ = Memoria 2 = b
- R₃ = Memoria 3 = c
- R₄ = Memoria 4 = d

Los resultados obtenidos se encuentran en la Tabla 3, donde se incluyeron solamente los índices de correlación de las unidades taxonómicas del primer y segundo grupos de la Tabla 2 más los de *Elatocladus* sp. B y *Desmiophyllum* sp. A (tercer grupo). Los índices de correlación están colocados en la parte superior, y siempre toman valores entre +1 y -1. La correlación de especies es más positiva cuando el índice está más cercano a +1, lo cual indica que las unidades taxonómicas se encuentran juntas varias veces, o mejor dicho, se distribuyen de manera similar en las muestras; por el contrario, cuanto más cercanos están los índices a -1, se está expresando que los taxa tienen una distribución diferente en las muestras; y cuando son cercanos al 0, se entiende que las unidades comparadas presentan una distribución indiferenciada o azarosa en las muestras. En esta tabla las unidades taxonómicas se encuentran

UT	INDICES DE CORRELACION											
	+0.5		+0.3		+0.1		-0.1		-0.3		-0.4	
	+0.6	+0.4	+0.2	0.0	-0.2	-0.4						
1		2	3 4 5	6	6 9	7 13		10	11 12 14			
2		1 9	3 5			4 6 7 8		14	10 11 12 13			
3		6	2 4 5	1 9	7		8	13	10 12	11	14	
4	5	7 10	3	1 9	6 8	2	14		10	11 12		
5	4	7	3 2	1 9	6 8 13		14			10	12	11
6		3		6	1 4 5 10	2 7	13 9			11 12 14		
7		4 5	9	13 14	3	2 6 8	1			10	11 12	
8				6 14	4 5 13	1 2 7	3	11	9 10	12		
9		2	7	3 4 5		1 14	6 13		8 10	11 12		
10				11	6	14 12			1 2 3 4 8 9 13	5 7		
11				10 12			13 14	8	2	1 3 4 6 9	7	5
12				11		10			2 3 13 14	1 4 6 8 9	5 7	
13		4		7	8 8		1 6 8 11 14	3	2 10 12			
14				7 8		9 10	4 5 11 13	2	12	1 6	3	

TABLA 3. Indices de Correlación entre 14 unidades taxonómicas (UT) de 37 localidades de la Formación Santa Clara (Cárnico) del Estado de Sonora. 1. *Zamites* sp. A, var. A; 2. *Ctenophyllum mraunianum*; 3. *Asterotheca santaclarae*, f. B; 4. *Taeniopteris elegans*; 5. *Pterophyllum?* sp. A; 6. *Asterotheca santaclarae*, f. A; 7. *Elatocladus carolinensis*; 8. *Desmiophyllum poleoensis*; 9. *Elatocladus* sp. A; 10. *Cladophlebis?* spp.; 11. *Phyllotheca?* sp. A; 12. *Zamites* aff. *powelli*; 13. *Elatocladus* sp. A; 14. *Desmiophyllum* sp. A.

ordenadas de la misma manera que en la Tabla 2 (desde *Zamites* sp. A, var. A hasta *Desmiophyllum* sp. A.

En la Tabla 3 es evidente que las unidades taxonómicas numeradas del 1 al 9 (primer grupo) tienen entre sí índices de correlación positivos. Lo mismo ocurre entre los taxa 10, 11 y 12 (segundo grupo). De igual forma, se observa que los índices de correlación resultantes entre los taxa de un grupo contra los de otro, son negativos. En tanto, las unidades taxonómicas del tercer grupo tienen índices positivos con las del primer grupo (aunque *Desmiophyllum* sp. A tiene índices negativos con cuatro de ellas, sobre todo con las dos formas de *Asterotheca santaclarae*; mientras que sus índices son positivos con el segundo grupo, excepto con *Zamites* aff. *powelli*). El índice de correlación más negativo es el de *Phyllothea*? sp. A con *Pterophyllum*? sp. A., lo cual no sorprende pues siendo ambas muy constantes en la Tafoflora Santa Clara, en ninguna muestra aparecen juntas. En resumen, se observa que los resultados de este método cuantitativo son muy parecidos a los obtenidos con el método florístico. De acuerdo a los índices de correlación por lo menos los Grupos I y II encontrados con el método florístico son igualmente distinguibles en la Tabla 3.

Después de hacer la separación de cuatro grupos de taxa con distribución diferente, como un objeto principal de esta tesis, interesa el análisis por separado del grupo II. Para ello se construyó la Tabla 4 con las unidades taxonómicas que componen este grupo más *Desmiophyllum* sp. A. Se incluye a este último porque, aún cuando los resultados anteriores

indica que pertenece al grupo III, su relación con los del grupo II es discutible - Weber y colaboradores (1982b) lo incluyeron en el equivalente al grupo II de este trabajo.

En la Tabla 4, lo primero que se observa es que, de las 14 localidades, *Desmiophyllum* sp. A sólo comparte tres con *Zamites* aff. *powelli* cuatro con *Phyllothea*? sp. A y dos con *Cladophlebis*? spp.; en tanto que ninguno de estos taxa se encuentra en las tres localidades (539, 540 y 1003) donde *Desmiophyllum* sp. A alcanza sus frecuencias más altas. Son nueve las localidades que *Desmiophyllum* sp. A no comparte con alguno de los taxa del grupo II.

Por su lado, *Zamites* aff. *powelli* comparte seis localidades con *Phyllothea*? sp. A y sólo dos con *Cladophlebis*? spp., mientras que cuatro de sus localidades, de las cuales en tres tiene abundancias altas, no las comparte con ninguno de los taxa representados en esta tabla.

En tanto, *Phyllothea*? sp. A comparte tres de sus localidades con *Cladophlebis*? spp., y tiene frecuencias muy altas en seis; de ellas comparte sólo una con *Desmiophyllum* sp. A., ninguna con *Cladophlebis*? spp. y dos con *Zamites* aff. *powelli*, quien a su vez en esas localidades tiene frecuencias bajas. Es evidente que las localidades que *Phyllothea*? sp. A comparte con los otros componentes de grupo II son aquellas donde su frecuencia tiende a ser más baja.

En la Tabla 4 debe notarse también que sólo en dos localidades (523A, 549A) se encuentran juntos todos los taxa del grupo II).

UNIDADES TAXONOMICAS	LOCALIDADES																										
	535B	508	538C	532A	538A	1001	543B	538B	521C	509	530	549A	511	543C	541	539A	522	524	504	523A	531	516	526A	550	526B	521B	
<i>Desmiophyllum</i> sp. A	•	•	•	•	■	•	•	■	■	•	•	●	•	○													
<i>Zamites</i> aff. <i>powelli</i>										•	•	●						•	•	■	●	■	•	●	●		
<i>Phyllothea?</i> sp. A											•	•	○	■	■	■	■	■	■	■	○	●					
<i>Cladophlebis?</i> spp.												●	■								•					○	

TABLA 4. Distribución de 4 unidades taxonómicas de la Tafoflora Santa en 26 localidades selectas. Los símbolos encuadrados indican frecuencias relativas y significan: • <10%, ○ 10%-25%, ● 25%-50% y ■ >50%.

IV. DISCUSION E INTERPRETACION DE RESULTADOS

Aunque con algunas diferencias de tipo florístico, los cuatro grupos de taxa con distribución distinta de la taoflora Santa Clara, que han resultado al aplicar los procedimientos explicados, ya habfan sido detectados por R. Weber y colaboradores, quienes analizaron 16 localidades muestreadas entre 1973 y 1979 (Weber, *et al.*, 1982b). La interpretación que ellos dan de los cuatro grupos concuerda con los resultados obtenidos aquí y es retomada para explicarlos.

A fin de ubicarse, se mencionarán brevemente las características principales de los cuatro grupos para luego discutir en detalle al segundo (ver Tabla 2).

GRUPO I

Sus taxa se distribuyen en localidades que en general tienen rocas de grano fino y coloración gris oscura, lo cual sugiere que durante el tiempo de su depósito hubo materia orgánica en abundancia. De ello se desprende que los sedimentos de estas localidades deben haberse depositado en sitios donde existió una gran cantidad de biomasa, sobre todo vegetal. Además, los fósiles encontrados en estas localidades son numerosos, florísticamente diversos y por lo general bien preservados; y ésto a su vez puede ser evidencia de que tuvieron un transporte escaso. Por otro lado, la presencia de numerosas raíces en estas localidades indican que sus flóculas deben ser en gran parte autóctonas.

