

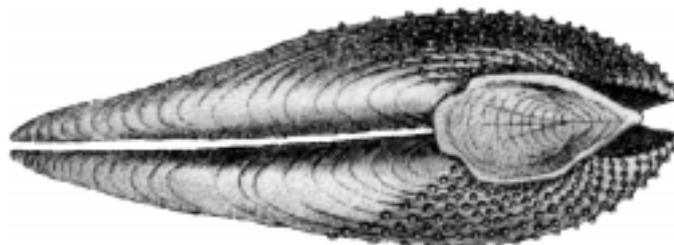
En los últimos 600 millones de años (Fanerozoico), los procesos que comprende la tectónica global, es decir, la expansión del fondo oceánico, la tectónica de placas y la deriva continental, han provocado grandes cambios en la configuración geográfica de la Tierra, éstos han repercutido en el establecimiento o eliminación de vías de comunicación entre diferentes ecosistemas y también han influido de manera determinante en la com-

en la corteza terrestre y la configuración que ésta tuvo en el pasado. Entre dichos métodos se encuentran: 1) los estudios del paleomagnetismo, 2) los análisis sedimentarios enfocados a determinaciones paleoambientales y paleoclimáticas, y 3) los estudios de los patrones tectónicos. Todos estos métodos han brindado información sobre la posición latitudinal y la orientación que con respecto a los polos magnéticos de la Tierra tuvieron en el pasado las

los datos sobre la distribución espacial y temporal de los organismos en el pasado —lo que resalta el papel que han desempeñado los análisis paleobiogeográficos del registro fósil, que han permitido establecer la existencia de antiguas conexiones o barreras geográficas y climáticas entre diferentes regiones.

La configuración geográfica de la Tierra durante los tiempos precámbricos (hace 4 500 a 600 millones de años) es

## LA FAUNA DEL PALEOZOICO



Francisco Sour Tovar  
Sara A. Quiroz Barros

posición de las comunidades orgánicas. Por ello, las reconstrucciones paleogeográficas poseen un interés especial para los estudiosos de la fauna y la flora del pasado, para quienes buscan explicaciones históricas a los patrones de distribución de los organismos actuales, así como para quienes intentan comprender con detalle la historia geológica de la Tierra.

Con estos objetivos en mente, se ha recurrido a diferentes métodos para tratar de establecer los cambios que se han dado

diferentes partes de la corteza terrestre que forman a los continentes actuales. En especial, los estudios de los patrones tectónicos, al estudiar la ubicación de zonas montañosas antiguas y analizar los procesos de deformación, metamorfismo o vulcanismo que se pueden detectar en las capas de la corteza terrestre han permitido inferir la existencia de antiguos límites entre placas tectónicas.

La información geológica que se obtiene de estos métodos se ha integrado con

aún incierta, pero existe la idea de que a finales del Neoproterozoico (finales del Precámbrico), la mayoría de las fracciones de la corteza terrestre que actualmente forman a los continentes se encontraban agrupadas en una sola masa continental, Rodinia, que se fraccionó en la transición al Cámbrico.

Debido a que los datos paleomagnéticos no resultan del todo confiables en rocas de edades premesozoicas (de más de 240 millones de años de antigüedad), las

reconstrucciones paleogeográficas que se han realizado en los diferentes periodos de la era paleozoica se basan preferentemente en estudios tectónicos, sedimentológicos y paleontológicos. La conjugación de estos análisis ha permitido reconstruir a gran escala los cambios geográficos que sufrió la Tierra desde el inicio del Cámbrico hasta el fin del Pérmico. Los mapas de la Figura 1 fueron realizados de acuerdo con las ideas de diversos investigado-

comprendió la parte de Rusia al oeste de los Urales, Escandinavia, Polonia y el norte de Alemania. 4. Siberia, que estuvo formada por lo que actualmente es la parte de Rusia ubicada al este de los Urales, la parte de Asia que actualmente se encuentra al norte de Kazakhstania y la parte sur de Mongolia. 5. Kazakhstania, que fue el continente de menores dimensiones y abarca la actual región de Kazakhstania. 6. China, constituida por el sudeste

certeza ciertas regiones netamente continentales que existieron en Gondwana, el este de Siberia y Kazakhstania central.

