

## LA FLORA TRIASICA DE MEXICO

Alicia Silva-Pineda\*

## RESUMEN

Las floras triásicas de México tienen una distribución geográfica restringida, ya que sólo se conocen unas cuantas localidades que contienen plantas de esta edad, en cantidades más o menos abundantes. En efecto, plantas triásicas bien conservadas se encuentran solamente en cuatro localidades, en los Estados de Sonora, Tamaulipas, San Luis Potosí e Hidalgo, en rocas del Triásico Superior. Las plantas dominantes de estas floras son cicadofitas, helechos y pteridospermas, mientras que las Equisetales y Coniferales son grupos escasamente representados. Este estudio incluye aspectos generales de las plantas triásicas, así como una revisión de la estratigrafía y de las plantas macroscópicas de las rocas continentales del Triásico Superior de México.

## ABSTRACT

Mexican Triassic floras are of limited geographical distribution. Only a few localities contain abundant plants of this age, since well-preserved Triassic plants are found only in four localities, in the States of Sonora, Tamaulipas, San Luis Potosí and Hidalgo, all from Upper Triassic sediments. Among the dominant plants of these floras, there are cycadophytes, ferns and pteridosperms, while equisetals and conifers are rather scarcely represented. This paper includes general aspects of the Triassic plants, as well as a review of the stratigraphy and of the macroscopic vegetation of the Mexican Upper Triassic continental rocks.

## INTRODUCCION

Con el propósito de contribuir al mejor conocimiento de la historia geológica de México, se está llevando a cabo la revisión de las floras continentales del país, en base a megafósiles. Este artículo, que constituye una recopilación sobre las floras triásicas de México, ha sido precedido por un estudio semejante sobre la vegetación jurásica del país (Silva, 1978). En comparación con las floras del Jurásico, en México las floras del Triásico son mucho menos abundantes. Sin embargo, su estudio es importante, ya que enfocado desde diferentes puntos de vista, proporciona información que indudablemente contribuirá al mejor entendimiento de la evolución florística, geológica y geográfica del país.

A principios del Triásico, algunos géneros de plantas del Paleozoico persistieron con la misma distribución general. Entre éstos se encuentra el género *Glossopteris*, las Cordaitales *Pelourdea* y *Noeggerathiopsis*, las Equisetales *Neocalamites* y *Schizoneura* y algunas coníferas del Orden Voltziales. Durante este período se observa una evolución notable en algunas plantas, así como un empobrecimiento en la flora del Permo-Carbonífero.

El Triásico reviste suma importancia en Paleobotánica, porque es un período de transición entre las floras del Paleozoico Superior y las del Mesozoico, en el que se observa el cambio de unas a otras. Su contenido florístico está constituido por las últimas formas de grupos que se originaron en el Carbonífero y por otros recién surgidos, que van a constituir las plantas típicas del Jurásico y Cretácico. Entre los primeros se encuentran los Equisetales, los helechos, las pteridospermas y las coníferas, y entre los grupos nuevos destacan las cicadofitas, además de las Ginkgoales y las Caytoniales.

A continuación se presenta una revisión de los aspectos más significativos que cada uno de estos grupos tuvo en el Triásico, resumida de acuerdo a su importancia.

## COMPOSICION DE LAS FLORAS DEL TRIASICO

## Cicadofitas

Entre los grupos de plantas vasculares que tuvieron una amplia distribución en el Triásico, en primer lugar se encuentran las cicadofitas, cuyo registro fósil es importante a partir de este período. Alcanzan su máximo desarrollo probablemente durante el Jurásico Medio y Tardío y declinan en el Cretácico Tardío. Dentro de este grupo, el orden de las Bennettitales o Cycadeoidales está constituido por plantas que aparecieron en el Pérmico y se extinguieron en el Cretácico, siendo en el Triásico sus representantes más comunes los géneros *Pterophyllum* y *Anomozamites*, aunque también se encuentran los géneros *Otozamites*, *Ptilophyllum*, *Nilssoniopteris*, *Cycadolepis* y *Zamites*, que son frecuentes en varias regiones del mundo. El otro orden de este grupo, Cycadales, aparece en el Triásico, cuando parece haber alcanzado un desarrollo considerable, tanto en el Triásico Temprano como en el Tardío (Arnold, 1947, p. 248). Aunque empieza a declinar en el Cretácico, persiste en la actualidad, con pocos géneros, que están restringidos a regiones tropicales y subtropicales. Tiene como representantes más o menos abundantes en el Triásico a los géneros *Nilsonia* y *Ctenis* desde el Triásico Inferior, y a *Pseudoctenis* y *Doratophyllum* en el Triásico Superior.

## Helechos

Los helechos fueron constituyentes importantes de las asociaciones paleoflorísticas desde el Paleozoico (Archangelsky, 1970, p. 101). Actualmente, son de tama-

\* Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, México 20, D. F.

ño reducido, aunque se conocen formas arborescentes, de igual manera que en el pasado. Algunos grupos de helechos fueron arborescentes, pero la mayoría tiene talla semejante a la de los actuales, formando parte importante de la vegetación herbácea. En la actualidad, la distribución de los helechos puede decirse que es cosmopolita; sin embargo, preferentemente habitan lugares húmedos, sombríos y de moderada temperatura. Archangelsky (1970, p. 102) señala que si se trasladan estos conocimientos al pasado geológico, puede aceptarse que donde se han encontrado abundantes restos de helechos, imperó un clima húmedo y existió una vegetación arborescente que dio sombra a los helechos. Efectivamente, éstos se han encontrado asociados frecuentemente con restos de coníferas y de Ginkgoales.

Dentro de los helechos, la familia Matoniaceae, que estuvo ampliamente distribuida en el pasado, se encuentra restringida a una región al este de la India. El género *Phlebopteris*, perteneciente a esta familia, aparece en el Triásico y declina en el Cretácico Temprano, pero es abundante durante el Triásico y está bien representado en la Formación Chinle de Arizona, del Triásico Superior. El género *Cladophlebis* fue abundante en América del Sur y en África durante el Triásico (Delevoryas, 1973, p. 14). Asimismo, en América del Norte se han identificado casi 40 especies en estratos del Triásico al Cretácico Inferior, siendo muy frecuentes en el Jurásico y en el Cretácico Inferior (Arnold, 1947, p. 198). *Cladophlebis* es un género artificial, cuya posición sistemática es dudosa, aunque algunos autores lo han situado dentro de la familia Osmundaceae (Arnold, 1947).