Las localidades donde se distribuye este grupo se ubican frecuentemente en estratos cercanos a mantos de carbón, sugi-

riendo ello que el grupo habitó en sitios donde las aguas tenían un drenaje deficiente o estaban estancadas y, por tanto, establecían condiciones favorables para el desarrollo de una vegetación de turberas o pantanos, posteriormente convertida en carbón.

En esos pantanos y en sitios aledaños habitaron *Pterophyllum* sp. A, *Asterotheca santaclarae* f. A y B, *Ctenophyllum* cf. *braunianum*, *Taenipotaxis elegans* y *Elatocladus carolinensis* (éste formando bosques alrededor de los pantanos). Otras formas asociadas con este grupo, pero menos constantes, son *Zamites* var. A, *Desmiophyllum poleoensis* y *Elatocladus* sp. A.

GRUPO II

Las localidades de este grupo están formadas con rocas de coloración gris o gris claro, a veces bastante claras, y en ocasiones con tonalidades amarillentas. El grano es de tamaño muy variable pero tiende a ser más grueso que el de las rocas de las localidades del grupo I, lo cual indica que los sedimentos, al menos en algunos casos, tuvieron energía de depósito más alta. La unidad taxonómica más importante de este grupo es *Phyllothea*? sp. A y debe haber sido, a semejanza de los equisetos actuales, una planta que habitaba en los márgenes de cuerpos de agua fluyentes, ríos o arroyos, o inclusive dentro de lagunas.

Estas características sugieren que el grupo se depositó en ambientes donde existía mucho oxígeno libre (aeróbico). En las áreas de colecta de la Cuesta, San Javier y La Barranca, se han encontrado evidencias de paleocanales en sitios cercanos a lo-

calidades que presentan *Phyllothea*? sp. A, (Weber, com. pers.). Estos hallazgos, producto de observaciones recientes, vienen a reforzar la interpretación que aquí se da.

Por último, conviene señalar que estas localidades efectivamente se encuentran distanciadas de los mantos de carbón y que, a lo más, cerca de ellas hay algunas capas muy pequeñas y aisladas de lutita carbonosa.

GRUPO III

La distribución de las unidades taxonómicas de este grupo se puede calificar como intermedia entre los grupos I y II. Sin embargo, en la Tabla 2 se observa que también se les encuentra en localidades de estos grupos. Inclusive algunas formas como *Pecopteris falcatus*/*Alethopteris whitneyi* y *Macropterygium* sp. A se inclinan hacia el grupo I, y otras como *Phlebopteris smithii* lo hacen hacia el grupo II. En particular esta última especie se relaciona mucho con *Lamites* aff. *powelli*.

Estas plantas deben haber habitado en sitios ubicados entre las partes más húmedas de las depresiones interfluviales (donde se desarrollaron las del grupo I) y los cuerpos de agua fluyentes, o bien en las partes más secas de las planicies fluviales. La presencia de estas especies en las localidades dominadas por los otros grupos puede ser debida a que tenfa una amplitud ecológica mayor o a que fueron transportadas a los lugares de sepultación de los otros grupos, lo cual es más probable que el transporte inverso.

GRUPO IV

En este grupo se incluyen las unidades taxonómicas que se encuentran indistintamente en todos los tipos de localidades, siendo además muy abundantes (como *Macrotaeniopteris* sp. A). Sin duda estas plantas fueron las de mayor amplitud ecológica y constituyeron una parte importante de la estructura y fisiología de la vegetación. A este grupo pertenece también *Lamites fragilis* y probablemente *Lamites* cf. *truncatus*, aunque en la Tabla 2 es notoria la ausencia de éste en la mayoría de las localidades del grupo II.

Por otro lado, en la Tabla 2 puede observarse que, aparte de *Asterothea santaclarae* f.B, quien tiene abundancias menores al 10% en las localidades 521B 511, y 523 y de *Elatocladus carolinensis*, con abundancia entre 10% y 25% en la 530, es notoria la ausencia generalizada de los taxa del grupo I en las localidades ocupadas por el grupo II. Y viceversa: en las localidades del grupo I, a excepción de la 526-B donde está *Lamites* aff. *powelli*, no se encuentran los taxa del grupo II. Esta diferencia en la distribución también aparece en la Tabla 3, donde los índices de correlación son negativos entre las unidades taxonómicas de los grupos I y II; en tanto que son positivos cuando se equiparan entre sí los taxa del mismo grupo. Todas estas evidencias y las presentadas por Weber y colaboradores (1982b) permiten creer que estos grupos son realmente entidades separadas y constantes; lo cual se torna más claro cuando se observa que algunas características litológicas de las localidades del grupo I difieren de las del grupo II, pudiéndose ello asociar

con ambientes de depósito distintos para cada uno. Y esto justifica el estudio por separado de los dos grupos.

Ahora se analizará al grupo II a partir de la Tabla 4, pero sin dejar de hacer referencias a las Tablas 2 y 3.

Los taxa que componen al grupo II son: *Phyllothea?* sp. A, *Zamites* aff. *powelli* y *Cladophlebis?* spp. y sus localidades son 14, desde la 511 hasta la 550 según la Tabla 2. En las 14 localidades lo primero que salta a la vista es su baja diversidad florística en comparación con las del grupo I, lo cual puede significar que el hábitat en que se desarrolló el grupo II fue, en efecto, poco diverso florísticamente. Pero existe la posibilidad de que ello esté relacionado con las condiciones de fosilización en su tipo de ambiente; las cuales tal vez fueron más desfavorables que en el ambiente del grupo I. Esta posibilidad no es muy lejana, sobre todo si se toma en cuenta que se trataba de sitios donde el agua tenía buen drenaje y, por consiguiente, disponibilidad de oxígeno libre en abundancia, lo que favorecía la acción de los degradadores de materia orgánica. Aunado a eso, si las tasas de degradación de materia orgánica fueron más altas que las de sedimentación y fosilización, entonces era difícil la preservación de muchos restos, pudiendo incluso perderse unidades taxonómicas completas. Con esto mismo, aunque en las tablas no puede apreciarse, por el tipo de datos utilizados, debe estar relacionada la menor abundancia de restos vegetales en las localidades del grupo II en comparación con la abundancia que ellos tienen en las localidades del grupo I, donde, por haberse depositado en sitios con

aguas estancadas, el oxígeno se agotaba rápidamente y la tasa de degradación por bacterias y otros organismos fue más baja. También es muy probable que la vegetación que antaño constituyó al grupo II fue menos exuberante que la de pantanos y alrededores, donde deben de haber existido bosques de coníferas (*Elatocladus carolinensis*).

Por otro lado, se pueden hacer observaciones interesantes sobre la distribución de los taxa del grupo II, al interior mismo de sus localidades.

Si bien todos los componentes del grupo II mantienen en conjunto una asociación negativa con los del grupo I y positiva entre sí, se puede ver en la Tabla 4 que sólo en dos localidades (549A y 523A) aparecen todos juntos. *Phyllothea?* sp. A no comparte con las demás unidades taxonómicas precisamente las localidades donde es más frecuente, a excepción de las que comparte con *Zamites* aff. *powelli* (524 y 504), quien por cierto en ellas tiene abundancias menores al 10%; también comparte una con *Desmiophyllum* sp. A, cuya frecuencia está entre el 10% y el 25% (la 543C) y ninguna con *Cladophlebis?* spp. Esta situación es más extrema cuando se ven las localidades que comparten *Zamites* aff. *powelli* y *Desmiophyllum* sp. A., quienes sólo aparecen en tres localidades (509, 530 y 549A); en dos de ellas ambas especies tienen abundancias inferiores al 10%. La situación es distinta con *Cladophlebis?* spp., porque este helecho comparte tres de sus cuatro localidades con los demás taxa.