Esta configuración geográfica se mantuvo con pocos cambios hasta la transición ordovícico-silúrica (440 millones de años atrás), cuando Gondwana se movió rotando 40° en el sentido de las manecillas del reloj y se dirigió hacia el Polo Sur, hasta colocarse en una posición polar que se evidencia por el hallazgo de diversos



*Restos de Trilobite Asaphollus Aspinus del Cámbrico-Ordovícico de Oaxaca. Foto Héctor Hernández-Campos. Cortesía Francisco Sour.*

res y describen estos cambios a través de los diferentes periodos paleozoicos. Existen otras propuestas, pero en general se mantiene el esquema global en el que se postula que a inicios del Paleozoico existieron seis grandes masas continentales como unidades principales y bien establecidas. Estas unidades son: 1. Gondwana, compuesta por Sudamérica, Africa, Antártida, Australia e India. 2. Laurentia, que agrupa a Norteamérica, Groenlandia, Escocia y el este de Rusia. 3. Báltica, que

de Asia (China, Tailandia, Malasia e Indochina).

Se cree que a inicios del Cámbrico (hace 570 millones de años) estos continentes eran independientes entre sí. Todos se encontraban en latitudes bajas del Hemisferio sur y su posición permitía la libre circulación de las corrientes oceánicas. Al no existir casquetes polares, la mayor parte de estos continentes estaba cubierta por mares someros y posiblemente carentes de origen. Se han reconocido con

depósitos de tilitas (rocas que sólo se forman en ambientes glaciares). Al mismo tiempo, Báltica se movió hacia el sur y posteriormente hacia el norte, chocando con Laurentia (iniciando la formación del continente de Laurusia). Por otro lado, Siberia se desplazó hacia el norte, pasando por el Ecuador, y llegó hasta latitudes templadas.

Durante el Devónico (410-360 millones de años) continuó la colisión Báltica-Laurentia y con ello la llamada Oro-

genia Caledoniana alcanzó su máximo desarrollo. Esta colisión afectó igualmente el este de Laurentia, donde se manifestó, en lo que actualmente es Norteamérica, con la Orogenia Acadiana que formó el cinturón Apalachiano, con la Orogenia Antler en la región de la Cordillera, y la Orogenia Ellesmere en la margen norte. En el este del continente Báltica, esta colisión formó parte de los Urales. Durante este periodo Gondwana se movió hacia latitudes altas en el Hemisferio sur y los continentes restantes se desplazaron hacia latitudes bajas en el Hemisferio norte. Durante este periodo y a lo largo del Carbonífero (360-285 millones de años) Gondwana se desplazó hacia el norte: primero giró sobre el Polo Sur, lo que conservó cuerpos glaciares sobre este continente, y después derivó hacia el Ecuador en dirección a la posición que en ese tiempo tenía Laurentia. El cierre paulatino del océano que separaba Gondwana de Laurentia, y que culminó hacia el fin del Carbonífero, originó diversos cinturones o cadenas montañosas como las de Ouachita, los Apalaches del sur y el Herciniano. En la región oriental, China y Kazakhstania chocaron con Siberia y el supercontinente Pangea empezó a tomar forma. Para

este periodo, la posición que se infiere del Ecuador en relación con las regiones continentales explica el desarrollo de las comunidades vegetales en la zona de contacto entre Laurentia y Siberia que dieron origen a los grandes depósitos de carbón de Norteamérica y Eurasia.

A finales del Pérmico, con la colisión entre Laurusia y Siberia–Kazakhstania–China, culmina el ensamble de Pangea, un supercontinente sobre el cual se extendieron grandes zonas áridas y que estuvo rodeado por un océano de distribución global, llamado Panthalasa.