La familia Dipteridaceae está representada en el Triásico por el género *Dictyophyllum*, el cual durante el Rético tuvo una extensa distribución en una faja ancha, comprendida entre los 50° de latitud norte y los 60° de latitud sur (Barnard, 1973, p. 179). *Chiropteris* es otro género que se ha considerado en general como helecho (Delevoryas, 1973, p. 17), aunque para algunos autores su posición sistemática es incierta (Archangelsky, 1970, p. 167). Tiene hojas en forma palmeada y nervadura reticular. Se encuentra distribuido ampliamente durante el Triásico en América del Sur, en África del Sur, y también en latitudes situadas más al norte.

Los representantes de la familia Marattiaceae son importantes durante el Triásico y al final de este período declinan. Las formas vivientes son arborescentes o arbustivas; los géneros más importantes son *Marattia* y *Danaea*. Entre los fósiles más abundantes en el Triásico se encuentra el género *Danaeopsis*.

#### Coniferales

Las Coniferales han tenido un papel importante en asociaciones paleoflorísticas, principalmente en el Mesozoico (Archangelsky, 1970, p. 259), aunque destacan desde el Paleozoico más alto. Los representantes mejor conocidos en el Triásico son los géneros *Podozamites*, que vivió del Triásico al Cretácico y es cosmopolita, *Cycadocarpidium* del Triásico Superior al Liásico (Archangelsky, 1970) y *Araucarioxylon*, que es uno de los géneros más abundantes y desarrollados del Triásico de Arizona (Darrah, 1960).

#### Pteridospermas

Otro grupo importante durante este Período lo constituyen las pteridospermas, que son plantas con follaje de helecho, pero provistas de semilla que se caracterizan, ade-

más, porque la epidermis está cubierta por una membrana cutinizada, cuyo grosor sobrepasa notablemente al espesor de la cutícula de los helechos. Son plantas extintas que aparecieron en el Paleozoico, pero fueron abundantes en el Mesozoico, principalmente en el Período Triásico, en cuyas rocas fueron encontradas por primera vez las frondas asociadas con fructificaciones masculinas y femeninas (Archangelsky, 1970, p. 186). En el Rético de Groenlandia, África del Sur y América del Sur, se han descrito numerosas pteridospermas. Entre las del Triásico se citan con frecuencia, tanto en el Hemisferio Norte como en el Hemisferio Sur, representantes del género *Thinfeldia*, que es abundante en el Triásico de Eurasia (Archangelsky, 1970, p. 197), y está bien representado a ambos lados del Atlántico (Delevoryas, 1973, p. 14). El género *Dicroidium*, señalado como un género semejante a *Thinfeldia*, pero restringido al Hemisferio Sur, se encuentra abundantemente distribuido, tanto en América del Sur como en África. Presenta una considerable variación en la forma de las hojas y sus raquis principales están divididos dicotómicamente. *Xilopteris* o *Stenopteris* es otra planta con pínulas lineares abundante en el Triásico. *Rhexoxylon* es otro género de pteridosperma, que fue abundante en el Triásico de África del Sur y América del Sur, donde se han encontrado sus restos asociados con varios esqueletos de reptiles. Por esta razón y por presentar grandes raíces, se supone que esta planta vivió en ambientes semipantanosos. Varios otros géneros de pteridospermas, como *Antevsia*, *Lepidopteris*, *Pteruchus*, *Umkomasia*, etc., se han señalado, tanto en América del Sur, África del Sur y Australia, como en Groenlandia y Suecia.

Entre las Caytoniales, que se consideran como pteridospermas por la mayoría de los autores, el género *Sagenopteris*, con hojas compuestas y de forma palmeada, es abundante en el Hemisferio Sur, aunque también se encuentra en el Hemisferio Norte.

#### Equisetales

El Orden Equisetales se encuentra bien representado durante el Triásico. Actualmente está constituido por vegetales vivientes pertenecientes a un solo género, *Equisetum*, con más de 25 especies. Este género apareció en el Carbonífero, fue común en el Mesozoico y tuvo numerosos representantes en el Triásico. Tanto las formas actuales, como las fósiles, se caracterizan por no presentar crecimiento secundario en espesor, porque los tallos están divididos en nudos y entrenudos y los entrenudos presentan surcos y costillas longitudinales; en los nudos hay verticilos foliares, con hojas fusionadas en la base formando una vaina y los órganos de fructificación son estróbilos, que están en la parte terminal de las ramas. El género más abundante en el Triásico es *Neocalamites*, muy semejante al género arborescente *Calamites*, del Paleozoico tardío, del que probablemente sea un descendiente directo (Arnold, 1947, p. 152). Algunos autores consideran a *Neocalamites* dentro del Orden Calamitales (Archangelsky, 1970, p. 96), junto con *Calamites*, ya que ambos géneros tienen crecimiento secundario, inexistente en los representantes del Orden Equisetales. Otro género común en el Triásico es *Equisetites*, semejante al género *Equisetum*, que existió en las mismas regiones que el género *Neocalamites*. Varios autores han usado el nombre de *Equisetites* para los representantes fósiles y el de *Equisetum* para las formas actuales, pero Harris (1961, p. 14) señala

que no hay diferencia entre los tallos fósiles y los actuales y considera a las formas fósiles dentro del género *Equisetum*. *Schizoneura* es otro género del Orden Equisetales, que tuvo una distribución amplia durante el Pérmico y el Triásico.

#### Ginkgoales

El Orden Ginkgoales tiene formas representativas del Triásico, tanto en el Hemisferio Norte, como en el Hemisferio Sur, entre las que se encuentran los géneros *Sphenobaiera*, *Ginkgoites*, *Baiera* y *Phoenicopsis* (Delevoryas, 1973, p. 17).

#### UNIDADES ESTRATIGRAFICAS TRIASICAS DE MEXICO QUE HAN APORTADO FLORA

Durante el Triásico, en México se desarrolló una flora escasa con una distribución muy limitada, que queda comprendida únicamente en dos formaciones del Triásico Superior: la Formación Santa Clara y la Formación Huizachal, debido a que no se conocen en México sedimentos continentales o marinos correspondientes al Triásico Inferior y Medio. Las especies que hasta la fecha se han descrito se presentan en la Tabla 1, en relación con la formación en la que se encuentran. Las localidades a las que se hace referencia se muestran en la Figura 1.

