



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
POSGRADO EN CIENCIAS DE LA TIERRA  
INSTITUTO DE GELOGÍA

BRAQUIÓPODOS DEL CARBÓNIFERO TARDÍO DE SIERRA AGUA VERDE,  
SONORA, NW DE MÉXICO. SISTEMÁTICA E IMPLICACIONES  
PALEOECOLÓGICAS Y PALEO GEOGRÁFICAS

## **TESIS**

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:  
MAESTRO EN CIENCIAS DE LA TIERRA

**PRESENTA:**  
JOSÉ CARLOS JIMÉNEZ LÓPEZ

**TUTORA PRINCIPAL:**  
Dra. Blanca Estela Buitrón Sánchez  
Instituto De Geología

### **COMITÉ TUTOR:**

Dr. Francisco Sour Tovar  
Facultad de Ciencias

Dr. Alfredo Laguarda Figueras  
Instituto de Ciencias del Mar y Limnología

México, D. F., Mayo de 2014



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

## **DEDICATORIA**

A MIS PADRES, Norma Angélica y José Alfredo y MIS HERMANAS, Miriam y Marisol, por el amor, el cariño y el apoyo brindados en todo momento, por las enseñanzas y experiencias que comparten siempre conmigo y por sus palabras y consejos con que me han impulsado a salir a delante.

A MI ASESORA, la Dra. Blanca Estela Buitrón Sánchez, porque me ha brindado mucha ayuda y dedicación y se ha esmerado en ver mejorar y aprender a sus alumnos con su experiencia.

A MIS AMIGOS DE LA PRIMARIA, los jóvenes Alma Rosa Jiménez y David Alejandro Cadena, quienes además de ser excelentes compañeros, me han dado un ejemplo de esmero, solidaridad y cooperación con los demás.

A MIS AMIGOS DEL BACHILLERATO, Eva María Hernández, Jorge Alegría, Pablo Lechuga, Miguel Mayorga, Juan Ortiz, Joselyn Ochoa y Rodolfo Servín y a mis AMIGAS y AMIGOS DE LA FACULTAD, Zuelclady Araujo, Queletzú Paulina Aspra, Leticia Collado, Gisel Solano, Claudia Olivera, Fernanda Reneé Rodríguez, Gabriela Susana Torres, Minerva Valdespino, Dalia Viviana Vallejo, Carolina del Villar, Amílcar Amaya, Guillermo Coronas, Guillermo González, Alvar Fuentes, Raúl Galván, David Hernández, Fabián Huesca, Efraín Olguín y Oscar Ruíz, porque han seguido brindándome alegrías y momentos emotivos y porque se han ganado mi confianza y afecto; porque siempre ha sido cálida, grata y divertida la convivencia con ellas y ellos y, sobre todo, porque -a su modo- han hecho de sí mismos una parte importante de mi vida.

A MIS AMIGAS y AMIGOS DE CASA, Elizabeth Alejandra Martínez, Berenice Diego, Michael Vera, Luis Enrique Álvarez y Ricardo Diego, porque con ellos exploré gran parte de lo humano y especial que llevo dentro; porque han sabido dejar de lado los errores cometidos y han sabido perdonar permitiéndome redescubrir con ellos parte importante de mis emociones.

A MIS AMIGAS DEL POSGRADO, Esmeralda Morales Domínguez, Leonora Fernanda Aquiles, Arisbel Barba, Guadalupe González, Cindy Coronado Noriega y Teresa García, porque me han permitido aprender a su lado, desarrollar valores en su compañía y compartir momentos importantes de alegría y gratitud.

Y, finalmente, A MIS AMIGAS y AMIGOS DEL INSTITUTO DE GEOLOGÍA, Francisca García, Isabel López, Iriliana López, María de Lourdes Serrano, Margarita Ramírez, Felipe Armas, Rubén Cruz, Fabián Durán, Rafael López, Fernando Núñez, Jorge Luis Salazar, Rafael Villanueva, de quienes tengo el convencimiento de que son excelentes estudiantes, muy buenos científicos y unas grandiosas personas pero, sobre todo, humanos; porque con ellos fue más amena mi estancia y tuve la oportunidad de compartir conocimiento, vivencias y sentimientos.

## **AGRADECIMIENTOS**

El presente trabajo constituye la tesis del autor para obtener el título de Maestro en Ciencias de la Tierra, cuyos estudios fueron llevados a cabo en los Institutos de Geología y de Ciencias del Mar y Limnología, en la Universidad Nacional Autónoma de México.

Se agradece especialmente a la Dra. Blanca Estela Buitrón la sugerencia del tema y la aclaración de dudas así como el seguimiento en el trabajo y el apoyo tanto en campo como en revisión de gabinete. El trabajo de campo fue realizado igualmente con apoyo del Dr. Juan José Palafox Reyes quien fungió arduamente como asesor en campo y colaboró igualmente con los trámites pertinentes para llevar a cabo trabajo en el Departamento de Geología de la Universidad de Sonora. Este trabajo fue igualmente apoyado por los la Dra. Olivia Pérez Ramos y los M. en C. José Alfredo Ochoa, Porfirio Sosa y Jesé Hernández así como al Dr. Rogelio Monreal, la Lic. Sheyla Corrales y el Pasante de la Carrera de Geólogo Heriberto Borjas.

Se agradece también el apoyo otorgado para trabajo de campo a los proyectos UNAM-DGAPA-PAPIIT No. IN105012, CONACyT No. 165826 y ECOS-Francia-México No. M13U01.

El autor agradece las facilidades brindadas por el Departamento de Paleontología y Estratigrafía del Instituto de Geología, en especial a la Dra. Ana Bertha Villaseñor, el Técnico Marco Antonio Argáez y la Estudiante de Doctorado Iriliana López quienes hicieron también más amena la estancia del sustentante durante el trabajo en laboratorio y proporcionaron igualmente acertados comentarios.

Se agradece igualmente al Biólogo Héctor Eduardo Hernández Campos por su colaboración en la elaboración de las fotografías que ilustran esta tesis.

Finalmente el autor agradece especialmente a los miembros del Comité Tutorial y a los Sinodales, las Doctoras Gloria Aléncaster Ybarra, Sara Alicia Quiroz Barroso y Blanca Estela Buitrón Sánchez, y los Doctores, Francisco Sour Tovar, Alfredo Laguarda Figueras y Juan José Palafox Reyes, por los comentarios y sugerencias con las que se mejoró notablemente el presente trabajo.

# ÍNDICE

RESUMEN .....	1
ABSTRACT .....	2
INTRODUCCIÓN .....	3
Generalidades sobre los braquiópodos .....	3
MORFOLOGÍA DE UN BRAQUIÓPODO .....	6
La concha de los braquiópodos .....	9
ECOLOGÍA Y PALEOECOLOGÍA DE LOS BRAQUIÓPODOS .....	10
ANTECEDENTES .....	16
LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA .....	19
MARCO GEOLÓGICO .....	20
LITOESTRATIGRAFÍA DE LA SIERRA AGUA VERDE .....	25
Formación El Boquinete (unidad informal) .....	26
Formación El Pollo (unidad informal) .....	27
Formación Santiago (unidad informal) .....	27
Formación La Joya (unidad informal) .....	28
Formación Tuntunudé (unidad informal) .....	31
MATERIALES Y MÉTODO .....	31
Actividades de campo .....	31
Actividades de laboratorio .....	32
Actividades de gabinete .....	32

<b>RESULTADOS.....</b>	<b>35</b>
<b>PALEONTOLOGÍA SISTEMÁTICA.....</b>	<b>35</b>
<b>Phylum Brachiopoda Dummeril, 1806.....</b>	<b>35</b>
<b>Subphylum Rhynchonelliformea Williams, Carlson, Brunton, Holmer y Popov, 1996</b>	<b>35</b>
<b>Clase Strophomenata Williams, Carlson, Brunton, Holmer y Popov, 1996 .....</b>	<b>35</b>
<b>Orden Productida Sarycheva y Sokolskaya, 1959.....</b>	<b>35</b>
<b>Suborden Productidina Waagen, 1883 .....</b>	<b>35</b>
Superfamilia Productoidea Gray, 1840.....	35
Familia Productidae Gray, 1840 .....	35
Subfamilia Plicatiferinae Muir-Wood y Cooper, 1960 .....	35
Tribu Plicatiferini Muir-Wood y Cooper, 1960.....	35
Género <i>Plicatifera</i> Chao, 1927 .....	35
Subfamilia Productinae Gray, 1840.....	38
Tribu Kozlowskiini Brunton, Lazarev y Grant, 1995 .....	38
Género <i>Kozlowskia</i> Fredericks, 1933 .....	38
Superfamilia Linoproductoidea Stehli, 1954 .....	40
Familia Linoproductidae Stehli, 1954 .....	40
Subfamilia Linoproductinae Stehli, 1954 .....	40
Tribu Linoproductini Stehli, 1954 .....	40
Género <i>Linoproductus</i> Chao, 1927 .....	40
<b>Clase Rhynchonellata Williams, Carlson, Brunton, Holmer y Popov, 1996.....</b>	<b>42</b>
<b>Orden Athyridida Boucot, Johnson y Staton, 1964 .....</b>	<b>42</b>
<b>Suborden Athyrididina Boucot, Johnson y Staton, 1964.....</b>	<b>42</b>
Superfamilia Athyridoidea Davidson, 1881.....	42
Familia Athyrididae Davidson, 1881 .....	42
Subfamilia Spirigerellinae Grunt, 1965.....	42
Género <i>Composita</i> Brown, 1845.....	42
<b>Orden Spiriferida Waagen, 1883.....</b>	<b>45</b>
Superfamilia Spiriferoidea King, 1846 .....	45
Familia Spiriferidae King, 1846 .....	45
Subfamilia Sergospiriferinae Carter, Johnson, Gourvennec y Rong-Fei, 1994 .....	45
Género <i>Anthracospirifer</i> Lane, 1963 .....	45

<b>Suborden Retziidina Boucot, Johnson y Staton, 1964 .....</b>	<b>48</b>
Superfamilia Retzioidea Waagen, 1883 .....	48
Familia Retziidae Waagen, 1883 .....	48
Subfamilia Hustediinae Grunt, 1986.....	48
Género <i>Hustedia</i> Hall y Clarke, 1893.....	48
Superfamilia Pennospiriferinoidea Dagys, 1972.....	50
Familia Reticulariinae Waterhouse, 1978 .....	50
Género <i>Reticulariina</i> Fredericks, 1916.....	50
<b>Orden Terebratulida Waagen, 1883.....</b>	<b>54</b>
<b>Suborden Terebratulidina Waagen, 1883 .....</b>	<b>54</b>
Superfamilia Dielasmatoidea Schuchert, 1913.....	54
Familia Dielasmatidae Schuchert, 1913.....	54
Subfamilia Dielasmatinae Schuchert, 1913.....	54
Género <i>Dielasma</i> King, 1859 .....	54
<b>CONSIDERACIONES BIOESTRATIGRÁFICAS.....</b>	<b>56</b>
<b>CONSIDERACIONES PALEOECOLÓGICAS.....</b>	<b>57</b>
<b>CONSIDERACIONES PALEOGEOGRÁFICAS .....</b>	<b>61</b>
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>64</b>
<b>REFERENCIAS: .....</b>	<b>66</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.-</b> Anatomía y morfología general de un braquiópodo. <b>A)</b> Corte longitudinal de un braquiópodo articulado, mostrado en posición de vida y regiones posteriores de una concha astrófica ( <b>B</b> ) y una concha estrófica ( <b>C</b> ) (Tomada de Williams <i>et al.</i> , 1965).....	6
<b>Figura 2.-</b> Algunas adaptaciones morfológicas en braquiópodos silúricos (Modificada de Fürsich y Hurst, 1974).....	12
<b>Figura 3.-</b> Mapa de Carreteras del Estado de Sonora, México. (Tomado de Consejo de Recursos Minerales, 1998 - Monografía Geológico-Minera del Estado de Sonora). ....	20
<b>Figura 4.-</b> Mapa topográfico de Sierra Agua Verde, Sonora. El intervalo entre las curvas de nivel es de 200 m, con las áreas en blanco enmarcadas a una altitud de 900 msnm y aumentando en relación a la tonalidad. La sección medida se ubica al oeste de la Cañada El Palmar. (Modificado de Ochoa-Granillo y Sosa-León, 1993). ....	22
<b>Figura 5.-</b> Grupos sedimentarios y formaciones en la Sierra Agua Verde, Sonora. ....	26
<b>Figura 6.-</b> Columna estratigráfica de la formación La Joya en la Sección Agua Caliente (AC). Los estratos en blanco no fueron caracterizados litológicamente.....	30
<b>Figura 7.-</b> Parámetros mensurables ( <b>A</b> y <b>B</b> ) y estructuras de ornamentación en un braquiópodo ( <b>C</b> ).....	33
<b>Figura 8.-</b> <i>Plicatifera</i> sp., <i>Kozlowskia</i> sp., <i>Linoproductus</i> sp., <i>Composita</i> sp. y <i>Anthracospirifer occiduus</i> (Sadlick, 1960).....	96
<b>Figura 9.-</b> <i>Hustedia mormoni</i> (Marcou, 1858), <i>Reticulariina</i> sp. y <i>Dielasma</i> ? . ....	98

## RESUMEN

Se describen para el Carbonífero tardío de Sierra Agua Verde, Sonora, los braquiópodos *Plicatifera* sp., *Kozlowskia* sp., *Linoproductus* sp., *Composita* sp., *Anthracospirifer occiduus*, *Hustedia mormoni*, *Reticulariina* sp. y *Dielasma* sp.

El material estudiado procede de una sección que pertenece a la formación La Joya, la cual presenta litofacies que consisten en caliza, caliza arenosa y caliza con pedernal, con intercalaciones irregulares de arenisca. La biota asociada incluye fusulínidos (*Fusulinella*), algas filoides de los géneros *Komia* y *Eugonophylum*, bioacumulaciones de esponjas del género *Chaetetes* y diversos gasterópodos (*Euomphalus*, *Donaldina* sp. cf. *D. robusta*), crinoideos (*Cyclocaudex*, *Cyclocrista*, *Heterostelechus*, *Lamprosterigma*, *Preptopremnum*, *Pentaridica*), briozoarios fenestélidos (*Fenestella*) y corales tabulados (*Michelina*), que sugieren condiciones ambientales asociadas a plataformas someras de aguas con salinidad normal y niveles fluctuantes de energía y disponibilidad de nutrientes, basados en la observación de las tallas de los organismos y las asociaciones bióticas a lo largo de la sección estratigráfica estudiada.

Finalmente, el análisis de la distribución de los braquiópodos permitió establecer relaciones paleogeográficas con fauna norteamericana, particularmente con aquella registrada para el suroccidente de Estados Unidos de Norteamérica (Texas, Nuevo México, Nevada y Arizona), así como diversas regiones de México que incluyen los estados de Sonora, Chihuahua, Oaxaca y Chiapas.

## ABSTRACT

The brachiopods *Plicatifera* sp., *Kozlowskia* sp., *Linoproductus* sp., *Composita* sp., *Anthracospirifer occiduus*, *Hustedia mormoni* are described for the late Carboniferous of Sierra Agua Verde, Sonora.

The material studied proceeds from a section that allows to the La Joya formation, that present litofacies that consist of limestone, sandy limestone, and cherty limestone with irregular intercalations of sandstone. The associated biota includes fusulinids (*Fusulinella*) phylloidal algae of the genera *Komia* and *Eugonophylum*, biocaummulations of the sponge genus *Chaetetes*, and diverse gastropods (*Euomphalus*, *Donaldina* sp. cf. *D. robusta*), crinoids (*Cyclocudex*, *Cyclocrista*, *Heterostelechus*, *Lamprosterigma*, *Preptopremnum* and *Pentaridica*), fenestellid bryozoa (*Fenestella*) and tabular corals (*Michelina*) that suggest environmental conditions associated to platforms with normal salinity and fluctuant levels of energy and nutrient availability, based on the observation of the organisms' sizes and the biotic associations along of the studies stratigraphic section.