Ubicar la historia geológica del territorio de México en este marco paleogeográfico global de la era paleozoica es sumamente complejo, y ello se refleja en el hecho de que gran parte del territorio mexicano actual no se representa en la mayoría de las reconstrucciones paleogeográficas propuestas. Los análisis tectónicos realizados hasta el momento han producido resultados diversos, algunos de ellos contradictorios. Sin embargo, existe un consenso general en el sentido de que actualmente nuestro territorio está constituido por una serie de terrenos o fragmentos de corteza que se han desplazado (y siguen desplazándose) en diferentes direcciones y momentos geológicos y

que se fusionaron hasta formar la corteza continental del México actual. Estos terrenos han sido definidos por las características y origen de su basamento y por las secuencias estratigráficas que se reconocen en ellos. En la figura 2 se presenta el modelo propuesto por diversos investigadores mexicanos, en el cual se esquematiza la localización de los catorce terrenos tectonoestratigráficos que se han reconocido en nuestro país. Llegar a conocer los orígenes, la historia geológica e incluso establecer los límites de cada una de estas unidades representa una serie de problemas cuyas posibles soluciones apenas se empiezan a perfilar.

Al analizar la descripción anterior de los cambios geográficos que ocurrieron durante la era paleozoica se evidencia que la distribución geográfica de los diferentes grupos de organismos marinos debió estar determinada por el establecimiento de conexiones o barreras geográficas y climáticas entre los cuerpos oceánicos así como el desarrollo de diferentes tipos de interacciones biológicas derivadas de esos procesos. Tomando en cuenta estos aspectos, diversos investigadores han analizado los patrones biogeográficos de la fauna marina y han propuesto la existencia de provincias o regiones en los mares pa-

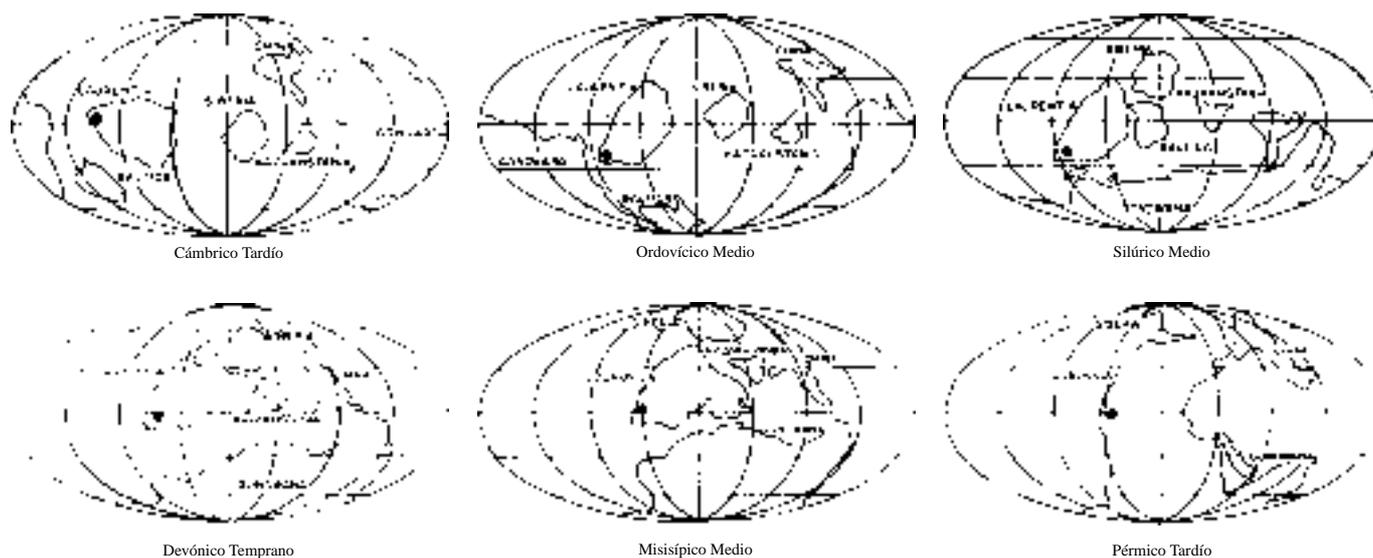


Figura 1. Reconstrucciones paleogeográficas de la Tierra a lo largo de la era Paleozoica. El asterisco señala la ubicación de la fracción de corteza correspondiente al territorio mexicano.