#### Formación Santa Clara

Las plantas triásicas de Sonora constituyen, hasta ahora, la flora más abundante y mejor conservada de México de este Período. Sobre todo han sido objeto de diversos estudios por su relación con capas de carbón. La primera descripción de plantas fósiles de México corresponde a un trabajo de Newberry (1876), que versa sobre las plantas triásicas de Sonora, colectadas por el geólogo francés Auguste Rémond. El siguiente artículo sobre estas mismas plantas (Humphreys, 1916) comprende material colectado por Benjamín Hill en los depósitos de carbón de Santa Clara. Posteriormente, se publicaron listas de estas plantas en trabajos sobre la geología del mismo Estado (King, 1939, p. 1656; Wilson y Rocha, 1946, p. 28). Mucho tiempo después, la autora (1961) emprendió el estudio de material abundante de plantas, proveniente de las localidades de San Marcial, Santa Clara y El Salto, recolectado tanto por el Ing. Guillermo P. Salas, entonces Director del Instituto de Geología, como por los entonces pasantes de geólogo Alejandro Bello B. y Gonzalo Avila de Santiago quienes, por parte del mismo Instituto, trabajaron en la región durante la elaboración de sus respectivas tesis. Esta colecta proporcionó doce especies de plantas, de las cuales ocho eran desconocidas para México.

Actualmente el Dr. Reinhard Weber, del Instituto de Geología de la UNAM, ha emprendido un nuevo estudio sobre las plantas triásicas de Sonora y ha recolectado abundante material en varias localidades de la región central del Estado.

La Formación Santa Clara (Alencáster, 1961a, p. 11), tiene su localidad tipo en los Arroyos de Pie de la Cuesta y Tarahumara, situados inmediatamente enfrente de la estación de Santa Clara, que está sobre el camino que une Tecopa con Tónichi, en la parte central del Estado de Sonora. La edad de estas rocas había sido considerada como del

Triásico Superior-Jurásico Inferior (King, 1939, p. 1645).

Tabla 1.- Especies de plantas del Triásico de México y su distribución estratigráfica.

	Formación Huizachal	Formación Santa Clara
<i>Abietites</i> aff. <i>A. carolinensis</i> (Fontaine)		x
<i>Alethopteris whitneyi</i> Newberry		x
<i>Araucarioxylon</i> (fragmentos)	x	
<i>Asterocarpus falcatus</i> (Emmons)		x
<i>A. platyrachis</i> Fontaine		x
<i>A. virginensis</i> (Fontaine)		x
<i>A. whitneyi</i> (Newberry)		x
<i>Baiera munsteriana</i> (Presl) Heer		x
<i>B. radiata</i> (Newberry)		x
<i>Cephalotaxopsis carolinensis</i> Fontaine	x	
<i>Cladophlebis</i> ( <i>Andriana</i> ) aff. <i>A. baruthiana</i> (Brugiere)		x
<i>C. roesserti</i> (Presl) Saporta		x
<i>Ctenophyllum braunianum angustum</i> (Braun) Schimper		x
<i>C. robustum</i> (Emmons)		x
<i>Cycadites</i> sp.		x
<i>Dionites</i> aff. <i>D. rigidus</i> Andrae		x
<i>Equisetites</i> aff. <i>E. münsteri</i> (Sternberg) Brongniart		x
<i>Equisetites</i> (fragmentos)	x	
<i>Ginkgo</i> sp.		x
<i>Macrotaeniopteris elegans</i> (Newberry)		x
<i>Mertensides bullatus</i> (Bunbury)	x	x
<i>M. mexicanus</i> (Newberry)		x
<i>Nilssonia polymorpha</i> Schenk		x
<i>Neocalamites carrerei</i> (Zeiller) Halle		x
<i>Otozamites hespera</i> Wieland	x	
<i>O. macombii</i> Newberry		x
<i>Pecopteris</i> aff. <i>P. pinnatifida</i> (Gutbier)		x
<i>Podozamites</i> (fragmentos)	x	
<i>Podozamites crassifolia</i> Newberry		x
<i>Pterophyllum affine</i> Nathorst		x
<i>P. fragile</i> Newberry	x	x
<i>Pterophyllum inaequale</i> Fontaine	x	
<i>P. longifolium</i> Brongniart	x	
<i>P. robustum</i> Newberry		x
<i>Raphaelia?</i> <i>americana</i> (Newberry)		x
<i>Raphaelia?</i> <i>remondi</i> (Newberry)		x
<i>Sphenozamites rogersianus</i> Fontaine		x
<i>Stenopteris</i> sp. cf. <i>S. desmomera</i> Saporta	x	
<i>Taeniopteris auriculata</i> (Fontaine) Berry		x
<i>T. glossopteroides</i> Newberry		x
<i>T. magnifolia</i> Rogers		x
<i>Thaumatopteris</i> sp. cf. <i>T. barrealensis</i> Stipanovic y Menéndez		x
<i>Thaumatopteris</i> sp. cf. <i>T. kochibei</i> (Yokoyama) Oishi y Yamasita	x	
<i>Todites carrilloi</i> Silva	x	
<i>Zamites occidentalis</i> Newberry		x
<i>Zamites powelli</i> Fontaine		x
<i>Zamites</i> sp. cf. <i>Z. megaphyllum</i> (Phillips) Seward		x
<i>Zamites</i> sp.		x
<i>Z. truncatus</i> Fontaine		x.