Estas observaciones sugieren que los taxa del grupo II, aún cuando en su conjunto pueden caracterizar un tipo de ambiente de depósito, tuvieron entre sí

diferencias locales en su distribución. ¿*Phyllothea*? sp. A. debió haber desarrollado poblaciones delimitadas por los cuerpos de agua fluyentes o estancos y, a lo más, al modo de los equisetos actuales, pudo haber estado en los márgenes de éstos, pero sin subir a los bordes ni a las planicies expuestas a inundaciones. La idea podría comprobarse, en un caso ideal, si se encontraran localidades en donde esta esfenofita se encuentre sola o sea muy frecuente y haya además evidencias de diastrotificación. Pero lo que sí ha ocurrido es encontrarla casi sola, sin ninguno de los taxa diferenciales (localidades 522 y 541, Tabla 2), o ligeramente acompañada por algunos de éstos, como el propio *Lamites* aff. *powelli*, *Phlebopteris smithii* y *Macropterygium* sp. A. en las localidades 524, 504 y 531. Similares a éstas son las localidades 530, 523 y 549A (Tabla 2). Algo parecido puede decirse de la situación de *Lamites* aff. *powelli* en las localidades 516, 526 y 550 donde sus únicos acompañantes son taxa del grupo IV, el de amplia distribución. Cuando se colecta material en la localidad 516, impresiona observar la gran frecuencia de *Lamites* aff. *powelli* y la poca diversidad y escasez de otros taxa. Además, la gran cantidad de raíces que se encuentran en esa localidad hacen sospechar que se trata de un depósito autóctono donde debe haber existido una población grande de esa especie. Con *Desmiophyllum* sp. A. no ocurren situaciones similares; generalmente las localidades en que se encuentra tienen mayor diversidad florística.

En síntesis, de esos hechos se desprende que las poblaciones de los taxa del grupo II, aunque cercanas entre sí, no estaban mezcladas o sólo lo estaban esca-

samente; y se distribuían por separado formando una especie de mosaico. Situación imaginable en los siguientes términos: la esfenofita con su forma herbácea crecía de modo semejante a los "tulares" actuales, dentro de cuerpos de agua fluyente y/o en lagunas con poca diversidad florística. Si la situación fue esta última ¿*Phyllothea*? sp. A. debe haber actuado a la manera de una pionera que se establecía en las partes de menor profundidad de las lagunas, en los primeros pasos de una hidroserie que posteriormente, y a medida que se instalaban nuevas plantas, se convertía en vegetación de pantanos. Por su lado, las poblaciones de *Lamites* aff. *powelli* ocupaban las partes internas de las curvas de los ríos o arroyos (point bar); las de *Desmiophyllum* sp. A., una planta arbórea (¿arborescente?) crecieron probablemente en los sitios opuestos a los de las poblaciones de *Lamites* aff. *powelli* (partes externas de las curvas), pero sin que propiamente se mezclaran sus poblaciones; en tanto que el helecho herbáceo ¿*Cladophlebis*? spp. creció indistintamente entre estas poblaciones y en los márgenes de los cuerpos de agua.

Por la misma cercanía que había entre dichas poblaciones, no estaba excluida la posibilidad de que los restos de los diferentes taxa se sepultaran juntos, sobre todo si se piensa en el arrastre o transporte. Al respecto, resulta llamativo observar en las Tablas 2 y 4 que cuando se encuentran juntos estos taxa por lo general ocurre que uno de ellos muestra frecuencia alta mientras que los otros, baja.

Weber y colaboradores (1982b) incluyeron en el grupo II a *Phyllotheaceae*/*Equisetaceae* gen. nov. sp. nov.? (hoy ¿*Phyllothea*? sp. A) a *Desmiophyllum* sp. A. y

a *Cladophlebis?* spp. Pero no introdujeron en su análisis a *Zamites* aff. *powelli*. Con los resultados obtenidos aquí, se hace claro que *Zamites* aff. *powelli* debe estar integrado al grupo II. Mientras que la presencia de *Desmiophyllum* sp. A en este grupo no es sólo incómoda sino incorrecta, porque, por un lado, en más del 60% de las localidades en que se encuentra esta especie no aparece algún taxón del grupo II. Además, *Desmiophyllum* sp. A tiene un índice de correlación negativo con *Zamites* aff. *powelli* y se presenta en varias localidades ocupadas por el grupo I, e inclusive está correlacionado positivamente con cinco de sus unidades taxonómicas.

La decisión de Weber y colaboradores (1982b) de incluir a *Desmiophyllum* sp. en el grupo II provino de analizar sólo 16 localidades, menos de la mitad de las estudiadas en este trabajo, lo cual hizo que ellos no detectaran las diferencias que ahora se han revelado. Aunque también queda latente la posibilidad de que en sus muestras haya habido mezcla de ejemplares; lo cual no significa que *Desmiophyllum* sp. A no habitó cerca de donde lo hicieron las plantas del grupo II, sino solamente que su distribución era más amplia (se distribuía incluso en las cercanías de los pantanos), si es que su presencia en las localidades del grupo I no se debe a transporte. De cualquier manera parece más adecuado considerar a *Desmiophyllum* sp. A dentro del grupo III, que habitó las zonas intermedias entre los dos ambientes sedimentarios opuestos.

Con esta información se puede hacer una comparación, en términos de composición florística, entre los cuatro grupos de taxa propuestos por Weber y colabora

dores (1982b) y los de este trabajo. Para ello se elaboró la Tabla 5. Ya se anotó que los cuatro grupos son equivalentes de uno a otro autor y que su explicación también es similar. Sin embargo, en la Tabla 5 se pueden apreciar varias diferencias. En primer lugar, el número de unidades taxonómicas que componen los grupos detectados en este trabajo, es mayor que el de los grupos de Weber y colaboradores (nuevas taxa agrupados son, por ejemplo, *Zamites* aff. *powelli*, *Cynepteris virginiensis*, *Macropterygium* sp. A y *Phlebopteris smithii*). En segundo lugar, se observa que algunos taxa han sido cambiados de grupo: *Desmiophyllum* sp. A fue pasado del grupo II al III, *Desmiophyllum poleoensis* del III al I y *Zamites* cf. *truncatus* del IV al III. En tercer lugar en ninguno de los grupos de este trabajo está incluida *Pelourdea* sp. (hoy *Noeggerathriopsis* sp.), lo cual se debe a que la constancia de esta especie en las 37 localidades es menor al 8% (ver Tabla 1) y por tanto no fue considerada en el análisis.

Todas estas diferencias, que no alteran la explicación paleoecológica general que se ha hecho, son atribuibles a las siguientes causas: 1) Weber y colaboradores sólo analizaron 16 localidades, número pequeño en comparación con las 37 estudiadas en este trabajo. Ello imposibilitó que esos autores detectaran diferencias que se hacen evidentes si se tiene en perspectiva un mayor número de localidades. 2) según los criterios utilizados aquí para delimitar localidades, se tiene la sospecha del uso repetitivo de por lo menos una localidad. Sus localidades 79-8 y 79-9 debieron haber sido una sola y 3). Los mencionados autores sólo consideraron 15 unidades taxonómicas mientras que