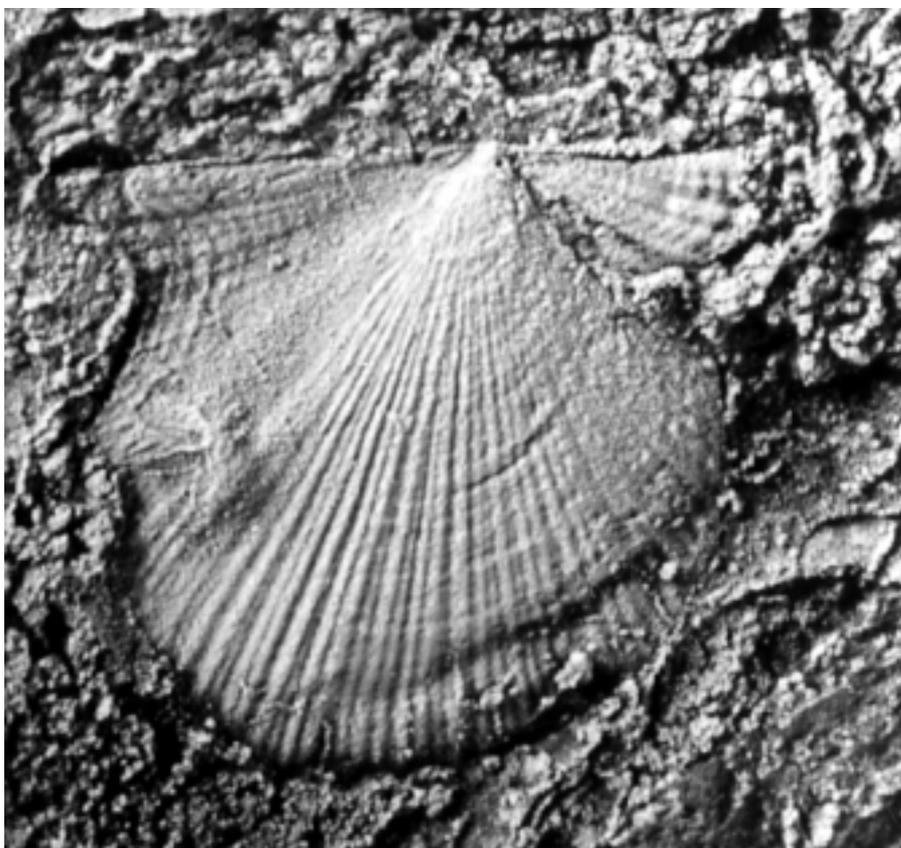
leozoicos, relacionando su existencia con los cambios que la deriva continental implicó. Tres ejemplos de estos patrones de distribución, en los que se enmarca una parte de las faunas paleozoicas de México, pueden ser ilustrativos.