Actualmente se les considera pertenecientes al Piso Cárnico, debido a la presencia de invertebrados marinos indicativos de esta edad (Alencáster, 1961b). La Formación Santa Clara consta de areniscas y lutitas con intercalaciones de carbón. Está cubierta por la Formación Coyotes y descansa sobre la Formación Arrayanes. Contiene abundantes plantas fósiles, entre las que se encuentran helechos de los géneros *Asterocarpus*, *Thaumatopteris*, *Martensides* y *Cladophlebis*, la pteridosperma *Alethopteris*, las cicadofitas *Cteno-*

*phyllum*, *Taeniopteris*, *Nilssonia*, *Pterophyllum*, *Otozamites*, *Sphenozamites* y *Zamites*, las Ginkgoales *Baiera* y *Gink-*

*go*, de las Coniferales el género *Podozamites* y las Equisetales *Equisetites* y *Neocalamites* (Newberry, 1876; Humph-

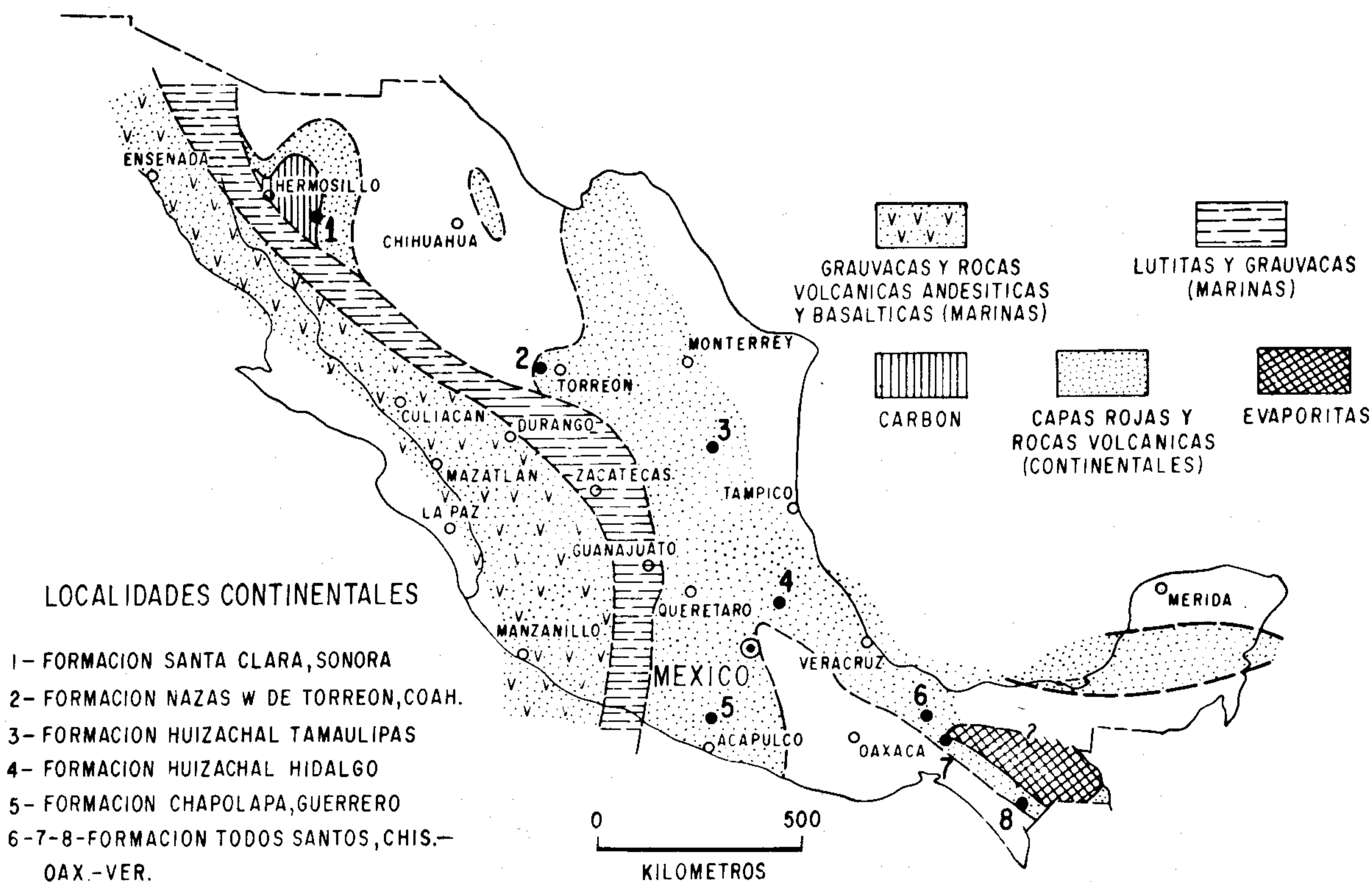


Figura 1.- Paleogeografía del Triásico Tardío.

reys, 1916; Silva, 1961). La mayoría de estas plantas proviene de las localidades Santa Clara, San Marcial y El Salto. Por muchos años la zona carbonífera conocida con el nombre de Distrito de Santa Clara ha sido el punto central de las minas de carbón existentes en la región. Actualmente no existe una exploración formal de este carbón, pero se han efectuado estudios en los depósitos que constituyen esta cuenca carbonífera, para conocer la pureza del carbón (Salas, 1976). La localidad de San Marcial se encuentra en una región de lomeríos bajos, en el lado occidental del Río Matape, dentro del desierto de Sonora. Otra localidad importante, cercana a San Marcial, es El Salto.

La asociación de invertebrados marinos fósiles en las mismas capas que contienen las hojas fosilizadas no se debió a un acarreo de las hojas al mar, puesto que las hojas están bien conservadas; sino posiblemente a una inversión marina temporal que cubrió tierras bajas, en donde quedaron estancadas las aguas, que después fueron diluidas por los cauces de los ríos, formándose pantanos con una vegetación en la que abundaron las cicadofitas, los helechos y otras plantas. En estos pantanos se siguió acumulando material orgánico, que dio origen a los mantos de carbón (Alencáster, 1961a). La sucesión de capas de carbón y caliza yesífera se acumuló en la llamada Cuenca de San Marcial (Alencáster, 1961a, p. 5).

Las secciones observadas en Santa Clara y San Marcial apoyan litológica y paleontológicamente la conclusión de que estos estratos cárnicos son de facies palustre. En cam-

bio, más al norte, en la paleobahía del Antimonio (Alencáster, 1961a, p. 5), existe un área donde se acumularon sedimentos clásticos y calcáreos, con una fauna rica en amonitas, de facies nerítica. La ausencia de estratos triásicos al norte y noreste de Sonora, así como en el vecino Estado de Chihuahua, indica que estas regiones fueron altas y constituyeron la fuente de los sedimentos.

#### Formación Huizachal

Los estudios sobre la flora de la Formación Huizachal, en el Estado de Tamaulipas, son más recientes que los de Sonora.

