

Nuevos registros de placas columnares de crinoideos (Echinodermata, Crinoidea) del Paleozoico Superior de México, algunas implicaciones paleobiogeográficas y paleoambientales

New records of Upper Paleozoic crinoids columnar plates (Echinodermata, Crinoidea) from Upper Paleozoic of Mexico, some paleobiogeographic and paleoenvironmental implications

Carlos Esquivel-Macías⁴, Francisco Solís-Marín² y Blanca Estela Buitrón-Sánchez³

ESQUIVEL-MACÍAS, C., SOLÍS-MARÍN, F. y BUITRÓN-SÁNCHEZ, B.E. 2004. Nuevos registros de placas columnares de crinoideos (Echinodermata, Crinoidea) del Paleozoico Superior de México, algunas implicaciones paleobiogeográficas y paleoambientales. [New records of Upper Paleozoic crinoids columnar plates (Echinodermata, Crinoidea) from Upper Paleozoic of Mexico, some paleobiogeographic and paleoenvironmental implications]. *Coloquios de Paleontología*, **54**: 15-23.

Resumen: Se dan a conocer dieciocho nuevos registros de crinoideos del Paleozoico de México representados por placas columnares procedentes de las Formaciones Patlanoaya, Olinalá/Los Arcos y Del Monte. Todos del Paleozoico Superior (Mississippiense, Pensilvaniense y Pérmico) en facies carbonatadas datadas con fusulinidos, braquiópodos y ammonioideos. Los fósiles aquí considerados se recolectaron a partir del año 1995, cuando se intensificó la búsqueda. Los nuevos registros para México incluyen dos nuevos morfotipos, aún no descritos para el país. Con estas nuevas colectas, para México se amplía el número de taxa de crinoideos, desde 15 (hasta el año 1993) a 33 en total, y de 11 (en 1993) a 29 los descritos para el Paleozoico Superior, lo que aumenta su valor en cuanto a las unidades estratigráficas en que se encuentran y con respecto a la correlación entre ellas. Se evalúan las expectativas del estudio de los crinoideos del Paleozoico Superior de México apoyándose en la variedad de los hallazgos de esta investigación, y se discute la importancia de tal riqueza específica para la futura interpretación paleoambiental, con algunas interpretaciones preliminares. Se establece una propuesta de continuidad entre la paleocuenca Ouachita y el sur de México con base en la comparación de crinoideos. Se discute la validez de emplear la parataxonomía basada en placas columnares de crinoideos, dada la ausencia en México de elementos del cáliz, con los que se hace la taxonomía tradicional.

Palabras clave: Echinodermata, Crinoidea, Placas columnares, México, Carbonífero, Pérmico.

Abstract: We report eighteen new records of crinoids from Mexico represented by columnar plates found in the Patlanoaya, Olinalá/Los Arcos and Del Monte formations. All the records belong to the Late Paleozoic (Mississippian, Pennsylvanian and Permian) from reef facies dated with fusulinids, brachiopods and ammonoids. The fossils considered here were collected in 1995 when field work was more intense. The new records include two new morphotypes (may be new species). Because of these collects we have increased the number of fossil crinoids described from Mexico since 1993 from 15 to 33 species, and those described from the Late Paleozoic, from 11 (in 1993) to 29 species. This increase enhance the use of crinoids in dating and correlate the rock units in the area. We evaluate the possibilities of the study of Late Paleozoic crinoids from Mexico, based on the richness and variety of species found. We discuss the importance of such richness for the environmental reconstruction. We propose the continuity of the Ouchita paleobasin to southern Mexico based on crinoids records. We discuss the validity of using crinoids columnar plates parataxonomy, because of the lack of Mexican calyx elements on which traditional taxonomy is based.

Key words: Echinodermata, Crinoidea, Columnar plates, México, Carboniferous, Permian.

¹ Laboratorio de Paleontología y Paleobiología, Centro de Investigaciones Biológicas, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo (UAEH), Ciudad Universitaria Carretera Pachuca-Tulancingo Km.4.5. Apdo. Post. 1-364. CP. 42001. Pachuca de Soto, Hidalgo. México. e-mail: esquivel@uaeh.reduaeh.mx

² Laboratorio de Sistemática y Ecología de Equinodermos, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. UNAM. Ciudad Universitaria. México D.F. Coyoacán, 04510.

³ Depto. de Paleontología. Instituto de Geología. UNAM. Ciudad Universitaria, México. D.F. Coyoacán, 04510. e-mail: blanca@servidor.unam.mx³ ⁴ Laboratorio de Paleontología y Paleobiología, Centro de Investigaciones Biológicas, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo (UAEH), Ciudad Universitaria Carretera Pachuca-Tulancingo Km.4.5. Apdo. Post. 1-364. CP. 42001. Pachuca de Soto, Hidalgo. México. e-mail: esquivel@uaeh.reduaeh.mx

INTRODUCCIÓN

Al ser escasos los trabajos sobre crinoideos del Paleozoico mexicano (SPRINGER, 1922; PECK, 1948; WEBSTER *et al.*, 1985; VILLASEÑOR *et al.*, 1987; BUITRÓN-SÁNCHEZ *et al.*, 1987; VELASCO DE LEÓN & BUITRÓN-SÁNCHEZ, 1992; BUITRÓN-SÁNCHEZ & SOLÍS-MARÍN, 1993; ESQUIVEL-MACIAS, 1996, 1998, 2000), resulta de interés el hallazgo de nuevas especies representadas por placas columnares para México. Incluyen una especie con lumen de simetría tetrarradial y otra hexarradial, no obstante, de estas dos últimas se desconoce su homología con taxones regulares por lo que no se hace aquí su descripción formal. La escasez de datos sobre estos equinodermos se explica por los pocos afloramientos del Paleozoico marino en México, unido a la dificultad de trabajar exclusivamente con elementos columnares como caracteres básicos taxonómicos que son los restos dejados por la particular historia sedimentaria de esta región, muy distinta a la del adyacente escudo norteamericano (Fig. 1) donde los crinoideos fueron depositados “*in situ*” durante esas mismas edades.