Finally, the distribution analysis of the brachiopods allows establish palaeogeographic relations with north-american fauna, particularly with those registered to the southeastern of the United States (Texas, New Mexico, Nevada, and Arizona), like diverse regions of Mexico that includes the states of Sonora, Chihuahua, Oaxaca, and Chiapas.

# INTRODUCCIÓN

## Generalidades sobre los braquiópodos

Los braquiópodos son organismos restringidos a ambientes marinos que se encuentran más comúnmente en zonas neríticas o en grandes profundidades.

Son importantes desde el punto de vista estratigráfico porque se utilizan como fósiles índice debido a que la extensión temporal que abarcaron sus registros comprende períodos de tiempo definidos y porque su distribución espacial durante estos períodos ha sido amplia. Los primeros braquiópodos conocidos se presentan en rocas del Cámbrico inferior siendo algunos de ellos pruebas importantes de estabilidad evolutiva y, aunque su historia se ha visto muy afectada en el registro paleontológico, pueden estudiarse en ellos procesos evolutivos a nivel genérico y supra-genérico (Rudwick, 1970, p 14).

El registro de los braquiópodos fósiles y actuales incluye más de 4500 géneros, teniendo en su registro ejemplares que datan de hace 550 millones de años y habiendo en la actualidad alrededor 120 géneros.

Las revisiones actuales acerca de la clasificación a nivel supraordinal han abandonado el uso de las clases Articulata e Inarticulata, distinguiendo por su parte los subfilos Linguliformea, Craniiformea y Rhynchonelliformea, principalmente basados en la mineralogía de la concha y la morfología de los adultos (Williams *et al.*, 1996; 2000). En los Linguliformea se encuentran los braquiópodos con concha organofosfática, la cual se desarrolla desde la etapa larvaria planctotrófica sin que, en ningún caso, presenten estructuras de articulación de las valvas (dientes y sockets) estos braquiópodos desarrollan músculos complejos que mantienen en su posición a las valvas e incluyen a las clases Lingulata y Paterinata. Los braquiópodos de la clase Lingulata tienen un alcance estratigráfico que se extiende desde el Cámbrico inferior a la actualidad, incluyendo con sus sinapomorfías a tres órdenes que se agrupan por el tipo de impresiones del manto y la forma de la concha que, en este caso, es estratiforme. En la clase Paterinata, se presentan apenas unos diez géneros representados y se consideran dentro de ellos a los braquiópodos más antiguos conocidos del Tomotiano de Siberia (Williams *et al.*, 2000; Álvarez y Martínez-Chacón, 2009).

En el subfilo Craniiformea se tiene solamente una clase, Craniata, ésta se divide en los órdenes Craniopsida (6 géneros), Craniida (16 géneros, con 4 recientes) y Trimerellida (17 géneros). En ellos se encuentran representados los braquiópodos con concha calcítica (o posiblemente aragonítica en los Trimerellida), sin articulaciones, sin pedúnculo, sin soporte en el lófóforo y que tienen larvas lecitotróficas sin concha. Su registro se extiende desde el Cámbrico inferior a la actualidad, presentando una gran diversificación en Ordovícico Temprano (Williams *et al.*, 2000; Álvarez y Martínez-Chacón, 2009).

En el subfilo mayor, los rinconeliformes, se reconocen 5 clases y 19 órdenes. Este subfilo comparte con los craniiformes la presencia de una larva lecitotrófica pero su concha es órgano-carbonatada y presentan pedúnculo el cual consiste en una estructura de fijación al sustrato. En los rinconeliformes los músculos diductores controlan la apertura de las valvas alrededor de un eje cardinal definido por las interáreas. Debe tenerse en cuenta que el pedúnculo en algunas formas adultas, especialmente en estrofoménidos y productidos, no tiene una funcionalidad evidente. Por otra parte, en algunos braquiópodos que pertenecen a este subfilo solamente se encuentra desarrollada una de las interáreas; la o las interáreas están formadas como sectores en la región posterior creciendo a partir de la línea de charnela y se encuentran interrumpidas por el delthyrium o el notothyrium.

En relación a la diversidad de los rinconeliformes, existen 34 géneros repartidos entre las clases Chilleata, Obolellata y Kutorginata, los cuales son esencialmente del Cámbrico; mientras que en Rhynchonellata (Cámbrico inferior-Reciente) y Strophomenata (Ordovícico Inferior-Pensilvánico Inferior) hay un número aproximado de 2700 y 1500 géneros en cada una de ellas (Williams *et al.*, 1965; 2000; Álvarez y Martínez-Chacón, 2009).

Debe incluirse que la morfología externa de los braquiópodos es muy parecida a la de los bivalvos e incluso pueden llegar a confundirse. De las diferencias que hay que remarcar entre estos dos grupos se encuentra que las valvas de los braquiópodos son simétricas lateralmente, teniendo un plano de simetría que corta a ambas valvas en la parte central. La valva menor se le denomina valva braquial porque sostiene al aparato muscular mediante una estructura esquelética llamada braquidio. La valva mayor o peduncular posee un canal o foramen por donde pasa el pedúnculo. En el corte anatómico de un braquiópodo reciente, puede además observarse una estructura de filtración y alimentación denominada lófóforo, que los emparenta con forónidos y briozoarios.

De acuerdo con Thayer (1975) y Richardson (1981a, 1981b), el pedúnculo tiene dos funciones principales. Una primera función es la de elevar a la concha por arriba del sustrato y de otros organismos asociados y que pueden ser incrustantes o depredadores de los braquiópodos como son percebes, esponjas, briozoarios y gasterópodos. La segunda función que se atribuye al pedúnculo es la de permitir un grado de rotación de la concha para la obtención de alimento.

En relación a su historia evolutiva se encuentran muchos casos particulares entre los que encontramos eventos de extinción y origen regional. Por ejemplo, Pérez-Huerta, 2008 menciona para el Carbonífero de la Gran Cuenca (*Great Basin*) en el centro y este de Nevada y Utah, EUA, algunos eventos importantes relacionados con la paleocaenografía y la paleogeografía con los que podemos tomar en cuenta estudios sobre faunas de diferentes grupos de invertebrados para entender cambios paleogeográficos y climáticos desde un punto de vista de la respuesta que presentan en cuanto abundancia y diversidad de las comunidades o asociaciones faunísticas, siendo los braquiópodos un ejemplo importante de ello. Para el área de la Gran Cuenca en particular se han registrado dos eventos de relevancia. En primera instancia, se tiene evidencia de una estabilidad evolutiva durante el límite Morrowano-Atokano (313 Ma), seguida por una extinción importante a nivel de géneros y especies durante el Carbonífero medio. La extinción del Carbonífero medio está asociada a la extinción de otros grupos como algunos ammonoideos, coincidiendo además con un descenso de temperatura que explica una importante migración desde el Hemisferio Sur, la cual intervino en el origen de grupos por cambios significativos en la circulación oceánica relacionada con la colisión entre Norte y Sudamérica (Raymond *et al.*, 1990; Mii *et al.*, 1999; Saltzman, 2003; Angiolini *et al.*, 2007; Badyrka, 2012) y con el origen de aproximadamente tres cuartas partes (73%) de las especies durante el límite Atokano-Desmoinesiano (308 Ma). Un último evento importante de extinción que se ha mencionado para el área de la Gran Cuenca sucede en el límite Desmoinesiano-Missouriano (300 Ma); este evento no está relacionado con el cambio ambiental, aunque un 83% de las asociaciones de braquiópodos del Desmoinesiano no está presente en el Missouriano (Pérez-Huerta, 2008).

## MORFOLOGÍA DE UN BRAQUIÓPODO

Para entender más claramente a los braquiópodos es importante hacer una definición de las partes de la concha que los constituyen, especialmente aquéllas con las que se permite hacer una identificación genérica. En la Figura 1 se esquematizan los principales rasgos morfológicos del grupo. Se tratará aquí particularmente a los productidos, los cuales tienen una valva peduncular (valva ventral) muy convexa y una valva braquial (valva dorsal) que frecuentemente es cóncava y presenta muy comúnmente geniculaciones. Esta segunda valva es la valva braquial o dorsal. Dado que estas observaciones son muy generales, debe recalcar el hecho que los braquiópodos poseen una alta cantidad de combinaciones del tipo de valvas desde el punto de vista de su concavidad o convexidad, el tipo de abertura peduncular y el ángulo que se forma entre los planos de la parte posterior de las valvas (Álvarez y Martínez-Chacón, 2009).

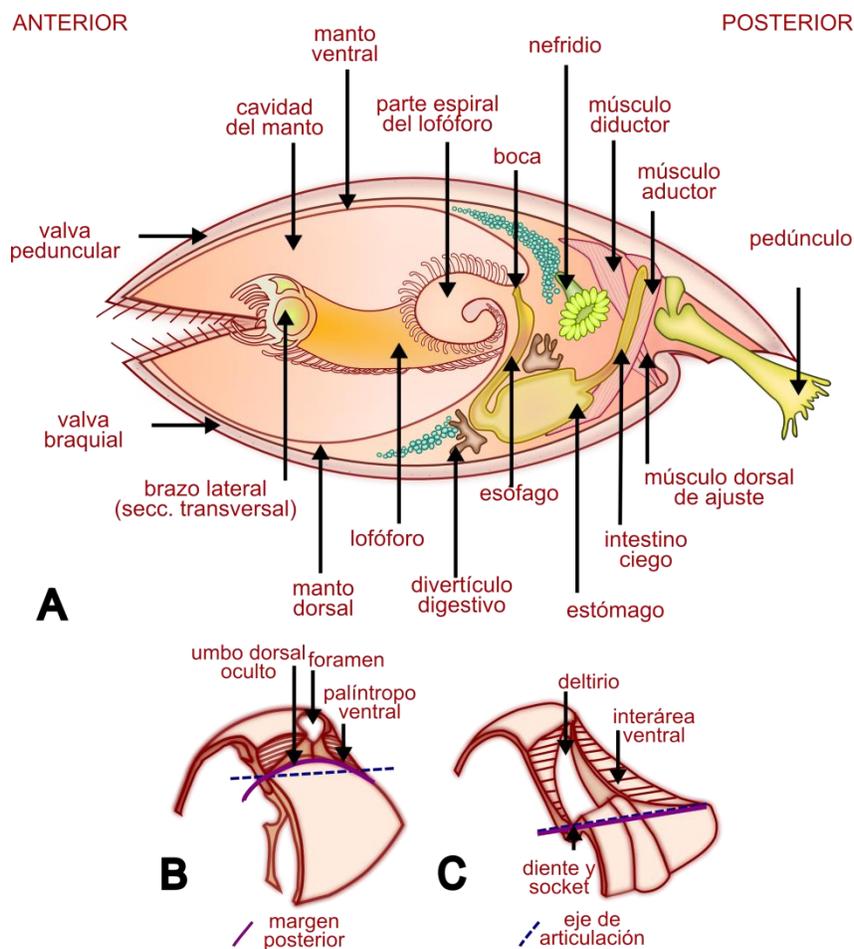


Figura 1.- Anatomía y morfología general de un braquiópodo. **A)** Corte longitudinal de un braquiópodo articulado, mostrado en posición de vida y regiones posteriores de una concha astrófica (**B)** y una concha estrófica (**C**) (Tomada de Williams *et al.*, 1965).

Las valvas de los braquiópodos se encuentran en contacto entre sí mediante comisuras, una anterior y las laterales. En el caso de los braquiópodos articulados, la unión posterior de las valvas está dada mediante una bisagra o charnela, la cual es por lo general alargada. Cuando ocurre que en la valva peduncular el margen de la charnela se va desarrollando en una dirección opuesta a la normal, es decir, hacia la extremidad posterior de la valva, sucede que el margen posterior de la valva pasa a ser parte de la charnela y entonces se forma una estructura llamada palíntropo. La superficie del palíntropo, denominada interárea, puede ser lisa o suavemente curvada (Muir-Wood y Cooper, 1960).

En la valva ventral, la interárea de los productidos se divide medialmente formando una apertura triangular conocida como delthyrium. Cuando esta estructura queda continúa por una placa plana o convexa, la estructura recibe el nombre de pseudodelthyidium. El pseudodelthyidium se considera una característica primitiva en los braquiópodos articulados presentándose inclusive en braquiópodos del Cámbrico inferior, así como en una parte importante de los órthidos y estrofoménidos más primitivos. El delthyrium puede presentarse parcialmente cerrado por una extensión en forma de “V” que se desarrolla a partir del margen posterior en la valva braquial forma una estructura es conocida como lofidium. La cara interna del lofidium puede extenderse ventralmente y formar una cresta angular adherida a la cara externa de los procesos cardinales (Muir-Wood y Cooper, 1960).

En braquiópodos productidos se presentan solo tres familias con una interárea en la valva braquial. La estructura que se forma es conocida como notothyrium, y forma la contraparte dorsal del delthyrium. Los productoides que poseen esta estructura también cuentan con un quilidium, que se trata de la cobertura de la concha sobre el notothyrium (Muir-Wood y Cooper, 1960).

También puede presentarse una segunda interárea o ginglymus desarrollada sobre la valva peduncular. Cuando esto sucede es difícil discriminar si se encuentra una interárea verdadera. Una alternativa para decidir sobre este problema es estudiar ambas valvas. El ginglymus cierra el espacio posterior entre las dos valvas (Muir-Wood y Cooper, 1960).

Una distinción importante entre la valva braquial y la peduncular, es que la segunda se proyecta hacia atrás del margen formando un umbo. El umbo puede ser curvado, prominente, redondeado o con terminación en punta. Cuando el umbo es incurvado, esta

característica tiende a ser más aparente conforme el organismo se encuentra en etapas más tardías de su desarrollo mientras que en otros casos el umbo puede hacerse plano o truncado mediante una cicatrix (Muir-Wood y Cooper, 1960).

En algunas conchas, se pueden formar acanaladuras u ondulaciones hacia el margen ventral de la concha sin embargo son más constantes y notorias hacia los estadios adultos teniendo incluso importancia para definir algunos géneros (Muir-Wood y Cooper, 1960).

El disco visceral es la parte de la concha donde se incluyen el umbo y el venter. Corresponde internamente a la cavidad del cuerpo y es usualmente más demarcado en la valva braquial donde puede aparecer conspicuamente aplanado (Muir-Wood y Cooper, 1960).

Hacia el margen posterior lateral de la charnela, se pueden presentar extensiones laminares de la concha con terminación redondeada o alada. Estas extensiones se denominan aurículas y, aunque generalmente son planas, pueden tener cierto grado de convexidad sobre el lado de la valva peduncular y se encuentran comúnmente separadas de los flancos mediante una deflexión o surco de profundidad y amplitud variables o por la terminación posterior de una cresta, como sucede en *Antiquatonia* (Muir-Wood y Cooper, 1960).

La ornamentación de los braquiópodos puede ser más o menos marcada longitudinalmente formando una concha capilada, con *costellae* o con costillas, todas las cuales se presentan separadas por espacios deprimidos llamados surcos intercostales. Se dice que la superficie es capilada cuando la concha está cubierta con líneas radiales elevadas en número mayor de 25 por cada centímetro. En este caso las estructuras son llamadas estrías. Las líneas radiales, que se observan más gruesas que las estrías se denominan costillas. Las costillas pueden diferenciarse por su morfología, grosor y número en *costellae* y *castae*. Las *costellae* son características de la familia Linoproductidae y se presentan en número de 15 a 25 por cada centímetro. Si estas líneas están fuertemente redondeadas entonces se denominan *costae* y su número por cada centímetro es menor a 15, considerándose que son gruesas si su número va de 5 a 9 por cada centímetro en la parte anterior al umbo, o que son medianas si están en número de 10 a 14 por centímetro y en la misma parte de la concha. Las costillas pueden estar desarrolladas a lo largo de toda la

concha, como en *Dictyoclostus*, encontrarse solo en una parte de ella, como puede ser la región anterior en *Avonia*, presentarse solo parcialmente o no desarrollarse. Además es común encontrar divisiones o bifurcaciones de las costillas que son particularmente cercanas o asociadas a la presencia de costillas y que además permanecen constantes entre diferentes especies (Muir-Wood y Cooper, 1960).