El conocimiento de esta formación y el hallazgo de su flora, se deben principalmente al Ing. José Carrillo-Bravo, de Petróleos Mexicanos, quien descubrió localidades con plantas y envió para su estudio el material a S. H. Mammay y Richard A. Scott, del U. S. Geological Survey. Anteriormente, tanto en 1947 como en 1958, Robert B. Mixon colectó plantas de esta formación que fueron estudiadas por Roland W. Brown, del U. S. National Museum.

En el Estado de Hidalgo, el mismo Ing. Carrillo encontró afloramientos con plantas de la Formación Huizachal, cuyo material fue cedido gentilmente a la autora para su estudio (Silva, 1963; Carrillo, 1965).

Recientemente, el Ing. Enrique Espinoza (comunicación oral) encontró plantas del Triásico Superior en la Sierra de Catorce, San Luis Potosí, en capas que probablemente correspondan a la misma Formación Huizachal.

La Formación Huizachal (Imlay *et al.*, 1948, p. 1753, enmendada por Carrillo-Bravo, 1961, p. 34), es un depósito continental constituido por una secuencia de lutitas arenosas, areniscas y conglomerado de color rojo, verde y gris verdoso, que en ocasiones alcanza más de 2,000 m de espesor. Aflora tanto en el Anticlinorio Huizachal-Peregrina como en el Anticlinorio de Huayacocotla y, por lo tanto, presenta una amplia distribución en varias localidades de los Estados de Tamaulipas, Hidalgo, Veracruz y Puebla. Tiene su localidad tipo en el valle del Huizachal, aproximadamente a 20 km al suroeste de Ciudad Victoria, Tamaulipas, pero aflora con mayor amplitud en el Cañón de la Boca, al noroeste de esta ciudad.

La Formación Huizachal fue considerada como grupo por Mixon y colaboradores (1959, p. 757), para designar las capas rojas que afloran en la región de Ciudad Victoria. Dentro del Grupo Huizachal consideraron dos formaciones: la Formación La Boca, que abarcaría los estratos del Triásico Superior, y la Formación La Joya, para las rocas del Jurásico. Esta terminología no fue aceptada debido a que esa división es de carácter muy local (Carrillo-Bravo, 1961, p. 32), y causaría confusión al correlacionar estas formaciones fuera de su localidad tipo, donde los sedimentos de esta edad son muy diferentes. Así pues, se conserva el nombre de Formación Huizachal para todas las capas rojas del Triásico Superior, y el de Formación La Joya para sedimentos rojos de la base del Jurásico Superior.

La edad de la formación ha sido muy discutida. Algunos autores la han considerado del Jurásico Medio, con la parte basal no más antigua que Jurásico Inferior (Erben, 1956, p. 31). Contiene plantas bien conservadas de edad triásica tardía en la parte media e inferior, entre las que se encuentran *Pterophyllum fragile* Newberry, *Pterophyllum inaequale* Fontaine, *Cephalotaxopsis carolinensis* Fontaine y fragmentos de *Podozamites*, que fueron colectados en el Cañón del Novillo, cercano a Ciudad Victoria y cerca de la parte basal de la formación, en el Cañón de La Boca, por Carrillo-Bravo (1961). También colectó fragmentos de madera fósil en el Cañón de Guayabas, que fueron identificados como *Araucarioxylon* y fragmentos de tallos de *Equisetites*; ambos géneros son frecuentes durante el Mesozoico.

En la parte basal de la Formación Huizachal, que aflora sobre el camino Tlahualompa a San Mateo, entre los Estados de Hidalgo y Veracruz, se encuentra una flora abundante constituida por los helechos *Thaumatopteris*, *Todites* y *Metensides*, por la pteridosperma del género *Stenopteris* y por las cicadofitas *Otozamites* y *Pterophyllum* (Silva, 1963). De la parte alta de esta misma formación se describió una flora constituida por *Otozamites hespera*, *Otozamites reglei*, *Ptilophyllum acutifolium* y *Williamsonia netzahualcoyotlii*, que se consideró del Jurásico Inferior (Carrillo-Bravo, 1961, p. 45; 1965, p. 84).

Tomando en cuenta las relaciones estratigráficas y el contenido fosilífero, Carrillo-Bravo (1965, p. 84) asigna una edad triásica tardía para la parte inferior y media de la Formación Huizachal, y posiblemente liásica temprana para la parte alta. Esta formación es correlacionable con otras unidades litológicas que afloran en el sur de Coahuila, este de Durango, norte y sur de San Luis Potosí, oeste y sur de Tamaulipas, sur de Nuevo León, este de Hidalgo y norte de Veracruz (Erben, 1956, p. 3). Es muy probable que algunos lechos rojos de la región de Teziutlán, Puebla, sean de edad

triásica, ya que están afectados por un fuerte diastrofismo que ocurrió entre el tiempo de depósito de las capas rojas y el Jurásico Superior, como sucede en la región de Ciudad Victoria, Tamaulipas (Carrillo-Bravo, 1961, p. 35). Durante todo el Triásico, esta zona permaneció emergida y a fines de este período se depositaron sedimentos rojos de origen continental (Carrillo-Bravo, 1965, p. 93).

Algunas capas que contienen plantas se han considerado erróneamente de edad triásica, como las que se encuentran en algunas localidades de los Estados de Oaxaca y Puebla; Aguilera (1907, p. 232) mencionó la presencia de géneros y especies idénticos a los de Los Bronces, en el Estado de Sonora y los incluyó en su "Serie Neotriásica" de México.

#### Formación Todos Santos

La Formación Todos Santos (Sapper, 1899) es otro depósito continental cuya edad ha sido muy discutida por la ausencia de fósiles determinables. Sapper (1899) definió esta formación por primera vez en Guatemala, y le asignó una edad triásica; la misma fue aceptada por Böse (1905). Müllerried (1942) consideró esta formación de edad jurásica temprana. Para algunos autores comprende todo el Jurásico (Müllerried, 1936, p. 36, 37) o parte del Triásico Superior y Jurásico (López-Ramos, 1969) y otros suponen que se extiende del Jurásico Superior al Cretácico Inferior (Richards, 1963, Viniegra, 1971). Webber y Ojeda (1957, p. 21) señalan que la Formación Todos Santos cubre una amplia región en Chiapas, entre el pueblo de Villaflores y la frontera con Guatemala, y opinan que por el tipo de sedimentación y las condiciones en que se depositaron los sedimentos, es poco probable que se encuentren fósiles. Consideran a la Lutita Jaltenango, de edad jurásica, como la porción superior de la Formación Todos Santos, a la que asignan una edad postpérmica y prejurásica, probablemente triásica. En esta formación se han encontrado restos de plantas indeterminables.