Como primera aproximación VÁZQUEZ (1986) dio a conocer el contenido fósil de la Formación Patlanoaya,



Figura 1.– Se muestra la ubicación de los afloramientos de donde provienen los nuevos registros de crinoideos en este trabajo, además de las regiones de los estados de EEUU donde se hallan los registros originales. La forma de la paleocuenca Ouachita con los dos grupos de afloramientos incluidos se halla sombreada. La cuenca completa por lo menos va desde el sur de México hasta el norte de Los Estados Unidos de América.

Figura 1.– This map shows the new recorded fossil crinoids outcrops in Mexico and also the states with original outcrops on the EE.UU. The form of Ouachita paleobasin with all this outcrops is shaded. The complete basin runs from south Mexico to the north of United States of America.

en el Estado de Puebla (Fig. 2), pero sin incluir los crinoideos; no obstante indicó la necesidad de estudiar el registro bioestratigráfico completo de área; lo que iniciaron posteriormente, VILLASEÑOR *et al.* (1987) incluyendo algunas referencias a crinoideos de la zona. Por otra parte FLORES DE DIOS-GONZÁLEZ y BUITRÓN-SÁNCHEZ (1982) dan a conocer la Formación Olinalá/Los Arcos en el estado de Guerrero como una secuencia sedimentaria paleozoica, describiendo sus fósiles, sin incluir crinoideos. Estos son descritos por VELASCO DE LEÓN & BUITRÓN-SÁNCHEZ (1992); sin embargo, en la presente investigación ocurren mas hallazgos que en el trabajo anterior, y la Formación Patlanoaya, aporta aún más registros que la Olinalá/Los Arcos, siendo la mayoría nuevos para el sur de México.

Los crinoideos son importantes indicadores paleoambientales por estar asociados a facies exclusivamente marinas. Pero también son útiles para el análisis paleogeográfico, al respecto ORTEGA (1978, 1984, 1998) de-

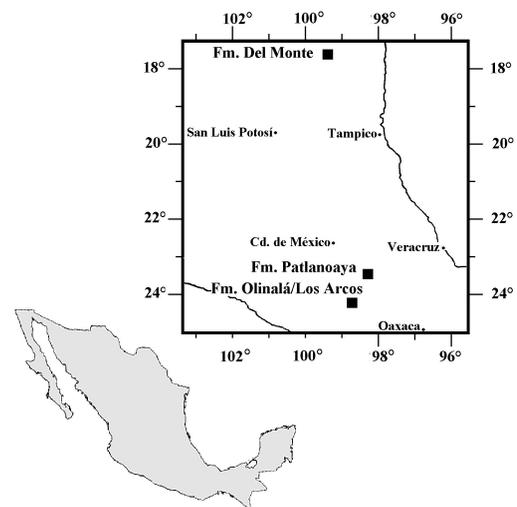


Figura 2.– Localización de los afloramientos mexicanos considerados en este trabajo. San Salvador Patlanoaya (Formación Patlanoaya), N 18° 30' 00" al 18° 34' 00" y W 98° 18' 00" al 98° 13' 00". Olinalá (Formación Olinalá-Los Arcos), N 17° 55' 00" a 17° 40' 00" y W 98° 50' 00" a 198° 35' 00". Cañón de la Peregrina (Formación del Monte), N 24° 23' 00" al 24° 13' 00"; W 99° 29' 00" al 99° 19' 00".

Figure 2.– Mexican outcrops ubicacion on this research. San Salvador Patlanoaya (Patlanoaya Fm.), N 18° 30' 00" al 18° 34' 00" y W 98° 18' 00" al 98° 13' 00". Olinalá (Olinalá-Los Arcos Fm.), N 17° 55' 00" a 17° 40' 00" y W 98° 50' 00" a 198° 35' 00". Cañón de la Peregrina (Del Monte Fm.), N 24° 23' 00" al 24° 13' 00"; W 99° 29' 00" al 99° 19' 00".

jan claro que, para resolver los complejos problemas sobre el origen e integración tectónica del sur de México y Centroamérica, los cuales tienen mucha importancia en los modelos tectónicos globales, deben tenerse en cuenta todos los argumentos posibles incluyendo fósiles (WALPER & ROWETH, 1972; URRUTIA-FUCUAGACHI, 1983; ORTEGA-GUTIÉRREZ, 1984; ROLDAN, 1984; MORÁN-ZENTENO, 1986; PINDELL *et al.*, 1988; ROSS & SCOTSESE, 1988; STEWART, 1988); entre dichos elementos paleontológicos; es oportuno mencionar los crinoideos

aportados aquí ya que proceden de las edades y los sitios involucrados en los modelos de integración tectónica más aceptados (CONEY, 1983; ORTEGA-GUTIÉRREZ, 1978; SEDLOCK *et al.*, 1993; VACHARD *et al.*, 1997). Llama la atención que hay muchos crinoideos comunes entre el complejo Oaxaqueño del sur de México y afloramientos de la placa Norteamericana repartidos en toda la franja paleozoica marina del medio Oeste de los EEUU. como los que se encuentran en Texas, Oklahoma, Kentucky o Colorado (Cuadro 1).