En algunos casos, la ornamentación puede presentar arrugas [= *rugae*] adicionalmente a las líneas radiales (*capillae*), costillas o *costellae*. Cuando se presentan arrugas, éstas forman ondulaciones regulares e irregulares que se acomodan de forma concéntrica o pasan tangencialmente entre líneas de crecimiento (Muir-Wood y Cooper, 1960).

En algunos géneros la superficie externa de una o ambas valvas está fuertemente imbricada, formando láminas que se extienden a manera de tejado. El imbricamiento de estas láminas se forma tanto por el acomodo lateral entre ellas o por su apilamiento, concentrándose hacia la parte anterior de las valvas. Otro tipo de ornamentación que se puede presentar es mediante *costellae* o costillas interrumpidas, que son poco extensas longitudinalmente y terminan formando una cresta, un montículo o incluso una espina. Así mismo, la superficie externa de las valvas puede estar cubierta por costillas muy finas (*capillae*) y, finalmente, la ornamentación puede ser igual en ambas valvas o diferenciarse entre ellas (Muir-Wood y Cooper, 1960).

## **La concha de los braquiópodos**

La concha de los braquiópodos se observa como una estructura compleja de compuestos orgánicos e inorgánicos que forman tres capas. La capa más externa, conocida como periostraco, es orgánica y se pierde comúnmente durante la fosilización. Las otras dos capas son inorgánicas y se secretan secuencialmente a partir de células especiales en el manto, formando inicialmente una lámina gelatinosa que se recubre por el periostraco para después irse mineralizando mediante calcita granular. La concha de los diversos grupos puede estar formada de diferentes materiales. En los linguliformes, por ejemplo, la concha está formada de material fosfático que se va combinando dentro de la concha, mientras que en rhinconeliformes la calcita posee además una composición baja en magnesio (Williams *et al.*, 1965).

Por otra parte, la concha puede estar perforada mediante pequeños huecos llamados puntos. Los puntos (o punctae) forman estructuras columnares que atraviesan la concha totalmente a través de prolongaciones del manto. Cuando en la concha se forman pliegues hacia la parte interna involucrando un reacomodo de las capas de minerales en ellas, las estructuras que se forman se denominan pseudopuntos. Los pseudopuntos atraviesan la concha solamente parcialmente de modo que no llegan a formar perforaciones visibles desde la parte interna de la concha y, en su caso, se pueden observar como pequeñas crestas dispersas. En el caso de los terebratulidos, es característica una concha endopuntuada. Thayer (1986) indica que esta es una de las características a las que particularmente se le atribuye su asociación con una gran persistencia y éxito del grupo. Esta observación es consistente con lo mencionado por Owen y Williams (1969) acerca de que los endopuntos en le confieren a las conchas medios de almacenamiento que les permiten sobrevivir cuando las fuentes de alimento son estacionarias o se agotan. Lee (2008) aclara que los endopuntos se tratan incluso de una estrategia de alimentación muy viable y que le permiten a los terebratulidos sobrevivir cuando se encuentran en condiciones de bajos niveles de oxígeno, considerándose ejemplos de éstos a *Laqueus*, braquiópodos de fiordos de Canadá, y *Terebratulina*, que tiene en apariencia una buena tolerancia a dichas condiciones.

## **ECOLOGÍA Y PALEOECOLOGÍA DE LOS BRAQUIÓPODOS**

Los braquiópodos son organismos marinos que están asociados a aguas con condiciones variables, encontrándose desde aguas de poca profundidad con buena circulación, condiciones de oxigenación y provisión de nutrientes relativamente permanente; hasta zonas de gran profundidad donde existe una menor circulación y es menor la disponibilidad de alimento. Los braquiópodos se encuentran asociados a organismos bentónicos que conforman una rica variedad de invertebrados que pueden vivir enterrados o sobre el sustrato y establecer diversas relaciones con ellos. Entre los invertebrados que están asociados con los braquiópodos se pueden encontrar esponjas calcáreas, corales solitarios y coloniales, briozoarios, gusanos tubícolas, moluscos bivalvos y gasterópodos. En estas asociaciones los braquiópodos son una parte importante conformando grupos de abundancia relevante. En este contexto, es importante mencionar que el estudio de los braquiópodos

proporciona una fuente de información importante para el caso de comunidades recurrentes, es decir, asociaciones de organismos que han caracterizado condiciones ambientales de salinidad, temperatura y profundidad particulares. Ejemplo de estas condiciones pueden revisarse en trabajos como los de Stevens (1966), Cocks (1967) y Fürsich y Hurst (1974).

Es importante recalcar que en la actualidad los braquiópodos se encuentran en ambientes marinos que pueden tener condiciones intermitentes mientras que algunos grupos fósiles no muestran una afinidad muy marcada en cuanto al ambiente preferido en que se desarrollaban. No obstante algunos parámetros ambientales no están del todo entendidos, aunque lo que se ha encontrado es una mayor presencia tanto de individuos como de especies en ambientes de aguas templadas someras en zonas árticas a subárticas, mientras que quedan un tanto confinados a ambientes muy profundos en zonas tropicales. Ager (1967, p. 159) menciona que esto no es del todo aplicable en el caso de los braquiópodos fósiles debido a que la abundancia y diversidad que se ha encontrado en el registro de braquiópodos del Paleozoico y Mesozoico advierte una mayor diversidad y abundancia para ambientes de baja profundidad y de mares cálidos epicontinentales.

La ocurrencia de braquiópodos en el registro fósil está así condicionada a una serie de aspectos ambientales como son la profundidad, el tipo de sustrato y la disponibilidad de alimento (Rudwick, 1962; Ager, 1967; Fürsich y Hurst, 1974). En el trabajo de Fürsich y Hurst, por ejemplo, los autores proporcionan además información sobre la capacidad de crecimiento en algunos braquiópodos mencionando que en órthidos, estrofoménidos y rinconélidos de aguas profundas se presenta regularmente una tendencia a una menor talla, y que esta tendencia es inversa con respecto a lo que ocurre con espiriféridos y pentaméridos de edades parecidas (Fürsich y Hurst, 1974, p. 889). Dichos autores registran una serie de adaptaciones morfológicas particulares en relación a la profundidad del agua incluyendo entre ellas, el desarrollo de aletillas y “*sulcus*” como mecanismos de separación de corrientes en planos horizontales y verticales, y la formación de fuertes deflexiones medias para facilitar la separación de las corrientes inhalantes y exhalantes (Fürsich y Hurst, 1974, p. 893). Los autores proponen, para los braquiópodos que habitan zonas con turbulencia, una serie de adaptaciones morfológicas entre las que incluyen el desarrollo de costillas gruesas, la formación de aberturas pedunculares fuertes y el engrosamiento de las valvas, como ocurre en *Camarotoechia*, *Homeospira*, *Linoporella*, *Pentamerus* y *Sphaerarhynchia*; el desarrollo de

aletillas y la formación de “*sulcus*” peculiares, en combinación con conchas delgadas, en braquiópodos de aguas tranquilas como en *Atrypa*, *Cyrtia*, *Dicoelosia*, *Eoplectodonta*, *Eospirifer* y *Plagiorhynchia*; y formación de conchas resupinadas, con amplias zonas de contacto con el sustrato, para los braquiópodos de aguas de fondos suaves, siendo ejemplos de estos últimos *Atrypa*, *Cyrtia* y *Eoplectodonta* (Figura 2).

Por otra parte, es común encontrar incrustaciones las conchas de los braquiópodos de aguas superficiales, pero no solamente se establecen incrustaciones en estos ambientes. Las incrustaciones corresponden a crecimientos de organismos epibiontes o depósitos de minerales que comúnmente se encuentran sobre las partes duras de los organismos hospederos. En los braquiópodos, las incrustaciones pueden formarse mediante el crecimiento de otros braquiópodos o por el desarrollo de algas, foraminíferos u otros invertebrados como briozoarios, gusanos serpúlidos, que pudieron haberse establecido durante el tiempo de vida del organismo hospedero o una vez que están enterrados parcialmente o que sus restos “*post-mortem*” son depositados en el sustrato.

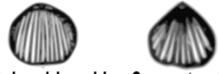
Adaptaciones morfológicas básicas de diversos braquiópodos silúricos a:			
	TURBULENCIA	AGUA TRANQUILA	FONDOS SUAVES
	costelación, desarrollo de pedúnculos fuertes y engrosamiento de las valvas	desarrollo de morfología alada y formación de surcos para separar corrientes; valvas delgadas	formación de una área de apoyo grande; resupinación
ORTHIDA	 <i>Linoporella</i>	 <i>Skenidooides</i> <i>Dicoelosia</i>	 <i>Skenidooides</i>
STROPHOMENIDA		 <i>Eoplectodonta</i>	 <i>Eoplectodonta</i> <i>Leptaena</i>
RHYNCHONELIDA	 <i>Sphaerirhynchia</i> <i>Camarotoechia</i>	 <i>Plagiorhynchia</i>	
PENTAMERIDA	 <i>Pentamerus</i>	 <i>Gypidula</i> <i>Stricklandia</i> <i>Clorinda</i>	
SPIRIFERIDA	 <i>Homeospira</i> <i>Howellela</i>	 <i>Cyrtia</i> <i>Eospirifer</i> <i>Meristina</i> <i>Atrypa</i>	 <i>Cyrtia</i> <i>Atrypa</i>

Figura 2.- Algunas adaptaciones morfológicas en braquiópodos silúricos (Modificada de Fürsich y Hurst, 1974).

Cabe mencionar que algunas consideraciones sobre los hábitos de vida de los braquiópodos y la asociación con otros organismos se han tomado como ciertas. Por ejemplo, una asociación simbiótica se puede tomar como tal si observamos que los organismos incrustantes se desarrollan hacia la región anterior de la línea de charnela. En este caso, debe tomarse en cuenta que la incrustación de los organismos proporciona además información sobre el tipo de posición y la orientación que debía presentar el braquiópodo durante su vida, formando por su parte una asociación donde el organismo incrustante se podría beneficiar por el braquiópodo que le proporcionaría un sustrato adecuado y le permitiría aprovechar las corrientes que transportan materia orgánica para alimento.

Además de la incrustación, otra relación entre los braquiópodos y otros invertebrados que debe considerarse es la depredación. Por su parte, la depredación en los braquiópodos está reflejada a partir de evidencias tales como huellas de reparación y/o perforaciones en las valvas. En el primer caso, una valva que se encuentra reparada puede notarse con un cambio en la ornamentación ya sea porque ésta se encuentra interrumpida o disminuida, o porque se pierde una parte importante de la concha debido al ataque de organismos durófagos, tales como peces y artrópodos. Cuando la reparación en alguna de las valvas no es muy evidente, conviene realizar una inspección a nivel microestructural para evidenciar con mayor detalle en caso de sospechar de ello. Así, una concha que es reparada se ve también con cambios en el arreglo mineralógico de alguna de las capas que conforman la concha. Las perforaciones por su parte, son debidas a organismos que producen sustancias que disuelven o que van raspando las valvas para llegar a la parte blanda del organismo. Dos estrategias que disuaden tanto a los depredadores como a los organismos que forman perforaciones en ellos, son el desarrollo de filas de espinas muy finas en el interior de la concha de rinconélidos y terebratúlidos y la formación de espinas marginales mediante la proyección de surcos intercostales en rinconélidos devónicos y carboníferos (Álvarez y Martínez-Chacón, 2009, p. 415).

En relación al modo de vida de los braquiópodos es concluyente su amplia variabilidad respecto de esta parte de su ecología dado que en ellos se observan diversas adaptaciones que sugieren por lo menos formas de vida fijas al sustrato y formas de vida que son un tanto independientes de éste. De las formas que están fijas, las mayores adaptaciones consisten

en el desarrollo de dos tipos particulares de pedúnculos. Harper y Moran (1997) proporcionan una serie de definiciones en relación a los tipos de pedúnculos de los braquiópodos que viven fijos. En su trabajo definen a los braquiópodos plenipedunculados como aquéllos con estructuras que les permiten estar sujetos a una serie de sustratos duros y a los rizopedunculados como aquéllos braquiópodos que poseen estructuras semejantes a los bisos de bivalvos con las cuales se fijan solo a sustratos suaves.

De los braquiópodos que son un tanto independientes del sustrato (no sujetos al sustrato), Harper y Moran (1997, p. 236) mencionan que son aquéllos que poseen una serie de formas de vida que van desde las formas que están imbricadas para formar estructuras coloniales cohesivas, hasta aquéllas que están parcial o totalmente sumergidas en el sustrato. En este caso, los braquiópodos que están sujetos parcialmente, adoptan así formas de vida pseudoinfaunales apoyadas por la formación de espinas o por el desarrollo de conchas peculiares que asemejan corales solitarios, como las mostradas en los gemmellaroides y rhycthofénidos mientras que algunas otras pueden poseer costillas recurvadas en la región posterior las cuales se entrelazan para permitir su sujeción a varios tipos de estructuras u organismos.

Debe mencionarse que los braquiópodos son importantes como indicadores paleoambientales ya que en sus conchas quedan registradas fluctuaciones de las condiciones del medio en que habitaron. Dichas fluctuaciones pueden revisarse a través de análisis geoquímicos isotópicos para los que no hay que dejar de lado la necesidad de poder distinguir entre aquéllas generadas por el propio metabolismo o por patologías como indican Curry y Fallick (2002). En relación con lo anterior puede atenderse a las conclusiones encontradas por Popp *et al.*, (1986), respecto a que los braquiópodos son una muy buena opción para una referencia isotópica del Paleozoico dado que tienen una importante abundancia en rocas de esta era, registrándose en ambientes de aguas superficiales con salinidad aparentemente normal y sus valvas tienen una menor presencia de magnesio que las hace menos susceptibles a cambios diagenéticos.

Veizer *et al.*, (1986) remarcan la utilidad de estudios geoquímicos en braquiópodos valiéndose de estudios isotópicos que ponen de manifiesto que las variaciones también pueden deberse a fraccionación isotópica mediada por el organismo, cambios en la composición debido a recristalización y estabilización mineral, cementación de porosidad por

calcita y cambios debido a la digestión de material residual en el laboratorio. Los autores aclaran sin embargo que este tipo de registros deben en último término contrastarse con más datos para proporcionar conclusiones sólidas a cerca del tipo de condiciones que imperaban y de las variaciones seculares que se puedan encontrar debido a que presentan implicaciones en términos de tectónica y paleoclimatología, así como en la redefinición de modelos que contemplen la inclusión de otros organismos y muestras directas de afectación en ellos.

Finalmente, es importante recordar que las tallas de los braquiópodos encontrados en los yacimientos pueden verse sesgadas hacia los tamaños adultos debido a que el ciclo de vida de estos organismos presenta una fase larvaria que no aparece en las comunidades bentónicas hasta formarse la concha. Aun así, puede referirse una muestra de tallas, en las que se presenta una distribución normal, como evidencia de una población intacta (Raup y Stanley, 1978).

Además, cuando se revisa el ciclo de vida de los braquiópodos, se debe tener en cuenta que las fases iniciales presentan una gran mortalidad. Estas fases iniciales se siguen por fases donde hay predominancia de tallas mayores durante gran parte del ciclo de vida y finalmente ocurre un descenso marcado en la supervivencia por vejez. No hay que olvidar que la presencia de algunas tallas en particular, puede deberse también al tipo de ambiente que se está analizando. Esquivel-Macías (2000) menciona al respecto que si se supone que los organismos son contemporáneos, es común encontrar que las tallas más pequeñas y frágiles se vayan eliminando debido a un arrastre diferencial.

## ANTECEDENTES

El Estado de Sonora se encuentra en la porción NW de la República Mexicana. En este estado se presenta una heterogeneidad litológica muy amplia, con edades comprendidas entre el Proterozoico y el Reciente, predominando las rocas ígneas intrusivas representadas por depósitos en la Sierra Madre Occidental y rocas ígneas intrusivas.