#### LOS TRILOBITES OAXAQUEÑOS

El primer ejemplo se relaciona con los estudios que se han hecho de las comunidades fósiles del Tremadociano (Cámbrico superior–Ordovícico temprano, de alrededor de 505 millones de años) de Oaxaca y que han reflejado la existencia de grandes similitudes faunísticas con regiones de Norteamérica, Europa y Sudamérica. Los primeros análisis señalaban que las especies de trilobites oaxaqueños de esta edad eran muy similares a las halladas en localidades argentinas. Ello motivó que se pensara que en ese tiempo el terreno oaxaqueño se encontraba en el hemisferio sur, en una región costera de Gondwana. Esta idea se sumó al hecho de que las faunas, también de trilobites, del Cámbrico medio de Sonora tenían relaciones similares. Sin embargo, los estudios más recientes han demostrado que en las faunas de las localidades cámbrico-ordovícicas de Oaxaca existen similitudes faunísticas equivalentes a las de Norteamérica, Europa y Sudamérica, lo cual indica que la posición del Terreno Oaxaca durante el Cámbrico–Ordovícico corresponde en realidad a una región netamente oceánica que enlazaba las faunas de las tres regiones antes mencionadas. A estos datos se han sumado los de otros grupos existentes en Oaxaca, como braquiópodos, gasterópodos, nautiloideos y graptolitos. En este caso, el análisis de las rocas precámbricas del Complejo Oaxaqueño que soporta a la secuencia paleozoica de Nochixtlán, así como el estudio de las características tectónicas de los terrenos adyacentes, pueden dar la información clave que permita establecer con más detalle el origen primario, tanto de esta unidad tectonoestratigráfica como del territorio del sureste de México en general.



*Braquiópodo. Pensilvánico medio de Oaxaca. Foto Héctor Hernández-Campos.*



*Pelecípodo. Pensilvánico Medio de Oaxaca. Foto Héctor Hernández-Campos.*



Figura 2. Mapa de los terrenos tectono-estratigráficos de México. Cada uno de estos terrenos posee características propias en cuanto a su origen, procesos tectónicos a los que se han visto sujetos y las secuencias estratigráficas que presentan. (De acuerdo con las ideas de Ortega-Gutiérrez (1993) y Campa y Coney (1983).

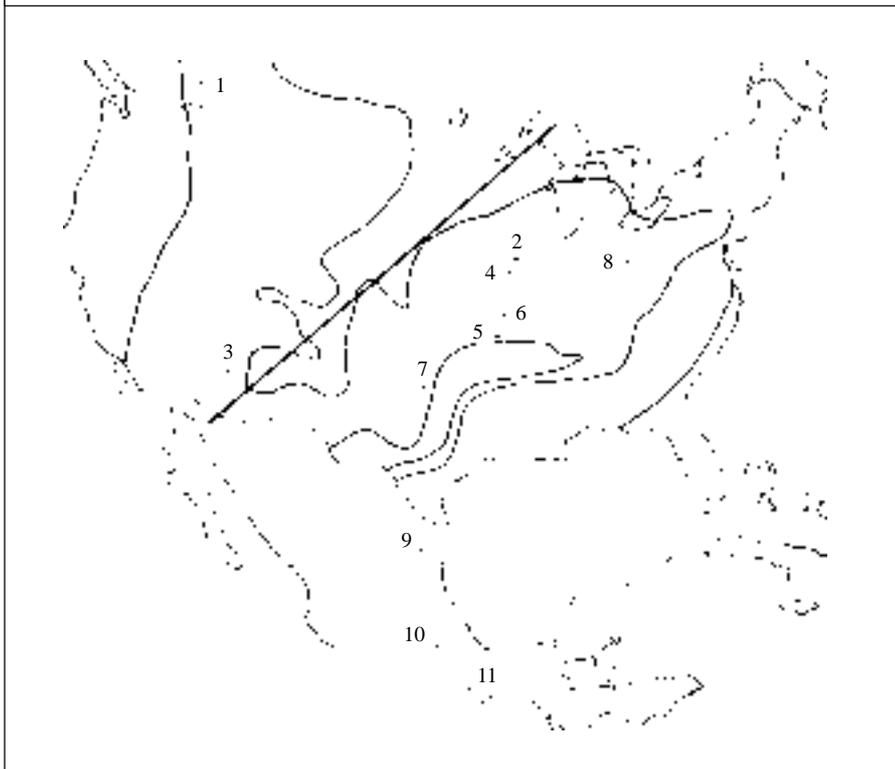


Figura 3. Los números 1-11 indican la ubicación actual de los afloramientos misisípicos de Norteamérica que presentan faunas similares. La línea marcada señala la posición relativa del Ecuador en ese tiempo.