ESPECIE	ESTADOS UNIDOS		MÉXICO	
	EDAD	LOCALIDAD	EDAD	LOCALIDAD
<i>Cyclocaudex</i> cf. <i>C. costatus</i> *	Pensilvaniense	Texas	Pensilvaniense	San Salvador Patlanoaya, Puebla
<i>Barychyr anosus</i> *		Oklahoma		Calnali, Hidalgo
<i>Cyclocaudex jucundus</i> *		Texas		
<i>Cylindrocauliscus fiski</i> *				
<i>Cyclocaudex insaturatus</i> *				
<i>Mooreanteris waylandensis</i> *				
<i>Plumeanteris sansaba</i> *				
<i>Heterostelechus jeffordsi</i> *				
<i>Heterostelechus keithi</i> *				
<i>Lamprosterigma mirificum</i> *				
<i>Parspaniocrinus beinerti</i> *	Pérmico	Coahuila		Coahuila
<i>Cyclocaudex plenus</i>	Pensilvaniense	Texas	Pensilvaniense	Del Monte, Tamaulipas
<i>Heterostelechus texanus</i>				
<i>Cyclocaudex typicus</i>	Pensilvaniense (Virgiliano)		Pensilvaniense (Virgiliano)	San Salvador Patlanoaya, Puebla
<i>Cyclomischus</i> sp.	Silúrico a Pensilvaniense	Indiana	Pensilvaniense (Atokano)	
<i>Rhyzocamax cristata</i>	Misisipiense	Iowa	Pensilvaniense (Virgiliano)	
<i>Cyclocrista cheneyi</i>	Pensilvaniense y Pérmico tardío	Texas	Pensilvaniense	
? <i>Ampholenium</i> cf. <i>A. apolegma</i>	Misisipiense	Kentucky	Pensilvaniense	
<i>Mooreanteris perforatus</i>	Pensilvaniense Tardío	Texas	Pensilvaniense (Virgiliano)	
<i>Stiberostaurus aestimatus</i>	Misisipiense Temprano	Kentucky	Misisipiense temprano	
<i>Preptopremnum rugosum</i>	Pensilvaniense Tardío	Texas	Pensilvaniense (Virgiliano)	
<i>Blothronagma cinctutum</i>	Pensilvaniense Medio	Oklahoma	Pensilvaniense (Atokano)	
<i>Floricyclus</i> cf. <i>F. angustimarga</i>		Colorado	Pensilvaniense (Virgiliano)	
<i>Floricyclus</i> cf. <i>F. welleri</i>				Misisipiense Temprano
<i>Dierocalipter doter</i>		Misisipiense		Kentucky
<i>Especie tetrarradial</i> n. sp.				
<i>Isocrinus</i> sp.	Familia del Triásico	casi cosmopolita	Pérmico	Olinálá/Los Arcos, Guerrero
<i>Especie hexarradial</i> n. sp.				
<i>Pentaridica pentagonalis</i>	Pensilvaniense	Texas		

Cuadro 1.— Especies paleozoicas encontradas hasta 1993 reportadas en BUITRÓN-SÁNCHEZ y SOLÍS-MARÍN (1993) en México y por MOORE & JEFFORDS (1968) para EEUU Sin asterisco son especies reportadas para México por primera vez en el presente trabajo y su localidad original es reportada en EEUU por MOORE & JEFFORDS (1968).

Para utilizar los crinoideos del sur de México es inevitable estudiar placas columnares. Para ello es deseable comparar estas con las conocidas para especies descritas con base en taxonomía tradicional de cálices para evitar duplicación de especies. Según algunos autores (AUSICH com. pers., 1998) el hacer sistemática con placas columnares da lugar a confusión que no vale la pena provocar ya que el trabajo con cálices apoya la taxonomía de más de 6000 especies debidamente establecidas (MOORE & TEICHERT, 1978) sin que, a la fecha, se conozcan los elementos columnares de muchos. Pese a ello, la riqueza y abundancia de los restos columnares en los afloramientos mexicanos, justifica su uso para interpretaciones bioestratigráficas, paleoambientales y paleogeográficas, en este caso utilizando solo aquellos que ha sido posible homologar con los reportados por MOORE & JEFFORDS (1968) para el Paleozoico superior de los EEUU basadas en el sistema de taxonomía regular de cálices. Por otra parte se encuentra en proceso un estudio paralelo donde los presentes autores asignarán las placas columnares al sistema de clasificación de morfotipos publicado por WRIGTH (1983), con lo cual se discutirán mas detalladamente aspectos adicionales de diversidad, ambiente de deposito y correlación estratigráfica, sin crear confusión con el sistema taxonómico regular y así utilizar al máximo las posibilidades de este tipo de restos, en tafonomía y bioestratigrafía.

La presente investigación pretende ampliar el listado de los crinoideos fósiles de México e informar sobre las posibilidades de ampliación adicional en futuras búsquedas. También se desea, aportar datos de correlación biogeográfica a los especialistas en la integración tectónica de Centro y Norteamérica durante el Paleozoico superior, así como consolidar el uso correcto de las placas columnares cuando no se tienen otros elementos. Asimismo se busca contribuir preliminarmente en la interpretación ambiental de las plataformas carbonatadas del paleozoico superior de México.