De acuerdo con Longoria *et al.* (1978) las rocas más antiguas del estado las constituyen los complejos proterozoicos Bámori y Sonobari. El complejo Bámori a su vez se trata de un complejo basal cristalino y metamórfico, que presenta una asociación de esquistos, cuarcitas, anfibolitas, gneises y rocas graníticas y pegmatíticas que se intrusionan por diques y estratos de diorita de hornblenda y cuarzolita porfídica con edades radiométricas de 1730 a 1770 millones de años (Anderson y Silver, 1978). A su vez, el complejo Sonobari. Lo conforman esquistos de la Sierra de Las Mestañas que se continúan por rocas del Granito Aibó, con una edad de Proterozoico Medio, al que le siguen en última instancia secuencias en discordancia de cuarcitas y dolomías ligeramente metamorfizadas con edades también del Proterozoico Medio.

Viveros-Martínez (1965) menciona que hacia la región de Las Mestañas afloran rocas metamórficas denominadas Esquistos El Pinal, correlacionables con el Sistema Vishnú del Gran Cañón de Colorado, E.U.A. Dado que la edad de estas rocas es más reciente que las de los complejos Bámori y Sonobari, se ha motivado la controversia respecto de la manera en que fue evolucionando la región, formulándose por un lado la hipótesis de la Megacizalla Mojave-Sonora (Anderson y Silver, 1979, 1981), En esta hipótesis se explica básicamente el patrón de distribución de los complejos en términos del desplazamiento de las rocas en la región de Caborca (NW de Sonora) a lo largo de entre 700 y 800 km. La edad que se ha planteado para la formación de esta megacizalla varía entre el Pensilvánico – Pérmico inferior (Stevens *et al.*, 1992) y el Jurásico (Silver y Anderson, 1974; Anderson y Silver, 1979; Anderson y Schmidt, 1983). La aceptación de esta hipótesis ha sido la base de diversas discusiones y de trabajos de síntesis como los presentados por Molina-Garza e Iriondo (2005) y Anderson *et al.*, (2005).]

Algunas observaciones con las que se ha inferido la existencia de la megacizalla Mojave-Sonora se dan en términos de deformaciones estructurales. Por ejemplo, Campbell y Anderson (1998, 2003) reportan para la Sierra de Los Tanques, hacia la región de Sonoita, en el Norte de Sonora, una deformación dúctil en la que se ha encontrado milonita y ultramilonita bandeada. La deformación sigue una orientación NW-SE, pudiéndose interpretar como parte de la traza dejada por un desplazamiento subhorizontal, pero tomándose con reservas por estos autores quienes concluyen que los indicadores cinemáticos a la escala de su estudio no son concluyentes. Campbell y Anderson (1998) mencionan además que las milonitas de la región de Sonoita quedan asociadas a deformaciones estructurales por transpresión durante el Jurásico. Molina e Iriondo (2005) mencionan al respecto que se han encontrado reactivaciones de estructuras anteriores que pueden estar alineadas a zonas de deformación pero no son únicamente asociadas a la megacizalla Mojave-Sonora, como se ha planteado durante años.

En una explicación alternativa a la configuración del basamento en Sonora, se sugiere que la disposición de rocas cristalinas se relacionaba con la existencia del “Doblez Oroclinal Caborca”, resultando éste de la colisión de los arcos volcánicos Yavapai y Meztzal del bloque norteamericano (Iriondo, 2005, 2007). Iriondo y Premo (2010) mencionan además que esta hipótesis explicaría la ocurrencia de basamento paleoproterozoico tipo Yavapai en el NW de Sonora, concluyendo que las rocas de los basamentos Yavapai y Mojave son autóctonas con respecto al basamento Meztzal.

Respecto de los estudios del Paleozoico de Sonora son pioneras las aportaciones de King (1939) quien menciona rocas del Cámbrico–Ordovícico en un trabajo de reconocimiento de la Sierra Madre Occidental. Tiempo después, Cooper y Arellano (1946) y Cooper *et al.*, (1956) estudian, respectivamente, la estratigrafía y los fósiles contenidos en el área de Caborca, mencionando las primeras descripciones de arqueociátidos, braquiópodos, trilobites y algas calcáreas. Cooper *et al.*, (1965) proponen una división litoestratigráfica en la que incluyen a las formaciones Puerto Blanco, Proveedora, Buelna, Cerro Prieto, Arroyos y El Tren. Anderson *et al.*, (1978) mencionan también que esta secuencia sedimentaria sobreyace concordantemente a rocas precámbricas. Rivera-Carranco (1988) resalta, sin embargo, que no está clara la situación hacia su parte superior dada la presencia de un contacto erosivo para la formación El Tren, la cual corona a la secuencia paleozoica.

En la secuencia del Paleozoico de Sonora básicamente se encuentran calizas y areniscas depositadas en la que se consideraba como un miogeosinclinal de plataforma hacia el Sur del Sistema Geosinclinal Cordillerano. Poole *et al.*, (2005) interpretan que el ambiente de depósito de estas rocas debió ser un conjunto de mares de plataforma que se desarrollaron durante el Paleozoico Inferior en los cuales se presentaba un hundimiento lento e ininterrumpido hacia la margen SW del Cratón Norteamericano.

Pfeiffer-Rangin (1982), reconoce tres facies coevolutivas para el noreste y centro de Sonora. Las facies reconocidas por la autora son consideradas como probablemente yuxtapuestas tectónicamente. Una primera facies, en la que menciona graptolitos y radiolarios, se trata de una secuencia plegada con un eje NNE-SSW de sedimentos silíceos y sedimentos de aguas profundas a las que les asigna una edad del Ordovícico al Misisípico. La facies intermedia la describe como una secuencia de cuarzo y carbonatos del Cámbrico inferior-Pensilvánico Medio (?), la cual probablemente estaría formando la pendiente de una depresión con procesos de sedimentación cercana al continente o miogeosinclinal afectado en gran escala por plegamiento. La tercera facies, relacionada probablemente con la Fase Acadiana de la Orogenia Antler, en el Oeste de Estados Unidos, la describe como conformada por rocas carbonatadas con lutitas y areniscas del Pérmico que eventualmente podrían haber presentado interrupción de la sedimentación durante el Misisípico tardío.

Palafox *et al.*, (1984) reportan la presencia del Paleozoico Superior para el área de Arivechi, Sonora, con base en la presencia de corales de la especie *Amplexizaphrentis clinatus* (Greene) y braquiópodos del género *Brachytyrina* como parte de un proyecto en que definían las relaciones estratigráficas y estructurales de esta región, asignando una edad de Misisípico Medio. Un punto importante en sus conclusiones es que la secuencia paleozoica que describen se encuentra sobre rocas cretácicas, a lo que le atribuyen como única explicación la presencia de una importante cabalgadura por tectónica compresiva. Esta interpretación se refuerza por la presencia de fuertes plegamientos en las margas que quedan debajo del Paleozoico.

Almazán-Vázquez y Buitrón-Sánchez (2007) enlistan para el Pensilvánico un total de trece géneros de braquiópodos paleozoicos reportados para Sonora en series sedimentarias de cuatro sitios distintos. En este trabajo mencionan la importancia de los braquiópodos comentando que su registro es particularmente interesante debido a que constituyen

elementos paleontológicos con los cuales pueden conocerse los límites hacia el Sur del Cratón Norteamericano durante el Paleozoico.

Finalmente, Buitrón-Sánchez *et al.*, (2012) comparan las secuencias estratigráficas del Atokano para una localidad en Cerros El Tule, Noroeste de Sonora, y una parte expuesta en Sierra Agua Verde encontrando diferencias en cuanto a los organismos bioconstructores, faltando en el caso de Cerros El Tule arrecifes coralinos o de *Chaetetes*, constituyendo en este caso una probable secuencia depositada en un ambiente de plataforma carbonatada relativamente continua de clima subtropical árido. De la secuencia de Cerros El Tule mencionan que la composición faunística, conformada por foraminíferos, algas, esponjas (chaetétidos) y fusulínidos, presenta una clara afinidad paleogeográfica con la biota de Nevada, Arizona, Nuevo México y Texas. En este caso la escasez de chaetétidos es además explicada en términos de una baja profundidad. Por último, los autores mencionan que la secuencia del Cerro El Tule es aparentemente idéntica a una secuencia de la Sierra Las Palomas, en Chihuahua, descrita por Téllez-Girón (1979) y Vachard y Téllez-Girón (1986).

## **LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA**

La Sierra Agua Verde se encuentra aproximadamente a 110 km al Oriente de Hermosillo, Sonora, dentro del municipio de San Pedro de la Cueva. Su centro se localiza en las coordenadas 29° 12' 10.50" latitud N y 109° 54' 11.65" longitud W. El área de estudio queda ubicada en la parte centro-oriental de Sonora, a 24 km del poblado de San Pedro de la Cueva, llegando a la localidad a través de las Carreteras Estatales 104 (Hermosillo-Mazatán) y 171 (Mazatán-Villa Pesqueira-San Pedro de la Cueva), y pasando por el camino de terracería en el rancho Agua Caliente (Figura 3).



Figura 3.- Mapa de Carreteras del Estado de Sonora, México. (Tomado de Consejo de Recursos Minerales, 1998 - Monografía Geológico-Minera del Estado de Sonora).

## MARCO GEOLÓGICO

En carta geológica del INEGI (1999), la Sierra Agua Verde está cartografiada como del Triásico-Cretácico Inferior. No obstante en otros estudios sobre la región se han reconocido afloramientos cuyas edades están comprendidas entre el Neoproterozoico(?) y el Pensilvánico (Stewart *et al.*, 1999; Stewart y Poole, 2002), así como afloramientos del Ordovícico-Pérmico (Ochoa-Granillo y Sosa-León, 1993) constituyendo además una de las secuencias de rocas paleozoicas de plataforma interna más completas y mejor expuestas en México (Figura 4).

De acuerdo con Ochoa-Granillo y Sosa-León (1993) el Paleozoico de Sierra Agua Verde comprende los Grupos San José y Agua Verde. Para el Grupo San José, dentro de lo que respecta al Cámbrico inferior, se encuentran la Formación Puerto Blanco, la Cuarcita Proveedora (con registros de trilobites de la especie *Ellenelus gilberti* (Stewart *et al.*, 1984) y dataciones de circones detríticos que se han derivado de rocas del Cámbrico para edades de 1,100 a 1,800 millones de años (Gehrels y Stewart, 1998; Gross *et al.*, 2000; Stewart *et al.*, 2001)), y la Formación Buelna, incluyendo para el Grupo San José la Formación Arrojos del Cámbrico medio, interpretándose tradicionalmente como un pulso regresivo asociado a sedimentación carbonatada y desarrollo de una plataforma somera. Rivera-Carranco (1988) comenta para material del Grupo San José la presencia de sedimentos terrígenos de cuarzo con diversas naturalezas y fragmentos de calizas; dichas observaciones las toma en cuenta para indicar una posible área fuente con una erosión muy rápida de rocas metamórficas, volcánicas ácidas y calizas del Precámbrico. A su vez, Gehrels y Stewart (1998) mencionan que la proximidad de las rocas del Cámbrico (p. e. el Granito Aibó) podría ser indicativa de fuentes locales más que una aportación importante de una fuente en la provincia de Greenville considerando que tanto en la Cuarcita Proveedora como en la Cuarcita Bolsa, la edad de los circones es afín a la presentada por la Provincia de Greenville. Aquí es importante señalar que sus circones son prácticamente indistinguibles (Kurtz *et al.*, 1998), predominando en ambas edades que van de 1100 a 1200 millones de años, separando a ambas cuarcitas de las que están al este de California, y sugiriendo una autoctonía del Terreno Caborca con respecto a Norteamérica (Molina-Garza y Iriondo, 2005, p. 12).

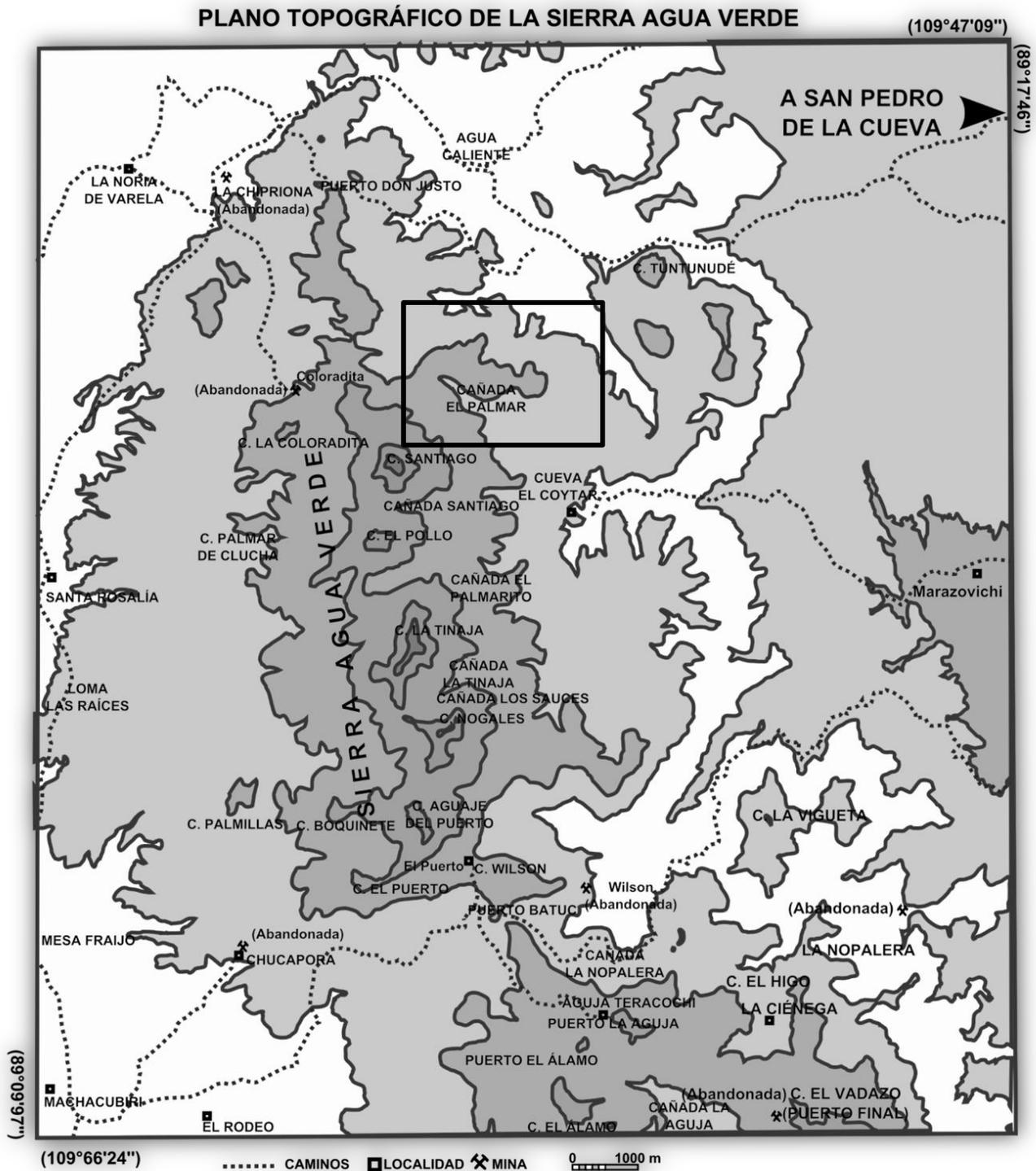


Figura 4.- Mapa topográfico de Sierra Agua Verde, Sonora. El intervalo entre las curvas de nivel es de 200 m, con las áreas en blanco enmarcadas a una altitud de 900 msnm y aumentando en relación a la tonalidad. La sección medida se ubica al oeste de la Cañada El Palmar. (Modificado de Ochoa-Granillo y Sosa-León, 1993).