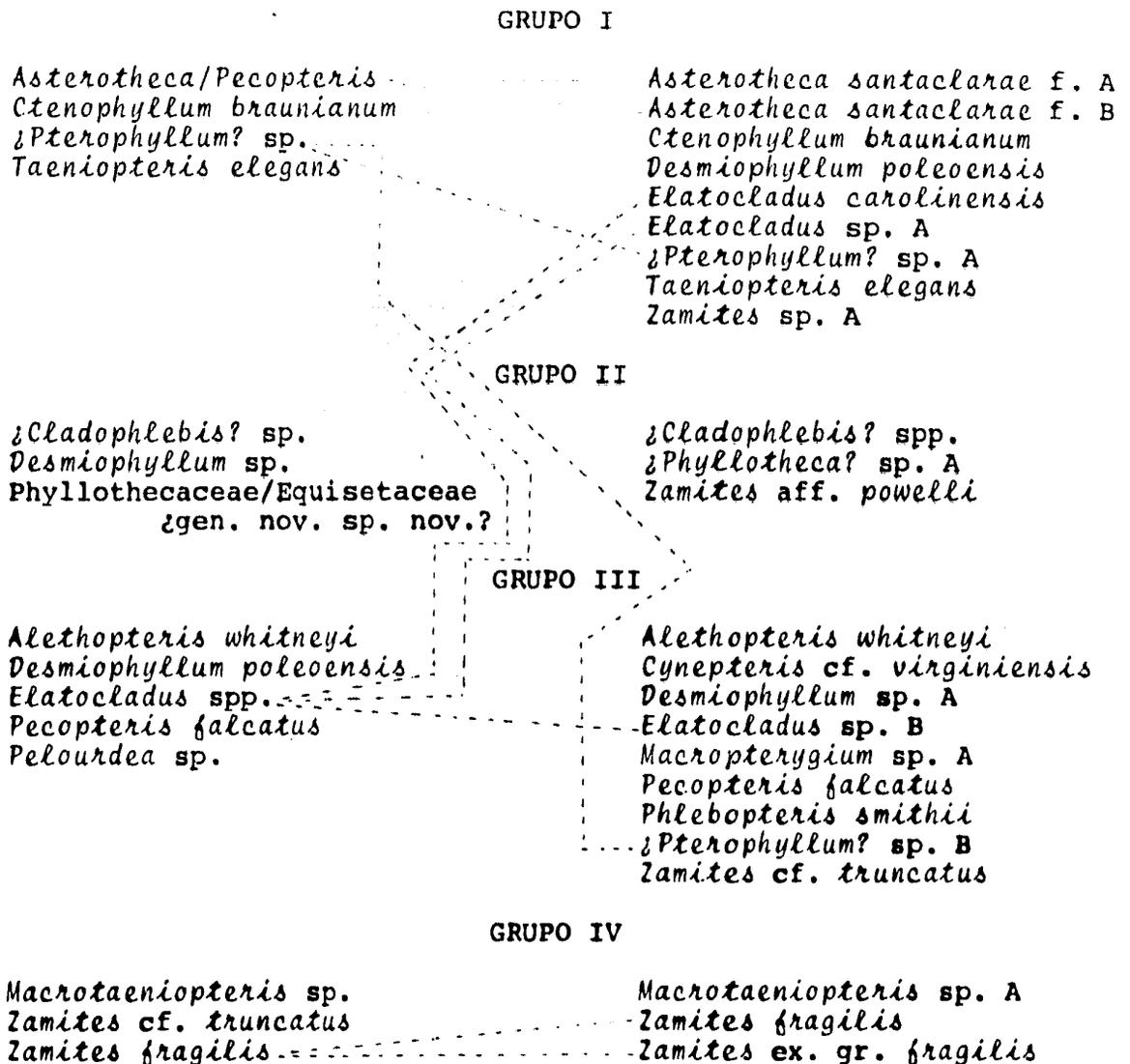


Tabla 5.- Comparación de los grupos de taxa con distribución diferenciada de la Formación Santa Clara propuestos por Weber y colaboradores (1982b) y los obtenidos en este trabajo. Las líneas interrumpidas indican a los taxa que han sido subdivididos.

aquí se utilizaron 35. Aunque esto último está justificado, ya que durante las colectas de 1981 se incrementó, con nuevos hallazgos, el número de taxa diferentes de la Formación Santa Clara (caso de *Macropterygium*, por ejemplo) y porque algunas unidades taxonómicas de esos autores han sido subdivididas (*Asterotheca/Pecopteris* en *Asterotheca santaclarae* f. A y B; *Pterophyllum?* sp. en *Pterophyllum?* sp. A y B; *Elatocladus* spp. en *Elatocladus carolinensis*, E. sp. A, E. sp. B, E. sp. C y E. ex gr. *carolinensis*; *Lamites fragilis* en *L. fragilis*, *L. ex gr. fragilis*, *L. aff. macombii*

var. A y B (ver Tabla 1). Estas son las razones que marcaron las diferencias en la composición florística de los grupos de los mencionados autores y los de esta tesis.

Por último, cabe añadir que aunque Weber y colaboradores (1982b) no contemplaron en su análisis a *L. aff. powelli*, este taxon ya había sido incluido tentativamente en un grupo similar al III de este trabajo, en el informe de actividades de los estudiantes de la Facultad de Ciencias, UNAM (Biología de Campo, 1979b).

V. COMPARACION ENTRE LAS TAFOFLORES DE LAS FORMACIONES SANTA CLARA Y CHINLE

Tanto la Formación Santa Clara (Sonora) como la Formación Chinle (suroeste de E.E.U.U.) pertenecen al Triásico Superior; lo que, junto con su actual cercanía geográfica, ha motivado a comparar sus tafofloras, donde llama la atención una notoria diferencia en sus composiciones florísticas. Y aunque las causas últimas de esta diferencia aún no pueden ser aclaradas, los trabajos paleobotánicos de la Formación Chinle, sobre todo los de S. A. Ash (ver bibliografía), y los realizados por R. Weber y colaboradores (1982 a y b) en la Formación Santa Clara, además de las exhaustivas investigaciones sedimentológicas de Stewart y colaboradores (1972) sobre el Triásico Superior del suroeste de E.E.U.U. y la de Potter y colaboradores (1980) en una sección amplia de la Formación Santa Clara, aportan información valiosa para intentar reflexionar sobre este punto.

Antes de adentrarse en la comparación, es preciso señalar la posibilidad de que entre dichas formaciones exista una diferencia de edad, y que de ser cierta constituiría una de las causas de sus diferencias florísticas. La Formación Santa Clara ha sido ubicada en el Carniaco (Alencaster, 1961), que es la parte más inferior del Triásico Superior; pero Ash (1977) manejó la posibilidad de ubicarla en el Rético-Liásico (la parte más joven del Triásico Tardío y la más antigua del Jurásico, respectivamente), aunque en un último agregado a ese trabajo reconoce su pertenencia al Carniaco. En cuanto a la Formación Chinle hay una controversia; por ejemplo, Anderson y Cruickshank (1978) la ubican en el Noriaco y, una pequeña porción, en el Rético (las partes media y más alta del Triásico Superior, respectivamente); los autores soviéticos Dobruskina y Yaroshenko (1983) opinan que su edad puede ir desde el Ladinico (la parte

más joven de Triásico Medio) hasta el Norico; y Ash (1977) la ubica en el Carniano, reconociendo dos zonas: la parte inferior de la Formación Chinle caracterizada por la presencia de *Eoginkgoites* en el Carniano medio; y una porción de sus partes inferior y media caracterizada por la presencia de *Dinophyton*, en el Carniano tardío.

Para hacer la comparación florística se construyó la Tabla 6, que consta de 53 géneros, sin incluir los que corresponden a órganos reproductores y maderas - éstas últimas muy abundantes en la Formación Chinle. Lo primero que sobresale en esta tabla es que de los 53 géneros únicamente se comparten, con seguridad, 7, y probablemente uno más: *Cladophlebis*, cuya presencia es dudosa en la Paleoflora Chinle. Esto muestra la gran diferencia florística entre ambas formaciones.

De los géneros que se comparan, *Cladophlebis* pertenece al grupo II de los definidos en este trabajo para la Tafoflora Santa Clara, exceptuando a *Cladophlebis mexicana* que no ha sido asignado a ningún grupo por encontrarse en muy pocas localidades (ver Tabla 1). La especie del género *Lamites* que comparten es *L. powelli*, aunque debe aclararse que esta planta en Sonora se sigue designando como *L. aff. powelli*; porque su principal diferencia estriba en tener una hoja que en promedio es un poco más grande que la de Chinle (Weber, et al., 1982a), pero probablemente son la misma especie; también es del grupo II de la Santa Clara. Otro género compartido es *Phlebopteris*, el cual en la Santa Clara pertenece al grupo III, aunque, hasta cierto punto, está asociado con el grupo II, en especial con *Lamites aff. powelli*. Mien-

tras que *Cynepteris*, se encuentra la mitad de las veces en las localidades del grupo I y la otra mitad en las del grupo II. Otro género compartido es *Equisetites*, que no ha sido considerado en el análisis de grupos hecho en este trabajo por haberse encontrado únicamente en cantos rodados, aunque es muy probable que haya crecido en sitios muy similares a los de *Phyllothea? sp. A*, el género que caracteriza al grupo II de la Tafoflora Santa Clara. Por último, *Ctenophyllum* de presencia dudosa en la Formación Chinle pertenece al grupo I de la Tafoflora Santa Clara.