El segundo ejemplo se refiere a la regionalización que se ha propuesto, con base en un análisis cuantitativo, para los braquiópodos del Silúrico-Devónico temprano. Durante este periodo, las faunas marinas pasaron de tener una distribución cosmopolita a un fraccionamiento paulatino que se manifestó muy claramente en el Devónico superior, con la existencia de seis regiones bien diferenciadas por las especies endémicas que se han encontrado en cada una de ellas. Ese fraccionamiento se puede explicar por medio de los cambios geográficos descritos anteriormente, ya que resalta el hecho de que exactamente durante este periodo de tiempo se acentuaron los movimientos que acercaron a los diferentes continentes paleozoicos entre sí, provocando cambios radicales en los patrones de circulación oceánica y estableciendo barreras entre diferentes regiones.

En México sólo se conoce un afloramiento con rocas y fósiles marinos de edad Silúrica-Devónica y se encuentra en el flanco este de la Sierra Madre Oriental, al norte de Ciudad Victoria, en el estado de Tamaulipas. Los estudios realizados han mostrado que la fauna (principalmente braquiópodos, trilobites y corales) es prácticamente idéntica a la encontrada en la Provincia Europea y en el Terreno Avalon que se ha descrito para la costa este de Norteamérica. Esta información, aunada a los estudios tectónicos, estratigráficos y sedimentológicos, indica que la fracción de corteza en que se encuentra el afloramiento mexicano tiene un origen tectónico exótico, es decir, se piensa que este terreno formó parte de una unidad tectónica mayor, ubicada en el continente de Laurentia, que se fraccionó durante el Silúrico-Devónico; una de sus partes, el Terreno Avalon, se incrustó en la costa este de Norteamérica y otra al sureste, formando parte de la Sierra Madre Oriental. Con ello se manifiesta claramente la complejidad de la evolución geológica y tectónica del llamado Terreno Sierra Madre, en donde segura-

mente los estudios posteriores demostrarán la existencia de otros terrenos exóticos, de diferentes edades y orígenes.

#### LA CONEXIÓN OAXACA—TAMAULIPAS

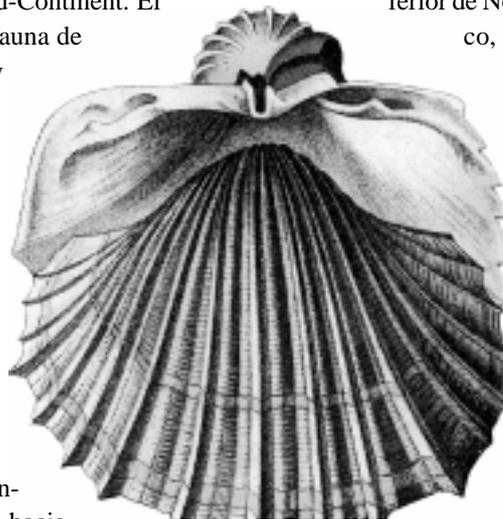
El tercer ejemplo lo constituyen los resultados que se han obtenido al estudiar los afloramientos de rocas carboníferas de la región de Nochixtlán, Oaxaca, (Formaciones Santiago e Ixtaltepec), y los afloramientos que se encuentran al norte de Ciudad Victoria (Formación Vicente Guerrero). En estas tres formaciones se ha encontrado una gran variedad de organismos bentónicos que vivieron sobre los fondos de ambientes marinos someros y cálidos, cercanos a antiguas líneas costeras.