En relación con el Grupo Agua Verde, Ochoa-Granillo y Sosa-León (1993) interpretan la secuencia como predominantemente de plataforma carbonatada. De acuerdo con Stewart *et al.* (1999), la Sierra Agua Verde, incluye estratos parecidos a los del miogeoclinal Cordillerano. Estos autores mencionan que la parte que corresponde al Pensilvánico Medio se trata de una secuencia de 688 m de espesor que forma la cuesta de la sierra. De acuerdo con estos autores, en la Sierra Agua Verde están presentes zonas de fallamiento de alto grado hacia el Oeste, donde se pueden observar afloramientos del Neoproterozoico(?) al Cámbrico estructuralmente complicados y en los cuales se dificulta la determinación de sus espesores que podrían ser de algunos cientos de metros. Estos estratos consisten de limolita micácea en coloraciones amarillo-grisáceas, grises en tonos rojizos y verde-grisáceos con cantidades menores de cuarcita amarillo-grisáceas de grano fino a muy fino y cuarcita amarillo-grisáceas de grano grueso y conglomerado. Estos estratos se presentan en aparente continuidad por debajo de la Cuarcita Proveedora. Hacia la cima de esta parte de la sierra reportan al braquiópodo *Obolella* y al trilobite del Cámbrico inferior *Nevadella*.

Recientemente, Buitrón-Sánchez *et al.*, (2007a) han registrado para la formación La Joya, en Sierra Agua Verde, una fauna muy variada consistente en algas filoides, fusulínidos, chaetétidos, corales tabulares, gasterópodos, briozoarios fenestélidos, braquiópodos espiriféridos y productidos, crinoides y conodontos, constituyendo las capas con crinoides un ejemplo de encrinitas regionales definidas por los autores como “*grainstone* y *packstone* de crinoides con una composición volumétrica de 50% o más de flujos de escombros de pelmatozoos con por lo menos 5-10 m de espesor y 500 km<sup>2</sup> de extensión” y de las que infieren un ambiente de depósito en que se presentaron las condiciones para su silicificación, posiblemente relacionado con una asociación entre crinoides y organismos silicificados (Porifera?), lo que conforma igualmente una tanatocenosis típica de aguas tropicales de baja profundidad. En este caso se atribuye una fuente orgánica para la provisión de sílice al medio, ya que no se evidenciaron zonas de vulcanismo o de evaporación. Para las acumulaciones de crinoides de la formación la Joya, los autores mencionan que durante el Atokano el ambiente de plataforma carbonatada en Sierra Agua Verde habría permitido condiciones biotópicas muy productivas en los crinoides, los cuales aportarían cantidades importantes de material hacia la zona distal con tempestitas.

Palafox (2011) estudia varios afloramientos de la región Norte y Centro de Sonora para los que incluye resultados bioestratigráficos basados en la presencia de algas y foraminíferos del Frasniano-Viseano (base del Devónico Tardío – Misisípico Medio). En su trabajo, el autor identifica las biozonas sucesivas de 1) *Nanicella gallogayi*, 2) *Eogenitzia devónica*, 3) Moravamínidos indeterminados, 4) *Granuliferella*, 5) *Laxoendothyra parakosvensis-Granulliferoides* sp., 6) *Tuberendothyra* sp.-*Inflatoendothyra* sp., y 7) *Stacheoides tenuis*; éstas son seguidas por la biozonas de foraminíferos M2, A2, A4, DS1, DS2, MC1/2, VC2/3, PW1/2, que siguen una edad correspondiente a las divisiones regionales del Pensilvánico (Morrowano, Atokano, Desmoinesiano, Missouriiano y Virgiliano). La combinación de esos datos con el análisis geoquímico permite proponer una tectónica sinsedimentaria controlada por un ambiente de plataforma de antepaís entre el Cratón de Norteamérica y el Océano Reico. Entre las conclusiones que presenta el autor, menciona que la paleogeografía para el área estudiada está representada solo por un dominio, relacionado con los terrenos Oaxaquia y Mixteco.

Cabe mencionar que para Norteamérica existen dos zonaciones de foraminíferos que clásicamente se han manejado para el intervalo Morrowano-Atokano. Thompson (1945, 1948) presenta una zonación basada en fusulínidos con una primera zona representada por *Millerella* donde quedan ausentes formas más complejas como *Profusulinella* y siendo la misma zona representativa del Misisípico Tardío (Chesteriano) a la base del Pensilvánico. Esta zona está sucedida por la *zona de Profusulinella* que es del Atokano medio encontrándose ejemplares en estratos intermedios de *Eoschubertella* y *Pseudostaffella* de los cuales menciona que no son zonalmente significativos (Thompson, 1948).

Una segunda zonación, propuesta por Mamet (*En Mamet y Skipp, 1970, .p. 336*) propone a la *zona de Profusulinella* de Thompson como su *Zona 20* con base en la primera aparición de *Lipinella* s. s. Más tarde, Mamet (1975, p. B6) enmienda la definición de su Zona 20 para incluir la primera aparición de *Glovivalvulina* quedando además estrictamente incluida en la Serie del Morrowano.

Por último, Palafox (2011) evidencia ciclos climáticos de humedad-aridez con base en análisis de fluorescencia de rayos X, a partir de la determinación de concentraciones de óxidos mayores en afloramientos de los Cerros Los Abajeños y El Palmar, en Sierra Agua Verde, y el Cerro El Yugo, en Arivechi. Esta información la contrasta con la parte más al sur

de Continente medio [= *Midcontinent*] considerando que las plataformas en el área de estudio presentaron un clima un poco más árido que hacia los Estados Unidos, donde se presentan importantes aportaciones de terrígenos.

## **LITOESTRATIGRAFÍA DE LA SIERRA AGUA VERDE**

La litoestratigrafía de la Sierra Agua Verde está constituida por rocas con edades del Neoproterozoico(?)-Cámbrico (Stewart *et al.*, 1984, 1999) y del Ordovícico Temprano–Pérmico Temprano (Ochoa-Granillo y Sosa León, 1993). En el presente trabajo se sigue la segunda propuesta pero hay que mencionar sin embargo que la denominación estratigráfica para los grupos sedimentarios y formaciones de la Sierra Agua Verde, es de carácter informal pues la investigación de estos autores constituyó una tesis de grado todavía no publicada.

Las rocas más antiguas en Sierra Agua Verde están constituidas por lutita y arenisca, con cuarcita que corresponden al Grupo San José del Cámbrico. Estas rocas se encuentran intrusionadas por cuerpos terciarios. Al Grupo San José le suprayacen rocas del Ordovícico al Pérmico constituidas por areniscas, lutitas y rocas carbonatadas del Grupo Agua Verde que está conformado por las formaciones El Boquinete, El Pollo, Santiago, La Joya y Tuntunudé. El Grupo Agua Verde se divide en dos miembros. El miembro inferior incluye las formaciones El Boquinete y El Pollo, las cuales constan de estratos de arenisca cuarcítica-feldespática alternados por estratos calcáreos masivos. En el miembro superior se encuentran las formaciones Santiago, La Joya y Tuntunudé, donde predomina caliza con intercalaciones esporádicas de lutita y arenisca (Servicio Geológico Mexicano, 2010 - Carta Geológica Minera San Pedro de la Cueva Hoja H12-D34) (Figura 5).

Sistema/Período	Serie/Época	Ochoa-Granillo y Sosa-León(1993)	Stewart et al. (1984)	
Pérmico	Lopingiano	Grupo AGUA VERDE		
	Guadalupiano			
	Cisuraliano			
Carbonífero	Pensilvánico		fm. Tuntunudé	Caliza Masiva
	Misisípico		fm. La Joya	
	Superior		fm. Santiago	
Devónico	Medio		fm. El Pollo	
	Inferior			
	Silúrico			
Ludlow				
Wendlock				
Ordovícico	Llandovery	fm. El Boquinete		
	Superior			
	Medio			
Cámbrico	Inferior	Grupo SAN JOSÉ	Caliza	
	superior		Limolita	
	inferior		Cuarcita Provedora	

Figura 5.- Grupos sedimentarios y formaciones en la Sierra Agua Verde, Sonora.

### Formación El Boquinete (unidad informal)

Esta formación constituye la base del Grupo Agua Verde, y está caracterizada por una composición de lutita calcárea, caliza arenosa, caliza con pedernal y ortocuarcita. Su fauna fósil está representada por braquiópodos de los géneros *Liricamera* y *Dipareplasma*, corales de los géneros *Palaeoalveolites*, *Palaeophyllum* y *Streptelasma*, además de fragmentos de crinoides, briozoarios y ostrácodos que permiten asignarle una edad del Ordovícico. Además, en la parte media de la formación, se encuentran algas características en niveles de calizas con nódulos y lentes de pedernal y estratos con corales solitarios.

La formación Boquinete presenta un afloramiento en el Cerro La Tinaja, donde se muestra una secuencia de 540 m de espesor. Se considera además correlacionable con las formaciones Cobachi (Ordovícico medio, Ketner y Noll, 1987) y Las Norias (Vega y Araux, 1987).

Respecto de su ambiente de depósito, Ochoa-Granillo y Sosa-León (1993) mencionan que las facies corresponden a una plataforma carbonatada somera con desarrollo de bancos calcáreos de algas y crinoideos.

## **Formación El Pollo (unidad informal)**

Esta formación debe su nombre al Cerro El Pollo, donde se presenta su principal afloramiento, que sobreyace concordantemente a la formación El Boquinete y tiene un límite superior concordante con la formación Santiago. Se constituye de estratos de caliza, caliza arenosa y arenisca de grano medio a grueso con pedernales en nódulos y capas. En ella son característicos los fragmentos de crinoides y además briozoarios del género *Ampliospora* así como corales de los géneros *Alveolites* y *Actinostroma*. Estos últimos representan registros del Silúrico tardío–Devónico tardío y Devónico, respectivamente. Otros registros de corales que presentan un alcance estratigráfico muy amplio son *Favocites* sep. (Ordovícico tardío–Devónico medio), *Syringopora* sp. (Silúrico medio-Pensilvánico) y *Michelinia* sp. (Devónico–Pérmico).

El ambiente de depósito para esta formación se ha interpretado como de plataforma somera con zonas arrecifales biohermales.

La formación El Pollo es además correlacionable hacia su base con la Caliza Aparejo de la Sierra Las Norias (Vega y Araux, 1987) y hacia su parte media–superior con la Unidad La Verde (Ávila, 1987), teniendo una litología que es también muy parecida a la que muestra la parte superior del Grupo Tinaja (Ketner y Noll, 1987).

## **Formación Santiago (unidad informal)**

Está constituida por una secuencia de estratos de caliza arenosa y arenisca e incluye fauna de briozoarios y crinoides, así como corales solitarios (*Amplexizaphrentis*) de edad misisípica y braquiópodos (*Brachytyrina*) del Misisípico–Pérmico.

El ambiente de depósito que se le ha atribuido con base en su litología y contenido fósil es de plataforma con desarrollo de bancos calcáreos de organismos coloniales

Presenta correlación con las Calizas Escabrosa y Horquilla (Grupo Naco, Gilluly *et al.*, 1954) en el área de Cabullona (Viveros-Martínez, 1965; Zendejas, 1973). En este caso la correlación que se presenta es parcial debido a que la Formación Horquilla está conformada por caliza pizarrosa de edad pensilvánica.

## Formación La Joya (unidad informal)

Esta formación se constituye de caliza intercalada con lodolita y lentes arenosos. Presenta fauna del Silúrico medio-Pérmico conformada por corales del género *Syringopora*, braquiópodos del género *Crurithyris* y briozoarios del género *Glyptopora*, así como fragmentos de crinoideos, infiriéndose su ambiente de depósito como correspondiente a una plataforma somera con aporte de terrígenos.

La cima de la formación La Joya presenta un contacto por falla con la formación Tuntunudé y es correlacionable con la formación Picacho Colorado (Noll, 1981) y la Caliza Aparejo (Vega y Araux, 1987), ambas representando ambientes marinos de plataforma con caliza rosácea y rojiza, calizas ligeramente recristalizadas intercaladas con dolomía y caliza gris bioclástica, con fusulínidos de las especies *Skinnerella cobachiensis*, *Paraskinnerella* cf. *P. durhami* y *Parafusulina* cf. *P. multisepta* (Pérez-Ramos y Nestell, 2002).

Para la sección Agua Caliente, la formación La Joya (Figura 6) se divide en tres miembros. En el miembro inferior (estratos AC1 a AC10) se presenta intercalaciones de caliza gris tipo *packstone* peletífero y *grainstone* de crinoideos y braquiópodos con foraminíferos, además de caliza arenosa, caliza dolomítica y arenisca; frecuentes oquedades y muestras de disolución, con óxidos, vetas de calcita y silicificación muy marcada. La parte más baja de la sección incluye caliza rosácea e intercalaciones de pedernal claro y oscuro. Los planos de estratificación en esta parte de la sección se encuentran ocasionalmente rellenos por óxidos. En estas calizas son abundantes diversos espiriféridos, terebratúlidos, schuchertélidos y productidos.

En la parte inferior del miembro medio (estratos AC11 a AC25) abunda caliza tipo *rudstone* de bivalvos y *grainstone* de cortoides y pellets con algunos estratos presentando buena a muy buena selección pero con diferentes grados de orientación de los aloquímicos, además de contar con encrinetas e intercalaciones de pedernal oscuro y algunos estratos de caliza dolomítica; subordinados a estos estratos se presenta también caliza tipo *wackestone* de crinoideos y braquiópodos, capas con dolomita en mosaico hipidiotópico con abundante porosidad intercrystalina. Las rocas de esta parte de la sección presentan huecos de disolución y biota dispersa de braquiópodos y algas; las rocas sobreyacen a estratos que presentan cambios de facies de laguna arrecifal a cresta arrecifal (Ochoa-Granillo, 2013,

com. pers.). Las encrinitas incluyen ejemplares de ?*Cyclocaudex*, ?*Cyclocrista*, *Heterostelechus*, *Lamprosterigma* y *Preptopremnum*.

El miembro superior (estratos AC26 a AC39) incluye restos de braquiópodos asociados a caliza gris tipo *packstone* peletífero, *grainstone* de cortoides y *rudstone* de cortoides cuyos estratos varían entre 30 y 50 cm de espesor. En la parte superior de la sección son característicos estratos con algas filamentosas y briozorios escasos o dispersos en caliza tipo *rudstone*, *grainstone* y *packstone* con intraclastos, pellets y cortoides. En los estratos que conforman esta parte de la sección es común encontrar que los elementos esqueléticos de mayor tamaño están parcial o totalmente disueltos con relleno de material micrítico cuarzoso o teniendo pérdida de estructura esquelética. Los gasterópodos están incluidos en los estratos “sin una orientación preferencial” en un número aproximado de entre 8 y 10 ejemplares por cada 50 cm<sup>3</sup>, y con tallas que varían de los 10 a los 25 mm, sesgándose hacia tallas mayores de 18 mm.

Gómez-Espinosa *et al.*, (2009) han interpretado un ambiente de depósito para esta formación como de plataforma abierta. En sus estudio analizaron 176 ejemplares de gasterópodos de la especie cf. *Donaldina robusta*, caracterizando los rasgos tafonómicos y tomando en cuenta que las características bioestratinómicas (fracturamiento, corrosión y orientación), los grados tafonómicos y las características sedimentológicas (porcentaje de matriz, clasificación y gradación de la roca) permiten inferir concentraciones de elementos autóctonos y para-autóctonos para un tiempo de acumulación relativamente corto (indicado por la alta cantidad de matriz). Algunos ejemplares que estudiaron presentan transporte mínimo reflejado en una mayor fracturación en las partes preferencialmente frágiles de las conchas. Los autores consideran además que el acomodo aleatorio de los elementos y la falta de imbricación son características que resultan del enterramiento de los elementos en un ambiente de baja energía.