Existe la posibilidad de que haya formas denominadas de manera diferente que en realidad deben de tener el mismo nombre, y para las cuales habría que esperar una aclaración posterior. Tal es el caso de *Macrotaeniopteris*, originalmente registrado por Daugherty (1941) para la Formación Chinle, y convertido a *Nilssoniopteris* por Ash (1970); si efectivamente son lo mismo, se trataría de otro género compartido por ambas paleofloras. Una situación similar ocurre con *Macropterygium* de Santa Clara, el cual fue observado por Ash, quien lo reconoció como el *Eoginkgoites* de Chinle, e incluso, según él, éste fue encontrado en un sedimento similar al de *Macropterygium* en la Formación de Santa Clara, el correspondiente al grupo III.

De esta comparación se desprende que globalmente la mayor similitud florística entre las Formaciones Chinle y Santa Clara se presenta entre aquella y la parte que en ésta corresponde al grupo II, mientras que la similitud con el grupo I es muy tenue.

Si además se compara en lo general la geología de ambas formaciones, se observa que una de

UNIDADES TAXONOMICAS	Fm. SC.	Fm. CH.	UNIDADES TAXONOMICAS	Fm. SC.	Fm. CH.
<i>Anomozamites</i>	X		<i>Marcouia</i>		X
<i>Apachea</i>		X	<i>Mertensides</i>	X	
<i>Asterotheca</i>	X		<i>Neocalamites</i>		X
<i>Baiera</i>		X	<i>Nilssonia</i>	X	
<i>Brachiphyllum</i>		X	<i>Nilssoniopteris</i>		X
<i>Calamites</i>		X	<i>¿Noeggerathiopsis?</i>	X	
<i>Camptopteris</i>	X		<i>Otozamites</i>		X
<i>Chinlea</i>		X	<i>¿Pachypteris?</i>	X	
<i>¿Chiropteris?</i>	X		<i>Pagiophyllum</i>		X
<i>Cladophlebis</i>	X	X	<i>Palissya</i>		X
<i>Clathropteris</i>	X	X	<i>Phlebopteris</i>	X	X
<i>Ctenophyllum</i>	X	?	<i>¿Phyllotheca?</i>	X	
<i>¿Cycadites?</i>		X	<i>Podozamites</i>	X	
<i>Cycadolepis</i>	X		<i>Pseudecten</i>	X	
<i>Cynepteris</i>	X	X	<i>Pseudodanaeopsis</i>	X	
<i>Dechellia</i>		X	<i>¿Pterophyllum?</i>	X	
<i>Desmiophyllum</i>	X	X	<i>Sanmiguelia</i>		X
<i>Dinophyton</i>		X	<i>Scoresbya</i>	X	
<i>Elatocladus</i>	X		<i>Selaginella</i>		X
<i>Eoginkgoites</i>		X	<i>Sonoraphyllum</i>	X	
<i>Equisetites</i>	X	X	<i>Sphenobaiera</i>	X	
<i>Equisetum</i>		X	<i>Sphenopteris</i>		X
<i>Ginkgophytopsis</i>	X		<i>Taeniopteris</i>	X	
<i>Isoetites</i>		X	<i>Todites</i>		X
<i>¿Lycopodites?</i>		X	<i>Wingatea</i>		X
<i>Macropterygium</i>	X		<i>Zamites</i>	X	X
<i>Macrotaeniopteris</i>	X				

TABLA 6. Comparación en nivel de géneros entre las tafofloras de la Formación Santa Clara (Fm. SC.) y la Formación Chinle (Fm. CH.), las dos del Triásico Tardío. No se incluyen los nombres de maderas ni de órganos reproductores.

las diferencias más notorias es la presencia de mantos de antracita y grafito de tamaño considerable en la Santa Clara, y su ausencia, al margen de algunas capas pequeñas y aisladas, en la Formación Chinle. Esto por lo menos presupone condiciones de depósito distintas en ambas formaciones, que, por extensión, deben haber sido diferencias ambientales. Y aquí se tiene una de las posibles claves que pueden explicar la escasa similitud entre ambas faunofloras. Se sabe, (Stewart, *et al.*, 1972), que en la Paleocuenca Chinle privaron condiciones de depósito de varios tipos, entre las cuales las fluviales fueron las más generalizadas; y por lo menos existe una lacustre (Ash, 1978), pero, como lo delata la ausencia de carbón, no hubo grandes pantanos o turberas (sitios con ambiente sedimentario reductor), o en todo caso, éstos fueron pequeños y muy localizados. Por ello, parece claro que el ambiente sedimentario aeróbico en la "Paleocuenca La Barranca" fue más parecido al de la Paleocuenca Chinle, que el ambiente anaeróbico. Y esto explica porqué la similitud florística, aún cuando es mínima, entre las Formaciones Chinle y Santa Clara, se da, por parte de ésta, con su flora fosilizada bajo condiciones aeróbicas.

Por otro lado, si la posición actual de las dos formaciones (la Santa Clara aproximadamente al sur de la Chinle) es parecida a la que, durante el tiempo de su depósito, tuvieron las dos Paleocuecas, es de esperar que se estableciera algún flujo de especies o géneros, a reserva de que haya habido impedimentos en forma de barreras. Y si hubo estas barreras, es probable que la elevación volcánica que durante el Triásico se extendió a lo largo de la parte

sur de la Paleocuenca Chinle haya jugado el papel de una barrera física que dificultase el intercambio.

Sin embargo existe la posibilidad de que la "Paleocuenca La Barranca" no haya tenido durante el Carniano la posición que hoy tiene la Formación Santa Clara. Al respecto, Weber (1982) señala: "Abadie (1981) considera que la Formación Santa Clara se encuentra en el bloque que a lo largo de (una) falla (la Mojave-Sonora Megashear) se desplazó de manera sinistral desde unos 800 km más al noroccidente, a su posición actual. Si este bloque fuese realmente autóctono..., entonces durante el Triásico Tardío el área de sedimentación de dicha formación se localizaba al poniente del área de la Formación Chinle". Lo cual vuelve aún más difícil la explicación de sus diferencias florísticas. Lo único claro hasta el momento es que efectivamente existieron diferencias ecológicas entre ambas paleocuecas. Y este es, por el momento, el dato más seguro para explicar la poca similitud florística; sin embargo, es insuficiente. Y es necesario esperar la aportación de nuevos datos que ayuden a conformar una explicación más amplia; en particular serían de mucha utilidad los de corte paleoclimático y paleogeográfico.

Finalmente, hay que señalar que la desproporción entre los géneros compartidos se ve agrandada porque la parte con mayor diversidad florística en la Formación Santa Clara, es precisamente aquella de depósito sedimentario anaerobio (Grupo I) donde privaron condiciones ambientales diferentes a las de la Formación Chinle.

VI. CONCLUSIONES

1. Los resultados obtenidos con la aplicación de un método fitosociológico basado en la composición florística y en algunos valores de abundancia; y de otro, cuantitativo (que funciona con datos de presencia y ausencia de taxa), en 37 localidades fosilíferas de la Formación Santa Clara, comprueban la hipótesis previa de que en ella existen por lo menos cuatro grupos de unidades taxonómicas con distribución diferente y la existencia de dos paleoambientes: uno anaerobio ("reductor") caracterizado por la presencia de especies del grupo I y otro aerobio ("oxidante") donde se localizan las especies del Grupo II; mientras que existe un grupo III distribuido en zonas intermedias entre los dos paleoambientes anteriores y un grupo IV de especies "ubiquistas".

2. El grupo II, cuyo análisis fue el objetivo principal de este trabajo, está compuesto por *Phyllothea?* sp. A, *Zamites* aff. *powelli* y *Cladophlebis?* spp.; pero debe considerarse fuera de él a *Desmiophyllum* sp. A, porque su distribución es distinta. En un futuro análisis

deberá precisarse la ubicación de *Phlebopteris smithii*, que por esta ocasión, y de manera tentativa, se incluyó en el grupo III.

3. Hay elementos suficientes para considerar al conjunto de unidades taxonómicas del grupo II, en particular a *Phyllothea?* sp. A y *Zamites* aff. *powelli*, como elemento de una biofacie que implica un ambiente de sedimentación "oxidante" o aerobio.