MÉTODO

Se muestreó en los afloramientos dados a conocer en la literatura, utilizando el sistema satelital de posición (GPS) para la verificar las coordenadas (Formación Olinalá/Los Arcos localizada entre los 17°40', y los 17°55' Norte, y entre los 98°35' y los 98°50' Oeste, en el estado de Guerrero Formación Patlanoaya ubicada entre los 18°30' y 18°34' Norte y entre los 98°13' y 98°18' Oeste en el estado de Puebla y la Formación del

Monte situada entre los 24° 23' 00" y los 24° 13' 00" Norte y entre los W 99° 29' 00" y 99° 19' 00" Oeste, estado de Tamaulipas (Fig. 2). Se realizaron las secciones para cada miembro estratigráfico. Los fósiles se recolectaron usando cinceles y martillos. El material se limpió para observar las superficies articulares de las placas columnares. Algunos fragmentos ya se encontraban liberados por erosión; estos son más fáciles de trabajar que aquellos encontrados en la matriz. Para ayudar en las determinaciones se acoplo un microscopio estereoscópico SMZ-2T -D con sistema fotográfico Microflex HFX35, con iluminación de fibra óptica, utilizando películas de alto contraste. En los fragmentos columnares, las características de las facetas articulares son esenciales para su clasificación; ello incluye detalles de las crénulas, de la areola (cuando se presenta), la forma y tamaño relativo del lumen y la presencia y forma del perilumen. La diagnosis y descripción se hace con base en las características de las caras articulares de las placas columnares ya utilizado por diversos autores, aunque de manera un tanto marginal (DYCHE, 1892; MOORE, 1938; MOORE & LAUOON, 1941; BERRY, 1952; MARTEL SAN GIL., 1955; YELTYSHEVA, 1956; DUBATOLOVA & SHAO-SHIEH, 1959; STUKALINA, 1967; MOORE & JEFFORDS, 1968; MEYER, 1971; LE MENN, 1994).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

AFINIDAD BIOGEOGRÁFICA

Como resultado de nuevas recolectas (ESQUIVEL-MACÍAS, 1996, 1998; BUITRÓN *et al.*, 1998 y presente trabajo) se amplía de 15 (BUITRÓN-SÁNCHEZ & SOLÍS-MARÍN, 1993) a 33 el número de especies de crinoideos fósiles descritos, considerando al Mesozoico y al Paleozoico Superior. En cuanto a los descritos únicamente para el Paleozoico Superior el incremento es desde 11 especies (BUITRÓN-SÁNCHEZ & SOLÍS-MARÍN, 1993) a 29 (Cuadro 1).

En consecuencia, con estos recientes descubrimientos y con el potencial de estudio que representan los crinoideos en estas formaciones, llama la atención que aún no hayan sido empleados en paleoecología, bioestratigrafía y paleogeografía.

Varias especies coinciden en edad con las descripciones originales (Cuadro 1). Sin embargo, en otras (*Isocrinus* sp., *Rhisocamax cristata*, *Ampholenium apotegma*, *Floricyclus welleri*, y *Dierocalipter doter*), hay

discrepancia, lo que implica un mayor intervalo estratigráfico que el originalmente descrito por MOORE & JEFFORDS (1968).

Algunos taxones como *Cyclocrista* sp., *Mooreanteris perforatus*, *M. waylandensis*, *Preptopremnum rugosum*, *Pentaridica pentagonalis*, *Cyclocaudex costatus*, *C. jucundus*, *Cylindrocauliscus fiski*, *Heterostelechus jeffordsi*, *H. keithi* y *Plumeanteris sansaba* se presentan también en Texas; las especies *Ampholenium apolegma*, *Stiberostaurus aestimatus* y *Dierocalipter doter* están también en Kentucky; *Barychyr anosus* y *Blothronagma cinctutum* se encuentran también en Oklahoma; *Lomalegnum hormidium* y *Rhysocamax* se ven también en Iowa; *Cyclomischus* sp. está en Indiana, y *Floricyclus angustimarga* y *F. welleri* es común con los de Colorado. Todas estas coincidencias indican la relación de los crinoideos encontrados en México con los encontrados en los bordes oriental (actuales Montes Apalaches) y occidental (actuales Montañas Rocosas) de la cuenca de Ouachita, representados por sedimentos en Colorado, Nebraska, Texas, Oklahoma, Kentucky, Iowa, Illinois, Missouri, Tennessee, Ohio e Indiana en los EE.UU. de Norteamérica y al menos por los estados de Coahuila, Tamaulipas e Hidalgo en México (Fig. 1). La presencia en el complejo oaxaqueño de las especies de crinoideos (Cuadro 1) es una mezcla de las especies de ambos lados de la paleocuenca Ouachita (SOUR-TOVAR & QUIROZ-BARROSO, 1998), por lo que se piensa que esta se estrechaba o tal vez cerraba hacia el sur en lo que hoy es el centro sur de México (Guerrero, Puebla, Oaxaca y Chiapas) pasando por Coahuila, Tamaulipas e Hidalgo. Esta apreciación se refuerza con la presencia de *Mooreanteris waylandensis* en el estado de Hidalgo, *Parspaniocrinus beinerti* en el estado de Coahuila y *Heterostelechus texanus* en el estado de Tamaulipas. La interrupción del registro hacia el centro oriente en los estados de Veracruz, Tlaxcala y norte de Puebla en México es efecto del surgimiento durante el Cenozoico del cinturón volcánico transmexicano, ello hace suponer que la cuenca de Ouachita se extendía por ahí, coincidiendo con los basamentos que hoy se consideran pertenecientes al microcontinente precámbrico denominado Oaxaquía (ORTEGA-GUTIÉRREZ, 1998), los cuales afloran estratigráficamente por debajo del Paleozoico superior de México.