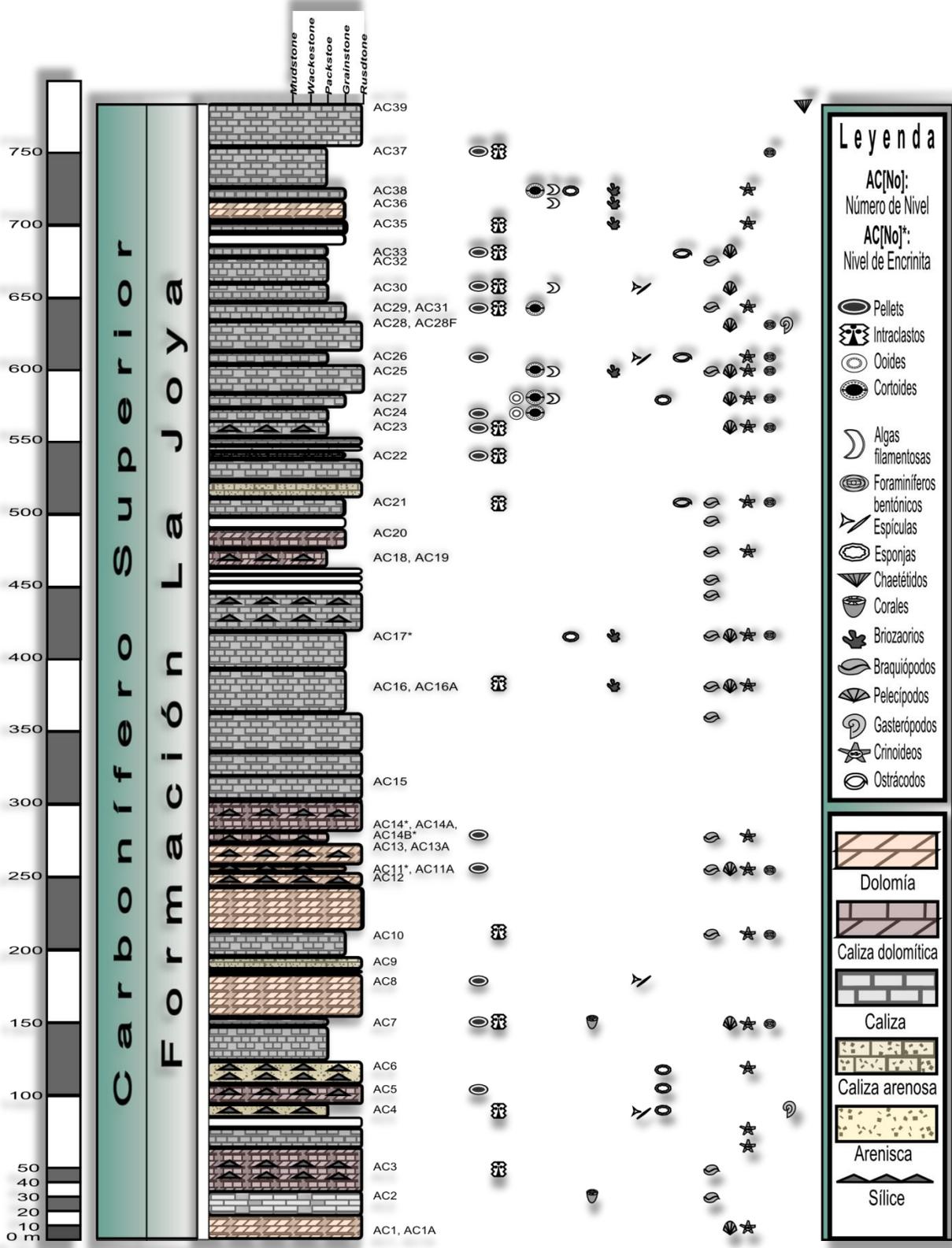


Figura 6.- Columna estratigráfica de la formación La Joya en la Sección Agua Caliente (AC). Los estratos en blanco no fueron caracterizados litológicamente.

## **Formación Tuntunudé (unidad informal)**

Esta formación presenta una secuencia de caliza en capas intermedias a masivas, caliza arenosa con nódulos de pedernal y arenisca. La parte superior está cubierta discordantemente por conglomerados de fragmentos calcáreos y rocas volcánicas del Terciario. Su fauna está representada por briozoarios, pelecípodos, crinoides, corales y fusulínidos. De estos últimos son representativos ejemplares del género *Schwagerina*, cuyo registro estratigráfico está limitado al Pérmico temprano.

El ambiente de depósito de esta formación se trata de una plataforma somera, incluyendo que los fusulínidos son típicos de secuencias transgresivas–regresivas y su depósito se asocia a condiciones de máxima transgresión (Thompson, 1964).

La formación Tuntunudé es parcialmente correlacionable con la formación Picacho Colorado, en el Cerro El Cobachi, con la Unidad Placeritos en la Sierra de López Ávila, con la formación El Tigre (Hewett, 1978), con la formación Venado Miembro Dos (Vega y Araux, 1985) y la Formación Los Monos (Cooper y Arellano, 1946; Buitrón-Sánchez *et al.*, 2007a); la última de estas unidades ha sido caracterizada como una secuencia de carbonatos fosilíferos que representan facies marinas de poca profundidad.

## **MATERIALES Y MÉTODO**

### **Actividades de campo**

Se realizaron dos salidas de campo. Una en el mes de marzo del año 2012 y otra en febrero de 2013. En la primera salida se tuvo como objetivo realizar la prospección geológico-paleontológica en un nuevo afloramiento de la Sierra Agua Verde. Se observaron las características de los estratos y su contenido fosilífero y se recolectaron algunos ejemplares consistentes en esponjas coralinas (chaetétidos), briozoarios, braquiópodos y crinoides. Para la obtención del material fósil incluido en la roca se utilizó martillo y cincel, marcándose con plumón la sigla “AC”, la cual corresponde a la nueva sección estudiada que se nombró Agua Caliente. Para el traslado del material, éste fue envuelto en papel y bolsas de plástico utilizándose etiquetas con datos de sección y nivel estratigráfico.

Para la segunda salida de campo se colectaron muestras de diferentes niveles y se puntualizaron características litológicas en la sección.

El material fue enriquecido con muestras recolectadas anteriormente, en varias salidas de campo, por el grupo de investigadores del Paleozoico sedimentario de los departamentos de Geología de la Universidad de Sonora y de Paleontología del Instituto de Geología, UNAM.

### **Actividades de laboratorio**

La limpieza del material se realizó en el laboratorio de preparación de muestras del Instituto de Geología, UNAM. Se lavaron las muestras con agua y cepillos dentales y se procedió a retirar el sedimento con cepillos dentales y de cerdas de alambre, agujas de disección y exploradores odontológicos. Para remover los sedimentos de mayor dureza se utilizó un *sandblaster* y percutores neumáticos. Algunos ejemplares fueron tratados con ácidos clorhídrico y fosfórico diluidos al 10% con el fin de remover pequeñas cantidades de carbonato a los ejemplares que se encontraba silicificados.

### **Actividades de gabinete**

Para el estudio sistemático se utilizó literatura especializada sobre el tema. La clasificación se realizó siguiendo la propuesta en el *Treatise on Invertebrate Paleontology* (Williams *et al.*, 2000, 2002, 2006, 2007, *Tomo H – Brachiopoda Revised*). La determinación y descripción de los ejemplares se hizo mediante comparación con ilustraciones y descripciones de literatura especializada, considerándose en primer lugar aquéllos braquiópodos que debieran corresponder por edad y que se hubiesen mencionado para la región, además de que se tomaron en cuenta las publicaciones sobre braquiópodos del Misisípico-Pérmico del suroccidente de Estados Unidos, dado que en este intervalo estratigráfico era factible encontrar ejemplares que puedan corresponder con los taxones que se describen en esta tesis.

La descripción se complementó con mediciones de los parámetros principales de los braquiópodos (longitud, anchura y altura), utilizándose un calibrador Vernier digital para las mediciones, y llenándose las respectivas tablas realizadas poniendo el primer decimal de los milímetros observados (Figura 7). Para eliminar problemas en la medición de los ejemplares, se reinició el calibrador cada tres o cuatro mediciones.

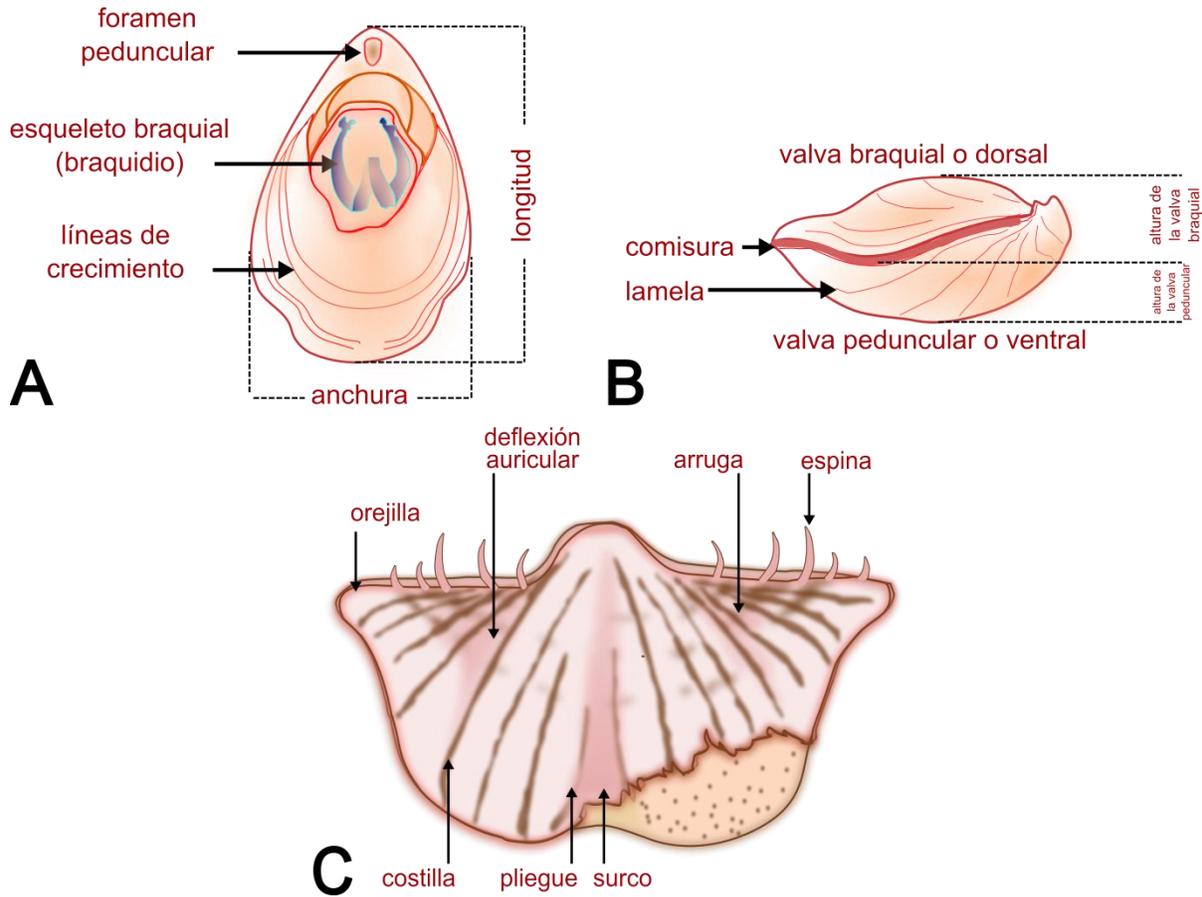


Figura 7.- Parámetros mensurables (A y B) y estructuras de ornamentación en un braquiópodo (C).

GÉNEROS	Williams <i>et al.</i> (1965)		Brunton, Lazarev y Grant (1995)(Orden Productida)		Williams <i>et al.</i> (2000, 2002, 2006, 2007)
<i>Plicatifera</i> Chao, 1927, p. 25	Superfamilia Productacea Gray, 1840 (P. H464)	Familia Overtoniidae Muir-Wood y Cooper, 1960 (P. 471) Subfamilia Plicatiferinae Muir-Wood y Cooper, 1960 (P. 476)	Superfamilia Productoidea Gray, 1840 (P. 926;) (P. H424)	Familia Productidae Gray, 1840 (P. 467) (P. H467)	Subfamilia Plicatiferinae Muir-Wood y Cooper, 1960 (P.927) (P. 450) Tribu Plicatiferini Muir-Wood y Cooper, 1960
<i>Kozłowska</i> Fredericks, 1933, p. 29		Familia Marginiferidae Stehli, 1954 (P. H476) Subfamilia Marginiferinae Stehli, 1954 (P. 477)			Subfamilia Productinae Gray, 1840(P. 928) (P. H467) Tribu Kozłowskiini Brunton, Lazarev y Grant, 1995 (P: 928) (P. H469)
<i>Linoproductus</i> Chao, 1927, p. 25		Familia Linoproductidae Stehli, 1954 (P. H500) Subfamilia Linoproductinae Stehli, 1954 (P. H500)	Superfamilia Linoproductoidea Stehli, 1954 (P. 929) (P. H526)	Familia Linoproductida e Stehli, 1954 (P. 930) (P. H526)	Subfamilia Linoproductina Stehli, 1954(P. 930) (P. H526)
<i>Composita</i> Brown, 1845, p. 131	Superfamilia Athyridacea M'Coy, 1844 (P. H654) Familia Meristellidae Waagen, 1883(P. H654) Subfamilia Athyridinae M'Coy, 1844 (P. H662)				Superfamilia Athyridoidea Davidson, 1881 (P. 1496) Familia Athyrididae, Davidson 1881 (P. 1496) Subfamilia Spirigerellinae Grunt, 1965 (P. H1533)
<i>Anthracospirifer</i> Lane, 1963, p. 385	Superfamilia Spiriferacea King, 1846 (P. H679) Familia Spiriferidae King, 1846 (P. H704)				Superfamilia Spiriferoidea King, 1846 (P. H1769) Familia Spiriferidae King, 1846 (P. H1769)) Subfamilia Sergospiriferinae Carter, Johnson, Gourvennec y Rong-Fei, 1994 (P. H 1777)
<i>Hustedia</i> Hall y Clarke, p. 120	Superfamilia Retziacea Waagen, 1883 (P. H649) Familia Retziidae Waagen, 1883 (P. H649)				Superfamilia Retzioidea Waagen, 1883 (P. H649) Familia Retziidae Waagen, 1883 (P. H649) Subfamilia Hustedinae Grunt, 1986 (P. H. 1591)
<i>Reticulariina</i> Fredericks, 1916, p. 16	Superfamilia Spiriferinacea Davidson, 1884 (P. H711) Familia Spiriferinidae Davidson, 1884 (P. H711)				Superfamilia Pennospiriferoidea Dagys, 1972 Familia Reticulariiniidae Waterhouse, 1975 (P. 1914)
<i>Dielasma</i> King, 1859, p. 7	Superfamilia Dielasmatacea Schuchert, 1913(P. H754) Familia Dielasmataidae Schuchert, 1913 (P. H756) Subfamilia Dielasmatinae Schuchert, 1913 (P. H756)				Superfamilia Dielasmatoidea Schuchert, 1913 (P. H2029) Familia Dielasmataidae Schuchert, 1913 (P. H2029) Subfamilia Dielasmatinae Schuchert, 1913 (P. H2029)

## RESULTADOS

### PALEONTOLOGÍA SISTEMÁTICA

El material determinado se encuentra depositado en la Colección de Paleontología “Dr. Emilio Almazán Vázquez” del Departamento de Paleontología de la Universidad de Sonora, denotándose los ejemplares con las siglas USON-DG y un número consecutivo. La determinación de los ejemplares se realizó siguiendo la clasificación propuesta en el *Treatise on Invertebrate Paleontology* (Williams *et al.*, 2000, 2002, 2006, 2007, Tomo H – *Brachiopoda Revised*).

Phylum Brachiopoda Dummeril, 1806

Subphylum Rhynchonelliformea Williams, Carlson, Brunton, Holmer y Popov, 1996

Clase Strophomenata Williams, Carlson, Brunton, Holmer y Popov, 1996

Orden Productida Sarycheva y Sokolskaya, 1959

Suborden Productidina Waagen, 1883

Superfamilia Productoidea Gray, 1840

Familia Productidae Gray, 1840

Subfamilia Plicatiferinae Muir-Wood y Cooper, 1960

Tribu Plicatiferini Muir-Wood y Cooper, 1960

Género *Plicatifera* Chao, 1927

Especie tipo: *Productus plicatilis* Sowerby, 1824 (*En*: Sowerby 1823-1825).

**Diagnosis del género:** La concha presenta arrugas posteriores gruesas y desarrollo variable de la costelación, con reticulación posterior en algunas especies. La parte anterior de la concha es lisa o ligeramente acanalada. Algunas espinas confinadas a la valva ventral. Cavidad del cuerpo anteriormente profunda y aurículas precedidas por deflexiones prominentes (Tomada de Brunton *et al.*, 1993 p. 107).