4. Los métodos de análisis utilizados en este trabajo pueden servir para resolver problemas similares en otras tafofloras.

5. Aún cuando las Formaciones Chinle y Santa Clara tienen edades semejantes, la similitud florística entre ellas es mínima y ocurre -por parte de la Formación Santa Clara- con los taxa del ambiente de depósito aerobio, lo cual en buena medida se debe a que allí hubo condiciones medioambientales semejantes a las de la mayor parte de la Paleocuenca Chinle.

AGRADECIMIENTOS

La realización de esta tesis no habría sido posible sin la valiosa colaboración de diversas personas e instituciones. Por ello agradezco profundamente la ayuda y (pa)ciencia del Dr. Reinhard Weber quien soportó estóicamente, de principio a fin, las inclemencias de este trabajo, retrasos incluidos; a Ricardo Trejo C. por haber "hecho punta"

en esto de la Paleoecología cuantitativa de la Formación Santa Clara; a aquellos que colaboraron en diferentes fases del trabajo de campo o en el de gabinete, como Alfonso Torres R., Flor de Ma. Amozurrutia S., Antonio García P., César Domínguez P.T., Pedro Díaz M., Fernando Torres, Gustavo Tavizón A., Hilario Payán L., Antonio Ortiz R. y Soraya I.

Gutiérrez M. Igualmente estoy agradecido por la asesoría en el campo que nos proporcionaron los geólogos Eduardo Cossio, Oscar Saitz y Raúl Maldonado; y por el apoyo que, para realizar el trabajo de campo, nos brindó el Instituto de Geología de la UNAM, en particular su Oficina Regional del Noroeste y el Jefe de ésta, Ing. Jaime Roldán, Uranio Mexicano, la Comisión Federal de Electricidad, el Consejo de Recursos Minerales y la Dirección de Minería, Geología y Energéticos del Gobierno del Estado de Sonora y la Facultad de Ciencias de la UNAM. Agradezco

también los comentarios críticos que hicieron al manuscrito la Biol. Ana Cecilia Tomasini O., la Biol. Sara A. Quiroz, el Biol. Francisco Lorea H., la M. en C. Celestina González A. y el M. en C. Alberto Búrquez. No quiero dejar de agradecer la valiosa ayuda mecanográfica prestado por Silvia Torres, quien se hizo cargo del segundo manuscrito y Evangelina Gutiérrez por haber pasado la versión final; y también al Arq. Juan D. Alvarado C., quien dibujó las tablas. A todos muchas gracias.

BIBLIOGRAFIA

1. AGUILERA, J. G., 1896. Itinerarios geológicos de José G. Aguilera. En: Anónimo. Bosquejo Geológico de México. Instituto Geológico de México. Oficina Tipográfica. Secretaría de Fomento. México, D.F., p. 78-166.
2. AGUILERA, J. G., 1896. Segunda parte Sinopsis de la Geología Mexicana. En: Anónimo. Bosquejo Geológico de México. Oficina tipográfica. Secretaría de Fomento. México, D.F. p. 187-270.
3. ALENCASTER, G., 1961a. Paleontología del Triásico Superior de Sonora. Parte I. Estratigrafía del Triásico Superior de la parte central del Estado de Sonora. Univ. Nal. Autón. México, Inst. Geología. Paleontología Mexicana 11; p. 1-18.
4. ALENCASTER, G., 1961b. Paleontología del Triásico Superior de Sonora. Parte III. Fauna fósil de la Formación Santa Clara (Cárnico) del Estado de Sonora. Univ. Nal. Autón. México, Inst. Geología. Paleontología Mexicana 11, pt.3, p. 1-44.
5. ANDERSON, J.M. & A.R.I. CRUICKSHANK. 1978. The biostratigraphy of Permian and Triassic. Palaeont. Afr. N° 25; p. 15-44.
6. ASH, S.R., 1967. Preliminary results of area investigation of the Chinle megafloora. New Mexico and Arizona. (abstract), Geol. Am. Rocky Mountain. Sec., 20th. ann. meet., Golden. Colo. p. 20.
7. ASH, S.R., 1968. A new species of *Williamsonia* from the Upper Triassic Chinle Formation of New Mexico, J. Linn. Soc. Vol. 61; N° 384; p. 113-120.
8. ASH, S.R., 1969 (1970a). Ferns from the Chinle Formation (Upper Triassic) in Fort Wingate Area, New Mexico. US. Geol. Survey Prof. Pap. 613/D IV. 52 p.
9. ASH, S.R., 1970b. *Pagiophyllum simpsonii*, a new conifer

- from the Chinle Formation (Upper Triassic) of Arizona. J. Paleont. Vol. 44; N^o 5; p. 945-952.
10. ASH, S.R., 1970 c. *Dinophyton*, a problematical new plant genus from the Upper Triassic of the southwestern United States. Paleontology, Vol. 13; N^o 4; p. 646-663.
 11. ASH, S.R., 1972. Plants megafossils of the Chinle Formation. In: Breed, C. S. & Breed W. J. (eds.) Investigations in the Triassic Chinle Formation. Mus. North Arizona Bull. N^o 47; p. 23-44.
 12. ASH, S.R., 1974. Notes on the Chinle Formation (Upper Triassic) in east-central Arizona. In: Ash, S.R. (ed.) Guide-book to Devonian, Permian and Triassic plant localities, east-central Arizona. PB Sec., BSA, 25th Ann. AIBS. Meet. p. 40-42.
 13. ASH, S.R., 1974. The Upper Triassic Chinle flora of Petrified Forest National Park, Arizona. In: Ash, S.R. (ed.) Guide-book to Devonian, Permian and Triassic plant localities, east-central Arizona, P.B. Sec., BSA, 25th Ann. AIBS. Meet. p. 43-50.
 14. ASH, S.R., 1975. *Zamites powelli* and its distribution in the Upper Triassic of North America. Paleontographica Abt. B, N^o 149, p. 139-152.
 15. ASH, S.R., 1978. Summary of the fossils in the Ciniza Lake Beds. In Ash, S.R. (ed.) Geology, Paleontology and Paleogeology of the late Triassic lake in western New Mexico. Brigham Young Univ. Geol. studies. Vol. 25; pt. 2; p. 21-22.
 16. ASH, S.R., 1978 b. Plant megafossils. In: Ash, S.R. (ed.) Geology, Paleontology and Paleogeology of the late Triassic lake in western New Mexico. Brigham Young Univ. Geol. studies. Vol. 25; pt. 2; p. 23-43.
 17. ASH, S.R., 1976. The Systematic position of *Eoginkgoites*. Am. J. Bot. Vol. 63; N^o 10; p. 1327-1331.
 18. ASH, S.R., 1980. Upper Triassic floral zones of North America. In: D. L. Dilcher y T. N. Taylor (eds.). Biostratigraphy of Fossil Plants. Dowden, Hutchinson & Ross, Stroudsburg. p. 153-170.
 19. AVILA DE SANTIAGO, G., 1960. Geología de los depósitos de antracita de la Sierra de San Javier y Santa Clara, Municipio de San Javier, Sonora. Tesis (Ing. Geol.). Esc. Nal. Ing., UNAM. México, D.F. 35 pp.
 20. BELLO BARRADAS, A., 1960. Geología de los yacimientos de antracita de San Marcial, Municipio de San Marcial, Sonora. Tesis (Ing. Geol.). Esc. Nal. Ing. UNAM. México, D.F. 40 pp.
 21. BIOLOGIA DE CAMPO, 1979a. Paleobotánica del Triásico Tardío de la región de Hermosillo-Tónichi, Estado de Sonora. Parte I. Facultad de Ciencias, UNAM (Informe Inédito).
 22. BIOLOGIA DE CAMPO, 1979b. Paleobotánica del Triásico Tardío de la región de Hermosillo-Tónichi, Estado de Sonora. Parte II. Facultad de Ciencias, UNAM. (Informe Inédito).
 23. CSERNA, Z. de, 1976. México-Geotectonics and mineral deposits. New Mexico Geol. Soc. Spec. Publ. (Kelley vol. 6), p. 18-25.
 24. DAUGHERTY, L.H., 1941. The Upper Triassic flora of