Existen otras rocas continentales pertenecientes al Triásico Tardío, donde hasta ahora no se han encontrado plantas fósiles, que pertenecen a las siguientes formaciones:

Formación Chapolapa (de Cserna, 1965) que tiene su localidad tipo en una extensa área al este y sureste del poblado Acahuizotla, en el valle del Río Chapolapa, en el Estado de Guerrero; también aflora en una región al sur de Coapango y en la ladera meridional de los cerros Zinacantlán y Alto de Tepeguaje. Se le asigna una edad triásica tardía-jurásica temprana.

Formación Nazas (Pantoja-Alor, 1963), está situada en Durango, al oeste de Torreón, Coahuila. Tiene su localidad tipo en el levantamiento de Villa Juárez sobre el Río Nazas. Por su posición estratigráfica y litología, se considera que esta formación se depositó durante el Triásico Tardío y se correlaciona con la Formación Huizachal del Anticlinorio de Huayacocotla (Carrillo-Bravo, 1961).

López-Ramos (1974, p. 379) señala que las rocas continentales del Triásico rellenan las fosas tectónicas, tanto en el Distrito de Tampico en San José de las Rusias, como en la región de Huaxcamá, en la parte central de San Luis Potosí.

Los depósitos marinos del Triásico Superior, principalmente de Zacatecas, San Luis Potosí y Sonora, indican la presencia de un mar continuo. Para Burekhardt (1930) el

mar del Triásico ocupó temporalmente regiones más o menos limitadas del país, sin alcanzar jamás una extensión considerable. Hubo una transgresión marina cuando el mar cárnico invadió la parte central de México y el noroeste del Estado de Sonora (Burckhardt, 1930, p. 7) extendiéndose probablemente hasta Baja California (López-Ramos, 1974). López-Ramos (1974, p. 379) señala que, debido a que la información sobre el Triásico es muy escasa, aún no es posible conocer con certeza la existencia de los mares triásicos y la posible comunicación entre los mares de Sonora, Baja California y los de la parte central del país, por lo que el mapa paleogeográfico es tentativo (Figura 1).

#### CLIMA DEL TRIASICO

Durante el Pérmico, Triásico y Jurásico, en las floras del norte existieron coníferas con anillos grandes, que es una característica presentada por árboles de latitudes altas, ginkgofitas y escasos helechos y cicadofitas. En el sureste de Australia entre los 30 y los 35° de latitud sur, tanto en el Triásico como en el Jurásico, las floras fueron claramente tropicales. En cambio, en Grahamland, situada a los 67° de latitud sur, el clima fue de cálido templado a templado con abundantes coníferas (Axelrod, 1963, p. 3260).

La flora del Triásico Temprano comprende tres regiones paleoflorísticas principales: Angara, Euramericana y Gondwana (Barnard, 1973, p. 175). La región paleoflorística de Angara comprende el norte de Asia y noreste de la U.R.S.S., y su flora más típica consiste en el helecho del género *Lobatopteris*, la sphenopsida del género *Neokoretrophyllites* y la pteridosperma del género *Tersiella*, considerándose para esta región, en la zona de Siberia, una temperatura fría o probablemente templada (Barnard, 1973, p. 177). La región paleoflorística Euramericana ocupa una faja entre los 15 y los 55° de latitud norte; corresponde al oeste de Europa y este de América del Norte, con una flora que se distingue por la presencia de la sphenopsida del género *Schizoneura*, asociada con la conífera del género *Voltzia*. Para esta flora se ha señalado un clima de subtropical a templado. En el Hemisferio Sur, abajo de los 30° de latitud sur, se encuentra la región paleoflorística de Gondwana, con una abundante flora en la que predominó el género *Dicroidium*, una pteridosperma que existió desde el Triásico Temprano hasta el Cárnico (Barnard, 1973, p. 177). A esta flora se le llamó flora de *Dicroidium*; abarca una faja en el Hemisferio Sur aproximadamente desde los 30 hasta los 60° de latitud sur. *Thinfeldia* es otro género de pteridosperma muy abundante en esta provincia. El género *Lepidopteris* también formó parte de la flora de *Dicroidium*, siendo muy abundante tanto en el Triásico Inferior como en el Medio, en Argentina, Natal y Australia. Este género existió en Europa en el Pérmico Superior, pero está ausente en el Triásico Inferior y Medio, y volvió a aparecer hasta el Triásico Superior, en tanto que en Norteamérica no se ha registrado (Barnard, 1973, p. 177). En esta provincia también existieron algunas coníferas, como los géneros *Rissikia* y *Mataia*.

Una nueva flora se desarrolló en todo el mundo al final del Triásico Medio. En el Hemisferio Norte se presentaron mejores condiciones que permitieron la aparición de nuevos tipos de cicadofitas, coníferas, helechos y ginkgofitas (Wesley, 1973, p. 337). En general, éstos fueron los

grupos dominantes durante el Triásico, Jurásico y Cretácico Temprano, citados en orden de abundancia (Dorf, 1970, p. 340).

En el Triásico Tardío, Wesley (1973, p. 337) menciona dos provincias en el Hemisferio Norte, una más al norte, que comprende una flora más o menos uniforme, caracterizada por la presencia de *Thaumatopteris* (Dipteridaceae). Esta provincia comprende el este de Groenlandia, Suecia, Francia, Rumania, Polonia, Rusia, Siberia y oeste de Japón. La otra provincia cercana al Ecuador, comprende Tonkin, China, Pamir, Irán, Armenia, México y Honduras Británica.

Aunque sí existieron provincias paleoflorísticas, la uniformidad de las floras del Paleozoico parece haberse continuado al Triásico, ya que el Hemisferio Sur contiene grupos taxonómicos que también existieron en el Hemisferio Norte.