**Observaciones sobre el género:** En la descripción de Chao (1927, p. 25) se propone al género *Plicatifera* y como especie tipo a *Productus plicatilis* Sowerby, se menciona la

presencia de ornamentación concéntrica prominente que consiste en arrugas marcadas y espinas dispersas.

*Neoplicatifera* fue descrito por Jin y Liao (1974), estableciendo a *Plicatifera huangi* Utrisky, 1960 como su especie tipo atribuyéndole diferencias respecto de *Plicatifera* a partir de la presencia de arrugas irregulares sobre el disco ventral y una mayor densidad de las espinas. Brunton (1966) y Brunton *et al.* (1993) refuerzan la observación acerca de que las características internas de *Neoplicatifera huangi* son similares a las presentadas por *Productus plicatilis* indicando que las diferencias más importantes se presentan en la disposición de las espinas y en la forma en que se desarrollan las arrugas. Además, Brunton (1966) y Winkler-Prins (1968), consideran innecesaria la creación de una subfamilia, indicando que las características de *Plicatifera* Chao presentan suficientes similitudes con aquéllas de los Leioproductinae.

*Plicatifera* sp.

Figura 8a

**Descripción:** Concha triangular pequeña y muy convexa, con la parte más ancha cerca del tercio anterior de la valva, formando una ligera depresión en la parte media a partir de la segunda mitad anterior. Umbo agudo y ligeramente sobresaliente. Aurícula derecha antecederida por una deflexión ligera. Arrugas muy marcadas con sección transversal redondeada, más prominente en la parte anterior de la concha y en número de diez a once por cada 10 mm en las aurículas y de ocho a diez en la parte anterior. Costelación pronunciada e interrumpida. Espinas huecas y dispersas; redondeadas con sección transversal más amplia y ligeramente inclinadas hacia la parte anterior.

**Material:** Se cuenta con un molde externo de la valva ventral con conservación buena a moderada, que perdió parte del área lateral-posterior (Ejemplar USON-DG-147). Este ejemplar presenta ligero reemplazamiento por sílice hacia la aurícula y hacia el umbo. Sus dimensiones son de longitud 12.8 mm, de anchura 16.4 mm y de altura 10 mm.

**Observaciones y discusión:** El ejemplar descrito se ha comparado con diversos géneros que se asignan a la tribu Plicatiferiniinae. Se asignó a *Plicatifera* por sus características externas, De los géneros con que comparte más afinidad se encuentra *Rugoconcha* Jin y Sun, 1981, del Bashkiriano temprano de China, el cual se diferencia de *Plicatifera* por un

menor espaciamiento y grosor de las arrugas y además de poseer las deflexiones auriculares más pronunciadas que las presentadas por *Plicatifera*. El género *Rugoconcha* Jin y Sun, 1981, sinonimizado con *Plicatiferina* y propuesto por Kalashnikov (1980) se diferencia de *Plicatifera* por el perfil más moderado, disco ventral más liso y arrugas menos pronunciadas que se disponen en toda la superficie de la concha.

Otros productoideos, no incluidos como plicatiferíninos, que presentan afinidad con *Plicatifera* son *Caricula* Grant, 1976, *Nudauris* Stehli, 1954 y *Xestosia* Cooper y Grant, 1975. *Caricula* se diferencia por que las arrugas son menos irregulares y las espinas se presentan en menor número, agrupándose cerca de las aurículas. *Plicatifera* está relacionado con *Nudauris*, pero es más grande, con la mayor anchura en la línea cardinal. Asimismo, *Xestosia* se diferencia porque presenta espinas agrupadas en las aurículas.

Muir-Wood y Cooper (1960, p. 171) mencionan que *Plicatifera* se diferencia de *Acanthoplecta* del Carbonífero temprano del Reino Unido, Bélgica y Rusia por la mayor concavidad en la valva dorsal, la cavidad del cuerpo mucho menor en la valva ventral y con menor cantidad de arrugas sobre el disco visceral.

El ejemplar de Sonora tiene semejanza con *Plicatifera lipoensis* Grabau del Pérmico temprano de China (Grabau 1934, p. 47, lám. 2, fig. 22) y *Plicatifera plicatilis* (Sowerby, 1824), del Misisípico (Viseano) de Irlanda del Norte (Brunton, 1966, p. 204, lám. 6, fig. 6). Estas dos especies son semejantes en cuanto a tamaño, número de arrugas en la parte posterior de la valva dorsal, y en la forma aplanada del disco visceral que también forma un ángulo recto con el resto de la valva dorsal. De las diferencias encontradas con respecto a los ejemplares de *P. plicatilis*, ilustrados por Brunton (1966, lám. 7, figs. 1–18) se incluye que son formas con espinas dorsales prominentes en arreglo quincuncial y mayormente presentes en la mitad anterior de la valva dorsal y la reticulación posterior muy marcada. Por su parte, *Plicatifera chaoi* del Pérmico de China es también comparable por el número de arrugas aunque difiere en la forma más cuadrangular de su valva dorsal (Grabau, 1936, p. 171, lám. 6, fig. 9).

**Distribución geográfica y alcance estratigráfico:** Muir-Wood y Cooper (1960, p. 203) mencionan a *Plicatifera* para el Carbonífero temprano. Jin *et al.* (1985) y Li *et al.* (1986) incluyen algunos ejemplares para el Pensilvánico de China. Otras menciones de este género

son del Carbonífero del Reino Unido (Ludford, 1951; Prentice, 1951 y Wolfenden, 1958; Brunton, 1966; Brunton *et al.*, 1993 y Mundy, 1994); del Pérmico de China (Huang, 1932; Li *et al.*, 1986; Grabau, 1934, 1936; Yang *et al.*, 1987 y Chen *et al.*, 2003) y del Triásico de Japón (Nakazawa, 1971).

Subfamilia Productinae Gray, 1840

Tribu Kozlowskiini Brunton, Lazarev y Grant, 1995

Género *Kozlowskia* Fredericks, 1933

Especie tipo: *Productus capaci* d'Orbigny, 1842, p. 50.

**Diagnosis del género:** Concha pequeña, planoconvexa, con aurículas bien desarrolladas que limitan la parte más amplia de la misma; comúnmente con disco visceral reticulado y zigidio presente. La concha presenta espinas escasas, gruesas arregladas simétricamente o numerosas y dispersas. En la parte anterior del margen del disco visceral se encuentran endospinas en una sola fila. La costelación desaparece hacia la parte anterior (Tomada de Muir-Wood y Cooper, 1960, p. 212).

*Kozlowskia* sp.

Figura 8b

**Descripción:** Concha pequeña, estrófica, cóncavo-convexa, con el umbo curvo y proyectado por detrás de la charnela; aurículas de tamaño variable con reticulación poco notoria y rugosidades más pronunciadas y continuas posteriormente, delimitadas por un surco bien definido y separadas ligeramente del disco visceral. Valva ventral convexa con la mayor altura próxima a la mitad posterior, ornamentada con costillas que parten del umbo y se ensanchan ligeramente hacia la comisura. En la parte media posterior de la valva ventral se hallan espinas pequeñas, redondeadas y proyectadas hacia la parte anterior de la concha. En la mayoría de los ejemplares se presenta un canal medio en la valva ventral, el cual se profundiza y ensancha hacia la parte anterior. El proceso cardinal es de tipo simple (proceso sésil), con crestas triangulares más gruesas en la parte anterior. La valva dorsal es cóncava y presenta la ornamentación similar a la de la valva ventral.

**Material:** Once moldes externos con buena a moderada conservación, incluidos en caliza que presentan silicificación parcial hacia la región umbonal.

#### Dimensiones en mm

Ejemplar	Longitud	Anchura	Altura (V V)	Línea de la charnela	Mayor grosor anterior
USON-DG-38	12.6	14.8	8.7	----	2.9
USON-DG-39	12.6	15.2	8.8	10.9	1.9
USON-DG-40	12.8	15.0	8.6	----	2.7
USON-DG-41	12.1	13.5	6.7	----	2.1
USON-DG-42	12.0	13.3	8.3	9.2	2.4
USON-DG-52	12.1	11.9	6.0	----	----
USON-DG-53	13.8	17.2	7.9	14.6	----
USON-DG-60	14.3	15.4	8.6	----	3.0
USON-DG-69	14.8	----	9.6	----	2.4
USON-DG-70	13.0	15.2	7.8	----	----
USON-DG-71	12.6	----	8.0	----	----

**Observaciones y discusión:** Los ejemplares de Sonora se diferencian de otras especies del género *Marginifera* por la ornamentación. En *Marginifera*, las costillas son más gruesas y se pierden en la parte anterior; las arrugas están más desarrolladas y las espinas son más numerosas en una o dos filas curvas sobre los flancos y dispersas sobre el resto de la concha. En *Kozlowskia* y en *Eomarginifera*, se tienen comúnmente seis espinas muy largas con arreglo simétrico, pero las espinas de *Eomarginifera* son menos numerosas en el disco visceral. En *Rudinia* las espinas se desarrollan posteriormente sobre las costillas o las arrugas y forman una hilera curva sobre los flancos y otra hilera a lo largo del margen de la charnela, *Rudinia* tiene la concha más delgada, con impresiones de los músculos aductores más grandes, el proceso cardinal masivo, con menos endospinas en la parte anterior de la valva braquial y un mayor tamaño de las crestas marginales en ambas valvas.

Particularmente, la especie *Kozlowskia capaci* d'Orbigny descrita para el Misisípico tardío (Desmoinesiano) y para el Carbonífero superior-Pérmico (Gzheliano-Kunguriano) de Bolivia, Perú y Utah, es semejante a los ejemplares de Sonora, porque tiene la concha pequeña con umbo poco sobresaliente y moderadamente proyectado por detrás de la línea de la charnela y con el mismo tipo de costelación, pero la concha se diferencia porque es de menor anchura.

**Distribución geográfica y estratigráfica:** Especies del género *Kozlowakia* tienen una distribución que abarca Europa, Rusia, Asia y América, hayándose frecuentemente en rocas del Pensilvánico-Pérmico Medio. En Estados Unidos de Norteamérica se incluyen registros

principalmente del Pensilvánico (Norwood y Pratten, 1855 y Girty, 1908; Stehli, 1954), Villaseñor *et al.*, (1987) registran a *Kozlowskia* sp. para el Pensilvánico medio de San Salvador Patlanoaya, Puebla. Carrillo-Bravo (1965) y Silva-Pineda *et al.*, 2003 mencionan la existencia del género en la Formación Guacamaya, (Wolfcampiano-Leonardiano) de Pemuxco, Hidalgo.

Superfamilia Linoproductoidea Stehli, 1954

Familia Linoproductidae Stehli, 1954

Subfamilia Linoproductinae Stehli, 1954

Tribu Linoproductini Stehli, 1954

Género *Linoproductus* Chao, 1927

Especie tipo: *Productus cora* d'Orbigny, 1842, p. 128.

**Diagnosis del género:** Concha elongada a subcircular de tamaño medio a grande, inflada posteriormente, con charnela amplia y valva dorsal ligeramente cóncava. Costelación completa, atenuada donde se presentan espinas, distribuidas en toda la valva ventral y agrupándose en una o dos líneas cerca de la charnela; arrugas sobre las aurículas, en los flancos y en la parte posterior de la valva dorsal. Proceso cardinal sésil y trilobulado, soportado por crestas laterales; crestas braquiales poco marcadas (Muir-Wood y Cooper, 1960, p. 296).

**Observaciones sobre el género:** Este género fue inicialmente descrito como subgénero de *Productus* por Chao (1927, p. 128, 129). Hoare, (1961, p. 61) lo considera dentro de la familia *Dictyoclostidae*, mientras que Williams *et al.* (2000, p. H527) lo incluyen en la superfamilia Linoproductoidea y en la subfamilia Linoproductinae. La diferencia entre las especies de este género presenta particular dificultad debido a la gran variabilidad que muestran los ejemplares de una población.

*Linoproductus* sp.

Figuras 8d-e, 8g-h

**Descripción:** La concha es cóncavo-convexa con arrugas y líneas de crecimiento visibles. La costelación es marcada en la parte posterior de la concha, las costillas son de menor anchura que los espacios intercostales y comúnmente se bifurcan hacia la parte anterior desde el primer tercio. La valva ventral con arrugas muy marcadas en la parte posterior que le confieren un patrón reticulado. Las arrugas presentan mayor irregularidad cerca de las deflexiones laterales. En la valva ventral se desarrollan espinas dispersas con base ligeramente ovalada, orientadas hacia la parte anterior. El umbo es prominente, recurvado y sobresaliente. Dos de los ejemplares presentan proceso cardinal trilobulado con lóbulos subcuadrados y divergentes, limitados por crestas cardinales, ligeramente inclinadas hacia la parte superior de la valva.

**Dimensiones en milímetros**

Ejemplar	Longitud	Anchura	Altura (1 V)	Línea de la charnela	Mayor grosor anterior
USON-DG-35	33.1	36.1	16.2	19.9	1.2
USON-DG-48	30.5	38.2	11.2	----	----
USON-DG-49	42.6	----	24.8	----	----
USON-DG-54	22.2	21.8	13.6	14.3	3.2
USON-DG-64	26.1	27.6	12.1	----	----
USON-DG-65	32.8	43.3	12.8	----	1.6

**Material:** Se cuenta con seis fragmentos de la concha.

**Observaciones y discusión:** Aunque los ejemplares procedentes de Sierra Agua Verde no presentan buena conservación, la asignación del material al género *Linoproductus* se basa sobre todo en la presencia de un proceso cardinal prominente con crestas cardinales diferenciadas y procesos laterales ligeramente alargados y divergentes con forma subcuadrada. En el ejemplar USON-DG-45 el proceso cardinal se dirige hacia la parte posterior de la valva, estando el lóbulo central mayormente desarrollado, siendo esta una característica que se aprecia también en *Auloprotonia*, *Peniculauris* y *Antiquatonia*.

Se descarta que los ejemplares pertenezcan a *Antiquatonia* debido a diferencias morfológicas tales como lo amplio de la concha, lo recurvado y prolongado del umbo, la reticulación posterior menos marcada de los ejemplares, la distribución de las espinas y la presencia de un proceso cardinal que tiene generalmente un menor tamaño en *Antiquatonia*.

Los ejemplares de Sonora son similares a la especie *Linoproductus eastoni* (Gordon, 1975, p D51, lám. 6, figs. 20–25) y *Linoproductus prattenianus* Norwood y Pratten (Brew y Beus, 1976, lám. 2, figs. 22, 28 y 29). Se asemejan a *L. eastoni* por el grado de convexidad de la concha y la forma subcuadrangular del margen pero se distingue por la altura de la valva dorsal, lo recurvado y prominente del umbo y por una mayor presencia de imbricaciones hacia la parte anterior de la concha; de *L. prattenianus* se distingue en la costelación y en la presencia de espinas en hileras cerca de la línea de charnela, la cual es también de forma mayormente angulosa o triangular en su valva dorsal.

**Distribución geográfica y estratigráfica:** El género *Linoproductus* se ha registrado para Europa, Asia, Norteamérica y Sudamérica con un alcance estratigráfico que abarca del Misisípico al Pérmico. En América se encuentran registros de ejemplares de estas edades en diversas regiones de Alaska (Buddington y Chapin, 1929), Canadá, Estados Unidos, México y Perú (Newell *et al.*, 1953). Otros registros mundiales incluyen a India (Waagen, 1883, 1884), Pakistán (Khan y Afzal, 2005), Afganistán (Termier *et al.*, 1974), Armenia (Ruzhentsev y Sarycheva 1965; Kotlyar *et al.*, 1989), Indonesia (Wanner, 1956), China (Chao, 1927), Japón (Tazawa, 2001, 2012), Omán (Angiolini y Bucher, 1999; Angiolini *et al.*, 2003), Australia (Roberts *et al.*, 1973; Archbold, 1983; Briggs, 1998), Nepal (Waterhouse, 1966, 1978, 1983) y Nueva Zelanda (Waterhouse, 1963).