- Arizona, Whit a discussion of its Geologic occurrence by Howard R. Stagner. Carnegie Inst. Wash. Publ. 536 (Contrs., to Paleont). Washington, D.C. 108 pp.
25. DOBRUSKINA, I.A. y O.P. YAROSHENKO, 1983. Sootnoshe-niye Triasovikh flor po obein storonam severnoj Atlantiki. Bull. Mosk. o-va ispitatelyj prirodi. Otd. geol. N^o 58; p. 3.
26. DUMBLE, 1900a. Notes on the Geology of Sonora, México. Trans. American Inst. Mining Eng. New York N^o 29; p. 122-152.
27. DUMBLE, 1900b. Natural Coke of the Santa Clara Cool-field, Sonora. Trans. American Inst. Mining Eng. N^o 29; p. 546-549.
28. DUMBLE, 1900c. Triassic Coal and Coke of Sonora, México. Bull. Geol. Soc. America. N^o 11; p. 10-14.
29. DUNBAR, C.O., 1972. Geología histórica. Compañía Editorial Continental, S.A. México. 414 pp.
30. FAGESTRON, I.A., 1964. Fossils communities in Paleocology: Their recognition and significance. Geol. Soc. of Amer. Bull. Vol. 75, p. 1197-1216.
31. GOODALL, O.W. 1978. Sample similarity and correlation of vegetation ecology. In: Whittaker, R.H. (ed.). Ordination of plants communities. La Haya, Junk. p. 287-399.
32. HUMPHREYS, 1916. Triassic plants from Sonora. México, including a *Neocalamites* not previously reported from North America. Mem. N.Y. Bot. Gard. N^o 6; p. 75-78.
33. KING, R.E. 1939. Geological reconnaissance in Northern Sierra Madre Occidental of México. Bull. Geol. Soc. Am. N^o 50; p. 1625-1722.
34. KREBS, CH. J., 1978. Ecology. The experimental analysis of distribution and abundance. 2nd edit. Harper & Row. New York. 678 pp.
35. MULLER-DOMBOIS, D. & ELLENBERG, H., 1974. Aims & methods of vegetation ecology. Wiley. New York. 547 pp.
36. NEWBERRY, J. S., 1876. Description of fossils. In: Macomb, J. N. Report of the Exploring Expedition from Santa Fe, New Mexico to the junction of the Grand and Green Rivers... en 1859. p. 137-148.
37. ODUM, E. P., 1973. Ecología. 3a. edic. Interamericana, S.A. México. 640 pp.
38. POTTER, P. E., et al., 1980. Breve informe de actividades... Dirección Min., Geol. Energ. Gobierno del Estado de Sonora. 6 pp. y anexos (Informe Inédito).
39. RANGIN, C., 1978. Reconocimiento estructural sobre la evolución geológica de la parte septentrional del Estado de Sonora. En: Roldán Quintana, J. & Salas, G.A. (eds.). Libreto Gufa I Simpos. Geol. Pot. Min. Edo. Sonora. UNAM, Inst. Geol. Oficina Regional Noroeste, Hermosillo. p. 35-55.
40. REYMENT, R.A. 1972. Introduction to quantitative paleoecology. Elsevier Pub. Co. Belgium. 226 pp.
41. ROGER, J., 1980. Paleogeología. Paraninfo. Madrid. 204 pp.
42. SILVA-PINEDA, A. 1961. Paleontología del Triásico Superior de Sonora. Parte II. Flora fósil de la Formación Santa Clara (Cárnico) del Estado de Sonora. Paleontología Mexicana N^o 11, p. ?-36.
43. STANTON, J.R. Jr., I. EVANS. 1972. Community structure

- and sampling requirements on Paleocology. J. Paleon. N° 46; p. 845-858.
44. STANTON, J.R., Jr., 1976. Relationships of fossils communities to original communities of living organism; In: R.W., Scott, and R.R. West (Eds.): Structure and clasification of Paleocommunities, Dowden, Hutchinson & Ross, Inc. USA. p. 107-125.
45. STEWART, J. H., POOLE, F.G. & WILSON, R.F., 1972. Stratigraphy and origin of the Chinle Formation and related Upper Triassic Strata in the Colorado Plateau Region, US. Geol. Surv. Prof. Pap. 690. 336 pp., 34 fig., 9 tab., mapas en bolsa, Washington, D.C.
46. WEBER, R., 1980 (1982). Megafósiles de coníferas del Triásico Tardío y del Cretácico Tardío de México y consideraciones generales sobre las coníferas mesozoicas de México, Univ. Nal. Autón. México, Inst. Geología, Revista, V. 4, p. 111-124.
47. WEBER, ZAMBRANO GARCIA A., AMOZORRUTIA SILVA, F., 1980 (1982a). Nuevas contribuciones al conocimiento de la tafoflora de la Formación Santa Clara (Triásico Tardío) de Sonora: Univ. Nal. Autón. México, Inst. Geología, Revista V., 4, p. 125-137.
48. WEBER, R., TREJO CRUZ, R., TORRES ROMO, A., GARCIA PADILLA, A., 1980 (1982b). Hipótesis de trabajo acerca de la paleoecología de comunidades de la Tafoflora de Santa Clara del Triásico Tardío de Sonora; Univ. Nal. Autón. de México. Inst. Geología, Revista V. 4, p. 138-154.
49. WERGER, M.J.A., 1974. On concepts and techniques applied in the Zurich-Montpellier Method of vegetation survey. Bothalia, vol. 11, N° 3; p. 309-323.
50. WHITAKER, R.H. 1975. Communities and Ecosystems. 2nd. Edition, Macmillan Pub. Co. Inc. New York. 385 pp.
51. WILSON, I.F. y ROCHA, V.S., 1946. Los yacimientos de carbón de la región de Santa Clara, Municipio de San Javier, Estado de Sonora. Com. Dir. Inv. Rec. Min. México, Bol. 9, p. 1-108.

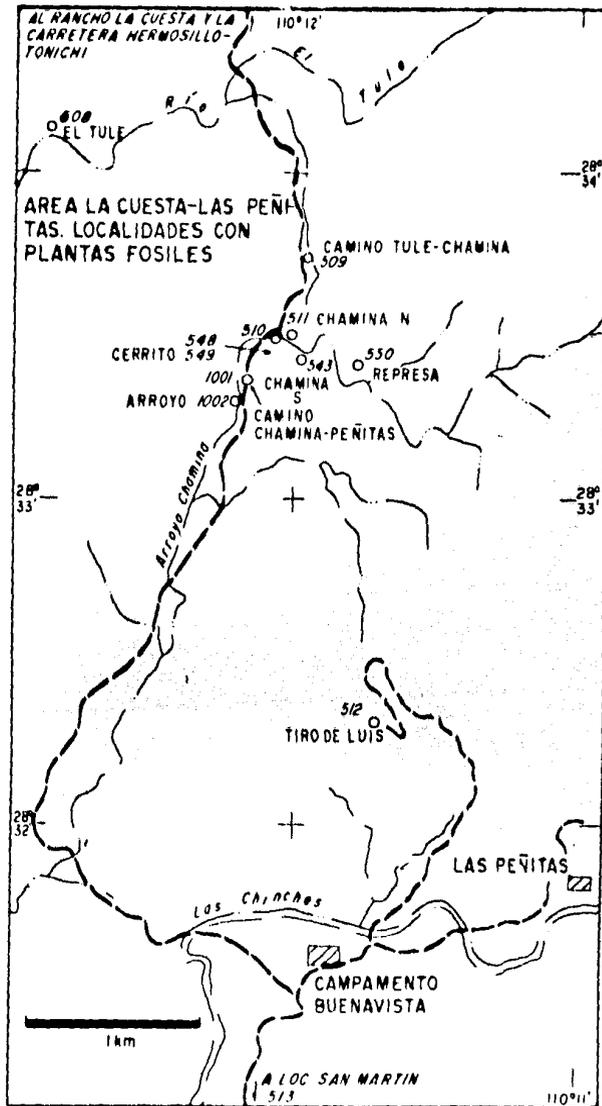


FIGURA 2.