En los Estados Unidos, las localidades del Triásico Tardío se encuentran en Arizona, en la Formación Chinle del Cárnico y Nórico, donde se ha registrado la primera aparición, tanto de la familia Dipteridaceae como de las Bennettiales (Barnard, 1973, p. 179). En esta región, la flora presenta una vegetación de pradera tropical, en la que predominan las cicadofitas, helechos tropicales y araucarias. La flora de Newark, que está distribuida de Virginia a Connecticut, contiene cicadofitas y helechos muy abundantes y bien desarrollados, con coníferas y ginkgofitas muy escasas. Se considera para esta región una temperatura de cálido-templada a tropical. En esta flora las plantas tienen las hojas mucho más grandes que las de la Formación Chinle, lo cual sugiere que el clima fue mucho más húmedo en la costa oriental de Estados Unidos, que en la occidental (Axelrod, 1963, p. 3258).

La flora que se encuentra al sur de Scoresby, en Groenlandia (Harris, 1926), está constituida aproximadamente por el 40% de coníferas y numerosas ginkgofitas; y aunque las cicadofitas y los helechos están presentes, son escasos y mucho menos desarrollados que los de la flora tropical de Newark (Axelrod, 1963).

En América del Sur, tanto la flora del Cárnico de Barreal en la provincia de San Juan, Argentina, como la flora de La Ternera, en Chile, contienen al género *Dicroidium* de las pteridospermas, así como helechos de la familia Dipteridaceae (Barnard, 1973, p. 179). En África del Sur, esta misma familia se encuentra en el Cárnico de Molteno, así como en Australia, en el Cárnico de Queensland. En Europa, la familia Dipteridaceae y las Bennettiales se encuentran también en el Cárnico de Austria y Suiza, en tanto que en Asia, esta misma familia existe en floras del Rético de Tonkin, de Vietnam y en el Cárnico de Japón.

Recientemente, Ash (1977) reconoce tres zonas florales, a base de megafósiles, en el Triásico Superior de Norteamérica. La más antigua sería la zona de *Eoginkgoites*, del Cárnico medio, que se encuentra en el Miembro Shinarump de la Formación Chinle en Utah y Arizona, en la Formación Lockatong, de Pennsylvania y en la Formación Pekín de Carolina del Norte. Esta zona incluye *Eoginkgoites*, *Zamia* n. sp., *Z. powelli* y estructuras vegetales llamadas "discos rojos". Arriba de la zona anterior, considera a la zona de *Dinophyton* del Cárnico tardío, que se encuentra en los Miembros Petrified Forest y Monitor Butte, de la Formación Chinle, en Utah, Arizona y el oeste de Nuevo México, en el Grupo Dockum del este de Nuevo México y áreas ad-

yacentes de Texas, así como en las formaciones New Oxford de Pennsylvania y Cumnock, de Carolina del Norte. Este contiene una flora muy abundante que incluye, además del enigmático género *Dinophyton*, a *Nilssoniopteris* sp. A, *Z. powelli*, y varios helechos. Ash señala que la zona más joven que no nombró la constituye la flora de la Formación Santa Clara, de Sonora, que considera compuesta por abundantes helechos y cicadofitas, escasamente conocidos, a los que asigna una posible edad rética. La autora considera que la flora de Santa Clara probablemente pertenezca a una de las dos primeras zonas, ya que contiene a *Zamites powelli* (Humphreys, 1916) por un lado y, por otro, su edad cárnica ha sido establecida claramente. Como ya se dijo, las capas con plantas están asociadas a invertebrados marinos de esta edad (Alencáster, 1961b; Silva, 1961).

Respecto al clima de México durante el Triásico, solamente las floras bien conservadas, y por lo tanto reconocibles, permitirán obtener conclusiones. Como ya se señaló, tanto la flora del Triásico Superior del noroeste del país, como la de la parte centro-oriental, está constituida por abundantes helechos y cicadofitas, con Equisetales y pteridospermas en menor proporción. Tomando en cuenta que las cicadofitas y los helechos son plantas características de climas tropicales y subtropicales en la actualidad, la conclusión de que el clima de ese tiempo fue cálido y húmedo seguramente es válida. Por otro lado, la presencia de Equisetales indica también que el clima era húmedo, ya que *Equisetum*, el único género sobreviviente de este grupo, está restringido a ambientes muy húmedos, pues estas plantas viven a las orillas de lagos, lagunas y ríos o en bosques muy húmedos, por lo que Archangelsky (1970, p. 83) considera que la presencia de articuladas fósiles sugiere ambientes palustres o zonas pantanosas. Además, la escasez de Ginkgoales y Coniferales también está en favor de esta conclusión.

#### REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Aguilera, J. G., 1907, Aperçu sur la géologie du Mexique pour servir à l'explication de la carte géologique de l'Amérique du Nord: México, Cong. Geol. Internal. 10, Compt. Rend., p. 227-248.
- Alencáster, Gloria, 1961a, Estratigrafía del Triásico Superior de la parte central de Sonora: Univ. Nal. Autón. México, Inst. Geología, Paleontología Mexicana 11, pte. 1, 18 p.
- 1961b, Fauna fósil de la Formación Santa Clara (Cárnica) del Estado de Sonora: Univ. Nal. Autón. México, Inst. Geología, Paleontología Mexicana 11, pte. 3, 44 p., 6 lám.
- Archangelsky, Sergio, 1970, Fundamentos de paleobotánica: La Plata, Argentina, Fac. Cienc. Nat. y Mus., Ser. Téc. Didáct. 10, 347 p., 22 lám.
- Arnold, C. A., 1947, An introduction to paleobotany: New York, McGraw-Hill, 433 p.
- Ash, S. R., 1977, Upper Triassic floral zones of North America: North Am. Paleont. Convention 2. Resúmenes; Jour. Paleontology, v. 51, supl. 2, pte. 3, p. 1, (resumen).
- Axelrod, Daniel, 1963, Fossil floras suggest stable, not drifting, continents: Am. Geophys. Union Trans., p. 3257-3263.
- Barnard, P. D. W., 1973, Mesozoic floras: in Hughes, N. F., ed., Organisms and continents through time. Paleont. Assoc. London, Spec. Paper Paleontology 12, p. 175-188.
- Böse, Emilio, 1905, Reseña acerca de la geología de Chiapas y Tabasco: Inst. Geol. México, Bol. 20, 116 p., 1 lám.
- Burckhardt, Carl, 1930, Etude synthétique sur le Mesozoïque mexicain: Mém.Soc.Paléont.Suisse, v. 49-50, 280 p., 18 tab.
- Carrillo-Bravo, José, 1961, Geología del Anticlinorio Huizachal-Peregrina al NW de Ciudad Victoria, Tamps.: Bol. Asoc. Mex. Geólogos Petroleros, v. 13, p. 1-98.
- 1965, Estudio geológico de una parte del Anticlinorio de Huayacocotla: Bol. Asoc. Mex. Geólogos Petroleros, v. 17, p. 73-96.
- Cserna, Zoltan de, 1965, Reconocimiento geológico en la Sierra Madre del Sur de México entre Chilpancingo y Acapulco, Estado de Guerrero: Univ. Nal. Autón. México, Inst. Geología, Bol. 62, 76 p.
- Darrah, C. D., 1960, Principles of paleobotany: New York, Ronald Press, 295 p.
- Delevoryas, Theodore, 1973, Postdrifting Mesozoic floral evolution: in Meggers, B. J., Ayensu, E. S., and Duckworth, W. D. (eds.), Tropical forest ecosystems in Africa and South America: a comparative review. Washington, D.C., Smithsonian Inst. Press, p. 9-19.
- Delevoryas, Theodore, y Gould, R. E., 1973, Investigations of North American cycadeoids; Williamsonian from the Jurassic of Oaxaca, Mexico: Rev. Palaeobot. Palynol. (Amsterdam), v. 15, p. 27-42.
- Dorf, Erling, 1970, Paleobotanical evidence of Mesozoic and Cenozoic climatic changes: Chicago, North Am. Paleont. Convention, Proc. D, p. 323-346.
- Erben, H. K., 1956, El Jurásico Inferior de México y sus amonitas: México, D. F., Cong. Geol. Internal., 20, Monogr., 393 p., 41 lám.
- Harris, T. M., 1926, Note on a new method for the investigation of fossil plants: New Phytologist, v. 25, p. 58-60.
- 1961, The Yorkshire Jurassic floras; Tallophytes and Pteridophytes: London, British Mus. (Nat. History), 212 p.
- Humphreys, E. W., 1916, Triassic plants from Sonora, Mexico, including a *Neocalamites* not previously reported from North America: New York Botan. Garden, Mem. 6, p. 75-78, 1 lám.
- Imlay, R. W., Cepeda, Edmundo, Alvarez, Manuel, y Díaz, Teodoro, 1948, Stratigraphic relation of certain Jurassic formations in eastern Mexico: Am. Assoc. Petroleum Geologists Bull., v. 32, p. 1750-1761.
- King, R. E., 1939, Geological reconnaissance in northern Sierra Madre Occidental of Mexico: Geol. Soc. America Bull., v. 50, p. 1625-1722, 9 lám.
- López-Ramos, Ernesto, 1969, Geología del sureste de México y norte de Guatemala: Guatemala, ICAITI Publ. Geol. 2, p. 57-67.
- 1974, Geología general y de México: México, D. F., 507 p.
- Mixon, R. B., Murray, G. E., y Díaz-González, Teodoro, 1959, Age and correlation of Huizachal Group (Mesozoic), State of Tamaulipas, Mexico: Am. Assoc. Petroleum Geologists Bull., v. 43, p. 757-771.
- Müllerried, F. K. G., 1936, Estratigrafía preliminar del Esta-

- do de Chiapas: Bol. Soc. Geol. Mexicana, v. 9, p. 31-41.
- Müllerried, F. K. G., 1942, The Mesozoic of Mexico and northwestern Central America: Washington, D. C., Proc. Am. Sci. Cong., v. 8, p. 126-147.
- Newberry, J. S., 1876, Exploring expedition from Santa Fe, New Mexico, to the junction of the Grand and Green Rivers of the Great Colorado of the West: Washington, D. C., U. S. Army Eng. Dept., Geol. Rept., p. 137-148, lám. 4-8.
- Pantoja-Alor, Jerjes, 1963, Hoja San Pedro del Gallo 13 R- (3) con Resumen de la geología de la Hoja San Pedro del Gallo, Estado de Durango: Univ. Nal. Autón. México, Inst. Geología, Carta Geol. México, Serie de 1:100,000, mapa con texto.
- Person, C. P., 1976, The Middle Jurassic of Oaxaca, Mexico: Austin, Texas Univ., tesis doctoral, 145 p., 27 lám., (inérita).
- Richards, H. G., 1963, Stratigraphy of earliest Mesozoic sediments in southeastern Mexico and western Guatemala: Am. Assoc. Petroleum Geologists Bull., v. 47, p. 1861-1870.
- Salas, G. P., 1976, Reservas y exploración por carbón en México: México, D. F., Cons. Rec. Minerales, 11 p.
- Sapper, Karl, 1899, Sobre la geografía física y la geología de la Península de Yucatán: Inst. Geol. México, Bol. 3, 57 p., 6 lám.
- Silva-Pineda, Alicia, 1961, Flora fósil de la Formación Santa Clara (Cárnico) del Estado de Sonora: Univ. Nal. Autón. México, Inst. Geología, Paleontología Mexicana 11, pte. 2, 30 p., 6 lám.
- 1963, Plantas del Triásico Superior del Estado de Hidalgo: Univ. Nal. Autón. México, Inst. Geología, Paleontología Mexicana 18, 12 p., 7 lám.
- 1978, Paleobotánica del Jurásico de México: Univ. Nal. Autón. México, Inst. Geología, Paleontología Mexicana 44, pte. 1, p. 1-16.
- Viniegra-Osorio, Francisco, 1971, Age and evolution of salt basins of southeastern Mexico: Am. Assoc. Petroleum Geologists Bull., v. 53, p. 478-494, 10 fig.
- Webber, B. N., y Ojeda-Rivera, Jesús, 1957, Investigación sobre lateritas fósiles en las regiones sureste de Oaxaca y sur de Chiapas: Inst. Nal. Rec. Minerales (México), Bol. 37, 67 p.
- Wesley, Alan, 1973, Jurassic plants: in Hallam, A., ed., Atlas of paleobiogeography. Amsterdam, Elsevier, p. 329-338.
- 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. Direct. Invest. Rec. Minerales (México), Bol. 9, 108 p., 8 lám.