Las rocas de las formaciones Santiago y Vicente Guerrero son de la misma edad (Misisípico Inferior), y aun cuando las condiciones de depósito son muy diferentes, las especies de invertebrados que se han encontrado en ellas son parecidas. Al mismo tiempo, las faunas en su conjunto son sumamente parecidas a las que se han hallado en localidades del centro-este de Estados Unidos (Iowa, Illinois, Ohio, Missouri, Kentucky, Arkansas y Texas), y que conforman la Paleoprovincia del Mid-Continent. Esta similitud está dada principalmente por la asociación de diversas especies de braquiópodos, bivalvos, gasterópodos, briozoarios, corales, crinoideos y otros invertebrados.

Al analizar la fauna pensilvánica de la Formación Ixtaltepec de Oaxaca se observa una relación parecida, en la que se acentúa la similitud con las faunas del Mid-Continent. Estos resultados repercuten directamente en las interpretaciones paleogeográficas y tectónicas que se han dado en relación con la configuración geográfica que tuvo el territorio de México durante el Paleozoico superior, y sobre el posible origen de los terrenos tectonoestratigráficos que conforman su corteza.

En primer lugar, se hace evidente que ya durante el Misisípico inferior las fracciones litosféricas en que se encuentran

los afloramientos paleozoicos de Oaxaca y Tamaulipas se encontraban en una posición latitudinal muy semejante a la del mar epicontinental que representa la Provincia del Mid-Continent. El hecho de que la fauna de braquiópodos y otros grupos que por lo menos se han estudiado en Oaxaca sea semejante a la de localidades del centro-este de Estados Unidos, indica que durante el Carbonífero el Mid-Continent se extendía hacia el oeste de los Apalaches, llegando hasta lo que actualmente es Oaxaca, y que a lo largo de lo que hoy es la Provincia Geológica de la Sierra Madre y la Subprovincia de Tlaxiaco, se desarrolla-



*Las reconstrucciones paleogeográficas poseen un interés especial para los estudiosos de las faunas y las floras del pasado y para quienes buscan explicaciones históricas a los patrones de distribución de los organismos actuales.*

ron comunidades marinas con una composición faunística semejante a la de las localidades norteamericanas. En Norteamérica, la fauna del Mid-Continent se mantuvo aislada, durante todo el Paleozoico superior de aquellas que se han descrito para la región este de los Apalaches, por medio de la barrera geográfica que representó la llamada Cuenca de Oauchita. Sin embargo, los datos de las faunas carboníferas mexicanas indican que esa barrera se desvanecía hacia el oeste, permitiendo la convergencia geográfica y dando origen a la combinación de fauna del Mid-Continent y de los Apalaches. Este hecho se ha detectado en afloramientos del Carbonífero de México, como son los casos de Patlanoaya, en Puebla y los de Nochixtlán, en Oaxaca, donde también se

han encontrado especies relacionadas con las de la Provincia Apalachiana.

La figura 3 representa la ubicación de los afloramientos del Carbonífero Inferior de Norteamérica y Méxi-

co, y en ella podemos ver que existe un aparente desplazamiento hacia el este de la línea norte-sur que siguen los afloramientos desde Canadá hasta México. Este corrimiento se puede explicar de diversas maneras.

Por ejemplo, con la existencia de una gran falla, la llamada megacizalla Mojave-Sonora, que ha provocado un desplazamiento de grandes dimensiones entre diferentes partes del territorio mexicano. Sin

embargo la comprensión de los procesos tectónicos que han afectado a la corteza de México apenas se empieza a generar.

Desde el punto de vista de la paleontología de México, se puede decir que los patrones y las relaciones paleobiogeográficas de las faunas paleozoicas de México aún no están bien establecidos, debido en parte a la ausencia o escasez de afloramientos precarboníferos, y a lo poco detallado del análisis sistemático de las faunas conocidas; pero sobre todo al hecho de que esta área de investigación, al igual que los estudios tectónicos, apenas ha comenzado a desarrollarse. ■

Francisco Sour Tovar y Sara Alicia Quiroz Barroso  
Museo de Paleontología, Facultad de Ciencias, UNAM