Por lo tanto la afinidad de crinoideos del sur de México con el medio Este de los Estados Unidos de Norteamérica parece clara y deberá servir a los especialistas respectivos como un elemento más a considerar junto con las faunas de braquiópodos, ammonoideos y

fusulínidos, entre otras, para discutir las interpretaciones de integración tectónica de México y de Centro América. Por ejemplo, la unidad faunística de los crinoideos del sur de México con los de la cuenca Ouachita es evidencia particular de que el Terreno Tectónico Mixteco, en el sur de México con respecto al sur de Norte América fue una unidad durante el Paleozoico Superior por medio de una cuenca oceánica.

TAFONOMÍA Y MEDIO

Es interesante la ausencia de elementos del cáliz de los crinoideos descritos, ya que de alguna manera las placas columnares fueron seleccionadas tafonómicamente. Sin embargo, el detalle del proceso aun es una interrogante y por el momento se interpreta preliminarmente el ambiente de cada estrato donde se encontraron las placas columnares (Figs. 3, 4), para ello se reconocen diferentes ambientes para estos fósiles en función del modelo de cinturones de facies estándar de WILSON (1975) (Fig. 5). Así, por ejemplo, *Rhysocamax cristata*, *Cyclocrista* sp., *Mooreanteris perforatus*, *M. cf. M. waylandensis*, *Preptopremnum rugosum*, *Floricyclus cf. F. angustimarga*, *Floricyclus cf. F. welleri*, *Dierocalipter doter* y el tipo tetrarradial (Fig. 6) provienen del Pensilvaniense (Virgiliano), están contenidos en coquina con matriz de arenisca calcárea sin estratificación tipo "wakstone-packstone", los bioclastos son en su mayoría placas columnares con diferentes grados de desgaste pero casi siempre disgregadas, en algunos casos con noditaxis aún integradas. Hay presencia de braquiópodos completos como *Dictyoclostus* sp., *Paramarginifera* sp., *Wellerella* sp. y *Schizodus* sp., y de abundantes fenestélidos; éste contenido evidencia que la comunidad vivió en un sustrato estable de una pendiente con sedimento arenoso en zona submareal fótica de alta energía, con baja tasa de sedimentación (SMITH, 1995), es decir, en la facies 6 del modelo de WILSON (Fig. 5), y que la fosilización ocurrió cerca de ahí, no *in situ*, quedando acumulados bajo el nivel mínimo de marea sobre el borde interno de una plataforma con aguas tranquilas.

El tamaño irregular de los fragmentos, el variable grado de articulación de los tallos de crinoideos y la integridad de los braquiópodos y fenestélidos, sugiere que no alcanzaron a sufrir selección por el arrastre y ello impide explicar de esa manera la desaparición de los brazos y cálices. Tampoco existen señales de disolución o deformación de los elementos columnares.

PÉRMICO	alternancia de lutita y limolita oscura, areniscas gris verdosas con nódulos y pirita	35 m	
	alternancia de limolita y lutita rojiza	116 m	
PENSILVANIENSE	clacarenita bioclástica clasificada *	35 m	
	arenisca tobacea, conglomerado fino, lutita bien clasificada	107 m	
	alternancia de calcarenita, marga, lutita arenisca y conglomerado de grano fino *	187 m	
	alternancia de arenisca grano fino, limolita, marga, lutita verde-gris y estratificación graduada	143 m	
MISSISSIPIENSE	arenisca conglomerática y limolita con fragmentos de cuarzo, esquistos y roca intrusiva	221 m	
	arenisca conglomerática y lutita tobacea con metamorfismo incipiente	141 m	

Figura 3.- Columna estratigráfica de la Fm. Patlanoaya. Modificada de VÁZQUEZ (1986). Los asteriscos señalan los estratos con crinoideos.

Figure 3.- Stratigraphic sequence of Patlanoaya Formation. Modified from VÁZQUEZ (1986). The asterisks appoint to the strata with crinoids.

CALLOVIANO-BATONIANO BAJOCIANO	FORMACIÓN COALAC	conglomerado de cuarzo	400 m	
PÉRMICO PENSILVÁNICO SUPERIOR	FORMACIÓN OLINALÁ	terrígenos y caliza	500 m	
PALEOZOICO INFERIOR	COMPLEJO ACATLÁN	esquisto metasedimento roca verde	?	

Figura 4.- Columna estratigráfica de la Formación Olinalá. Modificada de FLORES DE DIÓS-GONZÁLEZ & BUITRÓN-SÁNCHEZ (1982). Los asteriscos señalan los estratos donde han sido hallados los crinoideos.

Figure 4.- Stratigraphic sequence of Olinalá Formation. Modified from FLORES DE DIÓS-GONZÁLEZ & BUITRÓN-SÁNCHEZ (1982). The asterisks appoint to the strata with crinoids.