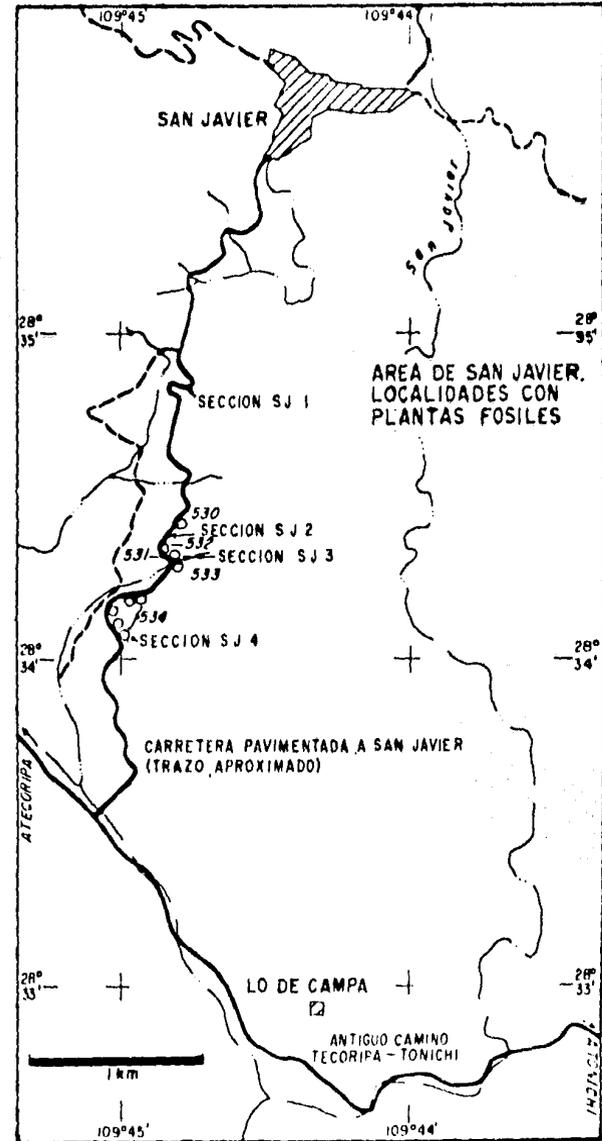


FIGURA 3.

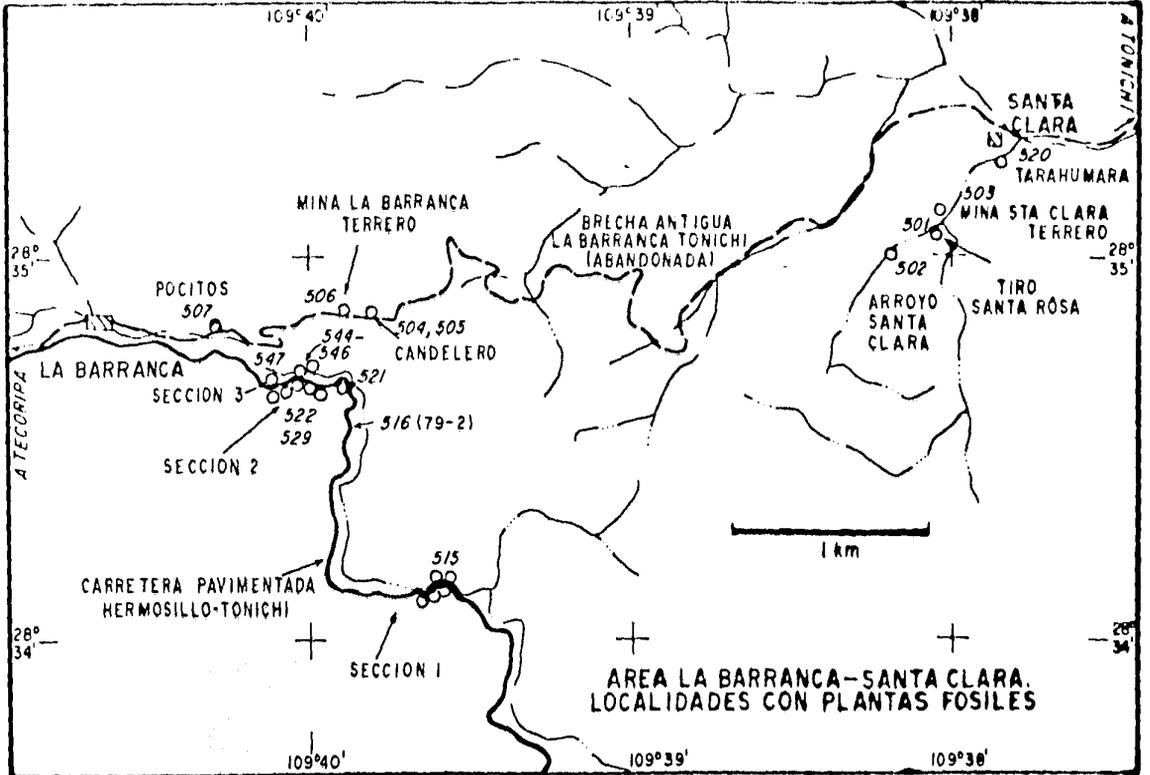


FIGURA 4.

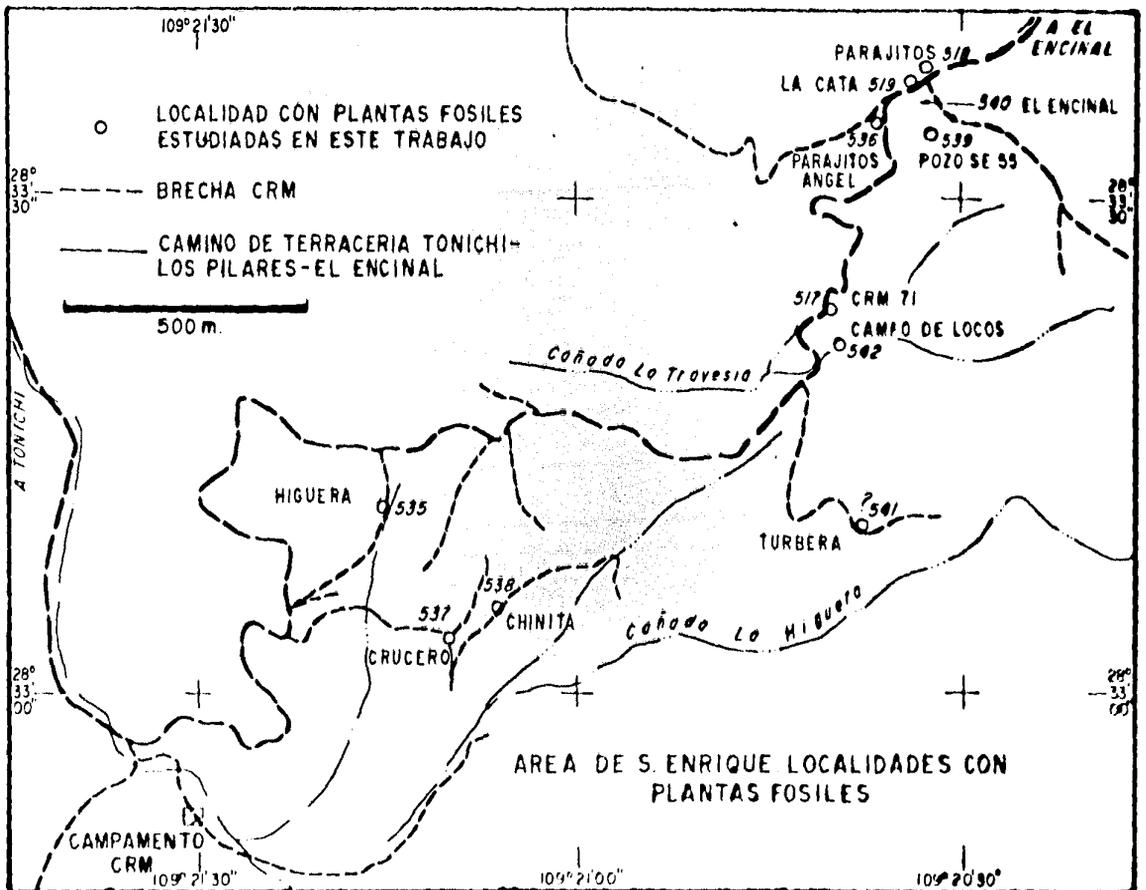


FIGURA 5.