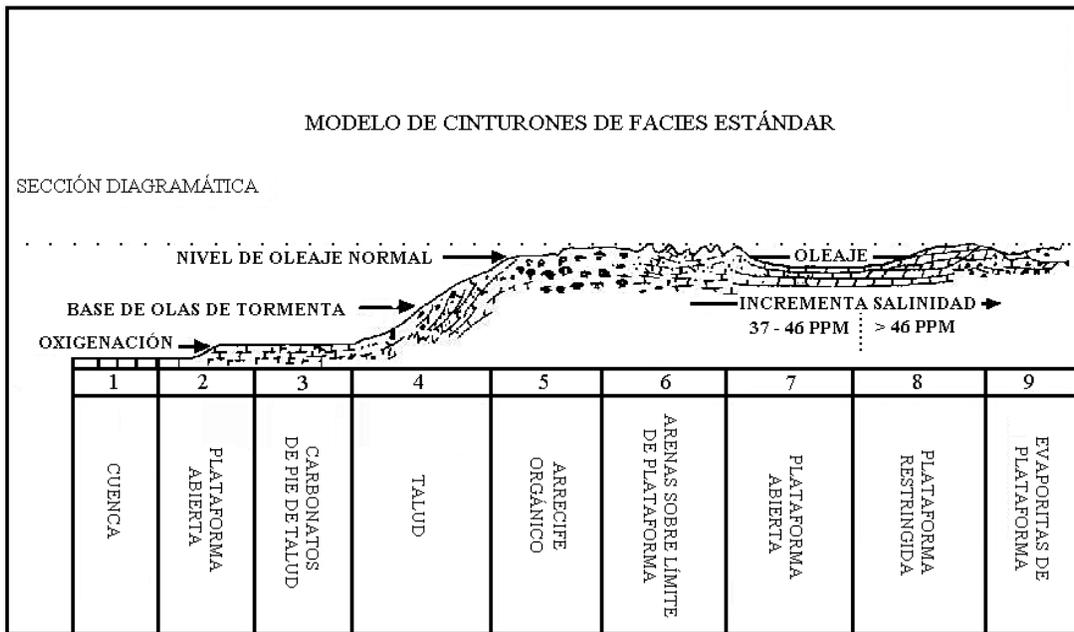


Figura 5.- Facies carbonatadas, basada en el modelo de cinturón estándar de facies. Modificado de WILSON (1975).

Figure 5.- Carbonate facies, from standard facies belt model. Modified from WILSON (1975).

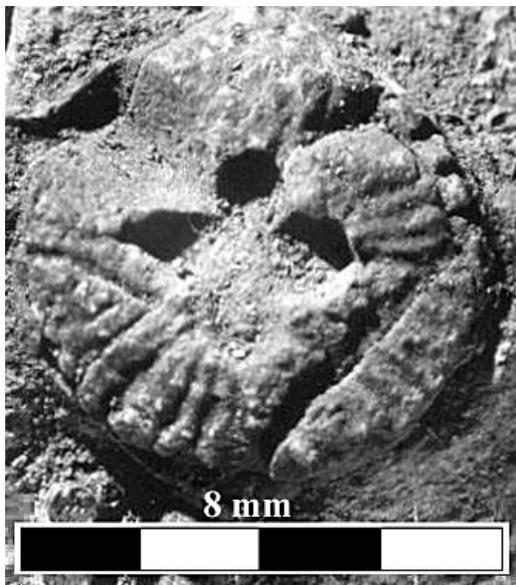


Figura 6.- Placas columnares con simetría tetrarradial, proveniente del pensilvaniense de la Formación Patlanoaya.

Figure 6.- Columnar plates with Tetraradial Symmetry, from Pennsylvanian of Patlanoaya Formation.

Las especies *Cyclomischus* sp. y *Blothronagma cinctum* provienen del Pensilvaniense Atokano de la Fm. Patlanoaya (Fig. 3), con *Antiquatomia* sp., *Reticulatia* sp., *Productus* sp., *Linoproductus* sp. y *Kozloswska* sp., datados para el Pensilvaniense Medio. Se piensa que esta comunidad habitó a mayor profundidad que la anterior en un talud de pie de arrecife, bajo el nivel de máximo oleaje de tormenta, tal vez en el borde del talud o la pendiente arrecifal aún en zona fótica (Fig. 5), pero en un sustrato más carbonatado que arenoso, sin la presencia de los fenestélidos. Aquí no se aprecian noditaxis, significando que la desarticulación fue más severa ya que la mayoría de los fragmentos muestra desgaste derivado del transporte. El tamaño de los bioclastos acompañantes tiende a ser más uniforme, lo que es prueba de clasificación causada por transporte moderado. Tampoco hay señales de deformación o disolución de las placas.

Isocrinus sp., *Pentaridica pentagonalis* y el tipo hexarradial de la Fm. Olinalá, se fosilizaron en un ambiente semejante a los del Pensilvaniense Medio de la Fm. Patlanoaya, en una matriz calcáreo arenosa con multitud de bioclastos que muestran tendencia al tama-

ño pequeño, ello es evidencia de que sufrieron transporte moderado. Sin el acompañamiento de otros taxa reconocibles, es poco lo que se puede decir de la comunidad original. El ambiente de depósito resultó de la acumulación de productos de arrastre hasta la base de un talud de plataforma, debajo de una barrera con oleaje de alto impacto (Fig. 5). En este caso tampoco hay evidencia de deformación o disolución.

CONCLUSIONES

Es posible tomar en cuenta a los crinoideos mexicanos como argumento en análisis paleogeográfico y paleoambiental. Estos crinoideos tendrán mas importancia como elemento bioestratigráfico cuando se afine y revise el intervalo estratigráfico de: *Isocrinus* sp., *Rhyssocamax cristata*, *Ampholenium apolegma*, *Floricyclus welleri* y *Dierocalipter doter*.

Parece clara la afinidad de la paleocuenca de Ouachita en el medio Este de los EEUU y la franja paleozoica centrorientada de México que corre de norte a sur hasta los terrenos tectónicos que conforman el complejo oaxaqueño.

Los crinoideos estudiados no vivieron en aguas someras tranquilas sino en o cerca de barreras y pendientes de talud donde la probabilidad de conservación *in situ* fue baja y no permitió conservar restos de los cálices.

En general sólo se han encontrado tallos de crinoideos en las Formaciones mexicanas, por lo que el trabajo con este grupo deberá adaptarse a tal circunstancia, en particular a los elementos columnares disgregados, sin embargo hay la posibilidad de ofrecer resultados congruentes con los que se pueden obtener utilizando crinoideos enteros en otras localidades del mundo.

BIBLIOGRAFÍA

BERRY, W.F. 1952. Descriptive study of crinoid columnals from Hamilton Group of New York. Master's dissertation University of Massachusetts. Amherst, United States. 119 pp.

BUITRÓN-SÁNCHEZ, B.E., PATIÑO, J. & MORENO, A. 1987. Crinoideos del Paleozoico Tardío (Pensilvánico) de Calnali, Hidalgo. *Revista de la Sociedad Mexicana de Paleontología*, **1**(1): 125-135.

BUITRÓN-SÁNCHEZ, B.E. & SOLÍS MARÍN, F. 1993. La biodiversidad en los equinodermos fósiles y recientes de México. *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural*. Volumen Especial (XLIV): 209-231.

BUITRÓN-SÁNCHEZ, B.E., ARELLANO-GIL, J. & FLORES DE DIÓS-GONZÁLEZ, L.A. 1998. Crinoideos del Pensilvánico del Cañón de la Peregrina, estado de Tamaulipas, México. In: *Memorias de la Primera reunión nacional de Ciencias de la Tierra*, Facultad de Ciencias, UNAM. ALANÍS-ÁLVAREZ, S., FERRARI, L. & NIETO SAMANIEGO, A.F. (Eds.). México D.F. 55 pp.

CONEY, P.J. 1983. Un modelo tectónico de México y sus relaciones con América del Norte, del Sur y el Caribe. *Revista del Instituto Mexicano del Petróleo*, **15** (1): 6-15.

DUBATOLOVA, Y.A. & SHAO-CHIEH. 1959. Stebli morskikh lilii kamennougolnykh, permskikh i triasovykh otlozhenii yuzhnogo Kitaya. Gushengwu Xuebao. *Acta Palaeontologica Sinica*. **7**(1): 41-76.

DYCHE, D.T. 1892. Remarks on the stems and roots of crinoids from near Lebanon, Ohio. *Journal of the Cincinnati Society of Natural History*, **15**: 101 pp.

ESQUIVEL-MACIAS, C. 1996. *Invertebrados del Paleozoico Tardío de las Regiones de Olinalá, Guerrero y Patlanoaya, Puebla*. Tesis de Maestría, Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ciencias: 123 pp.

— 1998. *Braquiópodos y Crinoideos del Paleozoico Tardío de las Formaciones Olinalá, Gro. Patlanoaya y Cuxtepeque, Pue.* Tesis Doctoral, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México: 150 pp.

FLORES DE DIÓS-GONZÁLEZ, L.A. & BUITRÓN-SÁNCHEZ, B.E. 1982. Revisión y Aportes a la Estratigrafía de la Montaña de Guerrero. Universidad Autónoma de Guerrero, *Serie Técnico Científico*. **12**: 28 pp.

LE MENN, J. 1994. La reconstitution des communautés de crinoïdes Paléozoïques: L'apport des colonnes dissociées. En: DAVID, B., GUILLE, A., FÉRAL, J.P. & ROUX, M. (Eds). 1994. *Echinoderms through time*. Proceedings of the Eighth International Conference. Dijon/France/ 6-10 sept. 1993. A.A. Balkema Brookfield: 231-236.

MARTEL SAN GIL, M. 1955. Sobre el valor estratigráfico y la clasificación de las placas columnares. *Estudios Geológicos*, **11**(26): 249-257.

MEYER, D.L. 1971. Postmortem disarticulation of recent crinoids and ophiuroids under natural conditions. *Abstracts with Programs The Geological Society of America*, **3**(7): 645-646.

MOORE, R.C. 1938. The use of fragmentary crinoidal remains in stratigraphic paleontology. *Bulletin of the Scientific Laboratories of Denison University*, **38** (10): 165-250.

MOORE, R.C. & JEFFORDS, R.M. 1968. Classification and Nomenclature of Fossil Crinoids Based on Studies of dissociated parts of their columns. In: *Echinodermata*, MOORE, R.C. (Ed.). pp. 1-86. The University of Kansas Paleontological Institute. Kansas.

MOORE, R.C. & LAUDON, L.R. 1941. Symbols for crinoid parts. *Journal of Paleontology*, **15**(4): 412-423.

MOORE, R.C. & TEICHERT, (Eds.) 1978. Treatise on Invertebrate Paleontology (T) Echinodermata. 1027 pp. *Geological Society of America*. University of Kansas.

MORÁN, Z.J.D. 1986. Breve revisión de la evolución tectónica de México. *Geophysical International*. **25**(1): 9-38.

ORTEGA-GUTIÉRREZ, F. 1978. Estratigrafía del Complejo Acatlán en la Mixteca Baja, Estados de Puebla y Oaxaca. Universidad Nacional Autónoma de México, *Revista del Instituto de Geología*, **2** (2): 112-131.

- 1984. La evolución tectónica premisisípica del sur de México. *VNAM Revista del Instituto de Geología*, **5**(2): 140-147.
- 1998. Oaxaquia, Historia de un antiguo continente. *Revista Ciencias*, **52**: 30-37.
- PECK, R.E. 1948. A Triassic crinoid from Mexico. *Journal of Paleontology*, **22**(1): 81-84.
- PINDELL, J. L., CANDE, S.C., PITTMAN III, W.C., ROWLEY, D.B., DEWEY, J.F., LABREQUE, J. & HAXBY, W. 1988. A plate kinematic framework for models of Caribbean evolution. *Tectonophysics*, **155**: 121-138.
- ROLDÁN, O.J. 1984. Evolución tectónica del Estado de Sonora. UNAM. *Revista del Instituto de Geología*, **5**(2): 178-185.
- ROSS, M.I. & SCOTSE, C.R. 1988. A hierarchical tectonic model of the Gulf of Mexico and Caribbean region. *Tectonophysics*, **155**: 139-168.
- SEDLICK, R.L., ORTEGA-GUTIÉRREZ, F. & SPEED, R.C. 1993. Tectonostratigraphic Terranes and Tectonic Evolution of Mexico. In: *Special Paper 278, Memorias XXIV Congreso Nacional de la A.I.P.M.* pp. 153. Geological Society of America. México.
- SMITH, A.M. 1995. Paleoenvironmental interpretation using bryozoans: a review. In: BOSENCE, D.W.J. & ALLISON, P.A. (Eds.). *Marine Paleoenvironmental Analysis from Fossil*. Geological Society Special Publication, **83**: 231-243.
- SOUR-TOVAR, F. & QUIROZ-BARROSO, S.A.. 1998. La fauna del Paleozoico. *Revista Ciencias*, **52**: 40-45.
- SPRINGER, F. 1922. Crinoids from the Upper Cretaceous of Tamaulipas, Mexico. *Proceedings of the United States National Museum*, **61**: 1-4.
- STEWART, J.H. 1988. Latest Proterozoic and Paleozoic southern margin of north America and the accretion of Mexico. *Geology*, **16**: 186-189.
- STUKALINA, G.A. 1967. O taksonornicheskikh priznakakh segmentirovannykh stebli morskikh liliy. In: *Biostratigraficheskiy sbornik*, vyp. 3. Trudy Vsesoyuznogo Neftyanogo Nauchno Issledovatel'skogo, pp. 200-206 Geologorazvedchnogo Instituta.
- URRUTIA-FUCUAGAUCHI. 1983. On the tectonic evolution of Mexico, paleomagnetic constrains American *Geophysic. Union Geodynamic Series*, **12**: 29-47.
- VACHARD, D.J., FLORES DE DIÓS-GONZÁLEZ, A. & BUITRÓN-SÁNCHEZ, B.E. 1997. Sur une nouvelle localité a fusulines du Wordien (permien Supérieur) du Mexique; conséquences paleogeographiques. *Geobios*, **30**(3): 361-370.
- VÁZQUEZ, E.A. 1986. Descubrimiento de una nueva localidad de rocas marinas del paleozoico al suroeste del estado de Puebla. En: *Memorias XXIV Congreso Nacional de la AIPM*.
- VELASCO DE LEÓN M.P. & BUITRÓN-SÁNCHEZ, B.E. 1992. Algunos crinoideos (Echinodermata-Crinoidea) del Misisípico-Pensilvánico de San Salvador Patlanoaya, Estado de Puebla. *Revista de la Sociedad Mexicana de Paleontología*, **5**(1): 71-81.
- VILLASENOR, M., MARTÍNEZ-CORIEZ, A.B.A. & CONTRERAS, M.B. 1987. Biostratigrafía del Paleozoico Superior de San Salvador Patlanoaya, Puebla, México. *Revista de la Sociedad Mexicana de Paleontológica*, **1**(1): 396-413.
- WALPER, J. L. & C.L. ROWEM, C.L. 1972. Plate tectonics and the origin of the Caribbean Sea and the Gulf of Mexico. *Gulf Coast. Association. Geological Society Transactions*, **22**: 105-116.
- WEBSTER, O.D., GASTIL, G. & DELATTRE, M. 1985. World largest crinoid columnals from Baja California Norte In: *The Geological Society of America, Cordilleran Section, 81st annual meeting. Abstracts with Programs*. Geological Society of America. Washington State University, Department Geology, Pullman, Washington, United States: 417. The Geological Society of America, Cordilleran Section, 81st annual meeting. Vancouver, BC, Canadá.
- WILSON, J.L. 1975, *Carbonate facies in Geological History* (SpringerVerlag), New York. 471 pp
- YELTYSHEVA, R.S. 1956. Stebli morskikh liliy i ikh klassifikatsiya. *Vestnik Leningradskogo Universiteta. Geologiya-Geografiya*, **12** (2): 40-46.

Manuscrito recibido el día 20 de junio de 2002
Aceptado el día 20 de octubre de 2003