Clase Rhynchonellata Williams, Carlson, Brunton, Holmer y Popov, 1996

Orden Athyridida Boucot, Johnson y Staton, 1964

Suborden Athyrididina Boucot, Johnson y Staton, 1964

Superfamilia Athyridoidea Davidson, 1881

Familia Athyrididae Davidson, 1881

Subfamilia Spirigerellinae Grunt, 1965

Género *Composita* Brown, 1845

Especie tipo: *Spirifer ambiguus* Sowerby, 1822.

**Diagnosis del género:** Espiriferido de tamaño pequeño a mediano con concha lisa y margen ovalado. Surco peduncular y pliegue braquial generalmente presentes. El pico ventral prominente, con el foramen circular por encima de la valva braquial y con flancos redondeados sobre ambos lados del delirio. Internamente, la valva peduncular presenta lamelas dentales grandes y subparalelas con las marcas musculares paralelas a ellas pero sin septo. La valva braquial posee placa cardinal perforada al menos por el estereoplasma. Marcas de los músculos aductores grandes y con surcos paralelos separados por una cresta medial débil. Ápices del espiralio dirigidos lateralmente (Easton, 1962, p. 76).

*Composita* sp.

Figuras 8c, f

**Descripción:** La concha es lisa, ventribiconvexa y subtriangular con la mayor anchura en la parte media; la longitud del ejemplar USON-DG-55 es de 27.4 mm, con una altura de 13.2 mm y una anchura de 24.4 mm; umbo redondeado y proyectado más allá de la línea de la charnela; región umbonal alargada y angosta; el foramen es mesotírido, pequeño, ovalado y con un ligero reborde. La valva ventral con pendientes postlaterales convergentes hacia el ápice del umbo. La valva dorsal presenta un surco medio bien definido desarrollado solo posteriormente y con el braquidio de tipo espiralio. La concha presenta líneas de crecimiento con espaciamiento regular.

**Material:** Se cuenta con un molde incompleto de valva dorsal y un molde completo con conservación moderada.

**Observaciones y discusión:** El material procedente de Sierra Agua Verde se asigna al género *Composita* Brown por la forma ligeramente alargada de la concha, por el margen de la charnela subcuadrado y por la presencia de un surco medio bien definido en la valva ventral. Las especies de *Composita* pueden confundirse con las de otros géneros debido a la forma similar que presentan. Entre especies de géneros similares se encuentran *Squamularia* y *Cleiothyridina*, las cuales sin embargo poseen espinas diminutas. A su vez, *Martinia* presenta una interárea en la valva dorsal de menor tamaño. Cooper y Grant (1976) advierten inclusive que los ejemplares mal conservados de *Composita* pueden confundirse con ejemplares de *Martinia*, pero se distinguen en la forma del foramen, el cual es ovalado en *Composita*. Easton (1962, p.76) arguye que *Martinia* puede parecerse a *Composita* por el

patrón microscópico de la concha. Gordon (1975, p. 58) recomienda que en los ejemplares con buena conservación se revise la morfología interna la cual, en *Composita*, presenta placas dentales de mediano grosor.

Hay que mencionar que para Norteamérica se han descrito para el género *Composita* más de cuarenta especies del Carbonífero, representadas por taxa que se alejan de la diagnosis de *Cleiothyridina* Buckman, 1906, debido a la variabilidad en su morfología externa (Grinnell y Andrews 1964, en Pérez-Huerta, 2007, p. 81). De acuerdo con estos autores (*op. cit.*), las especies de *Composita* Brown, 1845, son además diferenciables de las de los géneros *Athyris* Hall y Clarke (1894) y *Cleiothyridina* Buckman (1906) principalmente por la ausencia de líneas de crecimiento en forma de lamelas proyectadas externamente. *Cleiothyridina* posee además espinas unidas a las líneas de crecimiento las cuales no se presentan en *Composita*. Estos dos géneros se diferencian también por la charnela, que es subcuadrada en *Composita* y triangular en *Cleiothyridina* (Cooper, 1944), Internamente los géneros *Athyris* y *Composita* se diferencian pues en el primero se presenta una cresta media.

Entre las especies de *Composita* con las que el material de Sonora presenta más afinidad se encuentran *C. poposiensis* Gordon, 1975, (Gordon, p. 61, lám. 8, figs. 6–20; lám. P, figs. 1–15, 31–36) y *C. ozarkana* Mather, 1915 (Easton, 1962, p. 77, lám. 11, figs. 5–7), ambas de la parte más tardía del Misisípico (Chesteriano). *C. poposiensis* se diferencia por una mayor elevación del pliegue y su mayor redondez. Por su parte, *C. ozarkana* posee un pliegue dorsal más redondeado y una relación longitud-anchura menor.

Otras especies que presentan afinidad con el material de Sonora son algunos ejemplares de mayor talla de las especie *C. affinis* Girty (Cooper y Grant, 1976) y de la variedad lisa [= *narrow variety*] de *C. stalagmium* Cooper y Grant (1976), registradas para el Pérmico del oeste de Texas, EUA. Dichos autores además mencionan que *C. affinis* Girty es también comparable con *C. emarginata* Girty y, de hecho, Girty (1908), la establece como variedad de la especie de *C. emarginata*, siendo ambas muy abundantes en la Formación Capitan, de las Montañas Guadalupe en Texas. La especie descrita por Cooper y Grant se diferencia de los ejemplares de Sonora por poseer una mayor altura de las valvas y por ser de mayor convexidad.

**Distribución geográfica y estratigráfica:** Las especies del género *Composita* presentan una distribución cosmopolita en el Carbonífero como en Pakistán (Angiolini *et al.*, 1999), el Pérmico de Canadá (Logan y McGugan, 1963), el Paleozoico Superior de Perú (Newell *et al.*, 1953) y Rusia (Kabanov, 2003). En Estados Unidos de Norteamérica, se tienen registros en el Pensilvánico Temprano y Medio de Nevada (Coogan, 1964; Beus y Lane, 1969; Pérez-Huerta y Sheldon, 2006), Arizona (Brew y Bues, 1976), Nuevo México (Clopine *et al.*, 1991; Sutherland, 1991; Kues, 2002a, 2002b, 2004), Texas (Clopine *et al.*, 1991) y Wyoming. Además, se encuentran registros pérmicos en Nuevo México (Kues, 2002b), Texas (Girty, 1908; Cooper y Grant, 1976) y Nevada (Pérez-Huerta, 2007).

En México, se han registrado especies de este género en el Misisípico–Pérmico de Sonora (Easton *et al.*, 1958; Almazán-Vázquez y Buitrón-Sánchez, 2007; González-León, 1986, Cooper *et al.*, 1965; González-León, 1986; Almazán-Vázquez y Buitrón-Sánchez, 2007), el Pérmico medio-tardío de Guerrero (González-Arreola *et al.*, 1994) y Coahuila (Cloud, 1944; Wardlaw *et al.*, 1979) y el Pérmico-Triásico de Chihuahua (Bridges, 1964).

Orden Spiriferida Waagen, 1883

Superfamilia Spiriferoidea King, 1846

Familia Spiriferidae King, 1846

Subfamilia Sergospiriferinae Carter, Johnson, Gourvennec y Rong-Fei, 1994

Género *Anthracospirifer* Lane, 1963

Especie tipo: *Anthracospirifer birdspringensis* Lane, 1963, p. 387.

**Diagnosis del género:** Espiriferido con costillas sin división en el surco medio, que se originan en la región apical ventral. Dos a ocho costillas en los lados del surco y de cinco a trece costillas en cada pendiente lateral, divididas. Lamelas dentales que alcanzan el piso de la valva ventral, se unen en la parte posterolateral del borde del campo muscular. Área dorsal con pliegues verticales prominentes de borde denticulado (Lane, 1963, p. 387).

*Anthracospirifer occiduus* (Sadlick, 1960)

Figuras 8i-j

*Spirifer opimus* Hall var. *occidentalis* Girty, 1927, Mansfield, 1927, p. 433, lám.27, figs. 28–31.

*Spirifer occidentalis* Girty, 1927, Dunbar y Condra, 1932, p. 322, lám. 41, figs. 12–16.

*Spirifer occiduus* Sadlick, 1960, p. 1212; Lane, 1962, p. 888–909, lám. 128, figs. 3–7.

*Anthracospirifer occiduus* (Sadlick, 1960), Lane, 1964, p. 783; Sturgeon y Hoare, 1968, p. 62, pl. 20, figs. 1–7; Gordon, 1975, p. D67–D68, lám. 11, figs. 24–32; Butts, 2007, p. 58, figs. 5.34 – 5.36.

**Descripción:** La concha es ancha, deprimida en la parte anterior de la valva dorsal y con un surco de profundidad variable, pero mayor hacia la comisura. Interárea ventral amplia y ligeramente cóncava con muy poca profundidad y con estrías que emergen a partir de la región cardinal. Palíntropo aserrado. En el surco de la valva ventral se presentan entre tres y cinco costillas subparalelas ligeramente más gruesas que los espacios intercostales. Las costillas marginales y de las aurículas están divididas hacia la tercera parte anterior de la concha. Las aurículas son alargadas y están precedidas por deflexiones poco marcadas. El umbo sobresale de la línea de la charnela formando una prolongación subtriangular bien definida y subredondeada de cuyo final emergen una o dos costillas. Lamelaciones concéntricas subparalelas más marcadamente desarrolladas cerca de la mitad anterior, con espaciado entre ellas de 1.2 a 2.1 mm. El deltidio es triangular, abierto más largo que ancho con placas deltidiales incipientes con el borde anterior ligeramente más grueso y sobresaliente. El interior de la valva dorsal presenta los extremos cardinales ligeramente mucronados con terminaciones laterales redondeadas.

**Material:** En la colección existen tres fragmentos de los moldes externos de las valvas ventrales y un molde interno de la valva dorsal.

**Observaciones y discusión:** *Anthracospirifer birdspringensis* (Lane, 1963, p. 388, lám. 44, figs. 17 y 18; lám. 45, fig. 3) se asemeja a la especie de Sonora en el número de costillas situadas en el surco ventral y en el número de costillas laterales, pero se diferencia en la lamelación más marcada en la parte anterior y cerca de la mitad posterior de la valva dorsal,

el umbo es más sobresaliente con costillas de mayor grosor que flanquean el surco ventral. Otras diferencias que presenta *A. birdspringensis* con respecto a *A. occiduus* es el menor tamaño, la forma de la concha con mayor longitud en la línea de la charnela y la presencia del margen anterior más redondeado.

Los ejemplares de *Spirifer opimus* Hall var *occidentalis* estudiados por Girty (1927, p. 433, lám. 27, figs. 28–31), cuentan con igual número de costillas y varían solamente en la forma del umbo, siendo ligeramente más triangular con respecto a la especie *A. occiduus*.

No ha sido posible realizar una comparación directa entre los ejemplares descritos y los estudiados por Lane (1964) para las especies incluidas en *Anthracospirifer* debido a que, en su trabajo, solo denota el número de costillas laterales y de bifurcaciones en los flancos. Se considera también que *Anthracospirifer occiduus* (Sadlick, 1960) es además diferenciable de la especie *Anthracospirifer birdspringensis* Lane (1963) porque en *Anthracospirifer birdspringensis* las costillas laterales y dentro del sulco son menores en número, contando además con un margen anterior más redondeado. Debe mencionarse que Lane (1964, p. 783), diferencia a las especies *A. occiduus* y *A. opimus* por el número de bifurcaciones en los flancos, siendo menor en *A. opimus*. Como punto importante se debe incluir que las especies *A. occiduus* y *A. opimus* constituyen especies encontradas en formaciones caracterizadas por litologías contrastantes, lo que posibilita una interpretación ambiental relacionada directamente con la presencia de una u otra especie en asociación con fauna específica. Al respecto, Lane (1964, p. 783) indica que la asociación de *A. occiduus* con *Orthotetes*, *Linoproductus* y *Antiquatonia*, se encuentra mayormente en calizas arcillosas mientras que *A. opimus*, *Orthotetes*, *Reticulariina*, *Millerella*, *Endothyra*, *Tetrataxis*, corales rugosos, briozoarios y trilobites son mayormente abundantes en calizas puras.

**Distribución geográfica y estratigráfica:** La especie *Anthracospirifer occiduus* (Sadlick, 1960) tiene particular representación en rocas del Carbonífero en Estados Unidos de Norteamérica, en Arizona (Brew y Beus, 1976; Gordon, 1982), Idaho (Butts, 2007), Kansas (Williams *et al.*, 1937), Missouri (Hoare, 1961), Nevada (Lane, 1964), Nuevo México (Gehrig, 1958), Ohio (Sturgeon y Hoare, 1968) Utah (Hoare, 1961) y Wyoming (Sando *et al.*, 1975). Para México sólo se ha reconocido para Carbónífero tardío (Morrowano-Desmoinesiano) de la región de Nochixtlán, Oaxaca (Torres-Martínez y Sur-Tovar, 2012).

Suborden Retziidina Boucot, Johnson y Staton, 1964

Superfamilia Retzioidea Waagen, 1883

Familia Retziidae Waagen, 1883

Subfamilia Hustediinae Grunt, 1986

Género *Hustedia* Hall y Clarke, 1893

Especie tipo: *Terebratula Mormonii* Marcou, 1858, p. 51, lám. 6, figs. 11a – 11c.

**Diagnosis del género:** Concha pequeña, fuertemente costelada con un pico peduncular rostrado y simfitium aplanado. Valva dorsal subcircular; pico bajo. Ambas valvas ornamentadas con costillas fuertemente redondeadas a angulosas originadas en el pico (Stehli, 1954, p. 350).

*Hustedia mormoni* (Marcou, 1858)

Figuras 9f-g, 9j-k

*Terebratula Mormonii* Marcou, 1858, p. 51, lám. 6, figs. 11a – 11c.

*Hustedia mormoni* (Marcou, 1858) Weller, 1898, p. 308; Beede, 1900, p. 103, lám. 11, figs. 10a–10d; lám. 12, fig. 3; Girty, 1915, p. 103, lám. 12, figs. 5, 6a; Morningstar, 1922, p. 192, lám. 9, figs. 28–29; Dunbar y Condra, 1932, p. 356, lám. 42, figs. 9–11; Shimer y Shrock, 1944, p. 363, lám. 141, figs. 43-45; Gehrig, 1958, p. 10, lám. 6, figs. 1–8; Hoare, 1961, págs. 86, 87, lám. 11, figs. 12–14; Mudge *et al.*, 1962, p. 85, lám. 15, figs. 6–8.

#### Dimensiones en mm

Ejemplar	Longitud	Anchura	Altura (VV)	Altura (VD)	No. de costillas (VD)
USON-DG-58	7.1	6.8	2.5	2.3	16
USON-DG-59	8.5	5.4	2.9	2.9	16
USON-DG-61	7.6	----	----	----	----
USON-DG-62	7.0	----	----	----	----
USON-DG-63	7.2	6.9	2.9	2.8	18
USON-DG-66	5.2	4.0	1.6	1.5	22
USON-DG-67	6.2	5.4	1.7	2.2	18
USON-DG-68	7.1	6.0	2.1	1.7	24
USON-DG-72	7.8	6.7	2.6	2.6	22

**Material:** La colección consta de siete moldes externos de conchas completas más otros dos fragmentados y silicificados internamente.

**Descripción:** La concha es pequeña, ovalada, ligeramente pentagonal, con ambas valvas muy convexas y de mayor altura detrás de la mitad posterior. La valva dorsal es de mayor altura que la valva ventral. Pliegues radiales simples que se desarrollan a partir del umbo en número de 10 a 13 con surcos intercostales profundos y de flancos redondeados. La línea de la charnela es curva, con menor longitud que la de la valva dorsal. Ápice del umbo curvo y elevado, sin ser muy prominente, terminando en un foramen pequeño y redondeado. La comisura es ligeramente dentada.

**Observaciones y discusión:** Los ejemplares de *Hustedia mormoni* descritos para Sonora concuerdan en dimensiones y descripciones con los registrados por Dunbar y Condra (1932) y Mudge *et al.*, (1962) del Pensilvánico-Pérmico de Kansas y Nebraska, EUA, presentándose sólo ligeras variaciones en lo marcado de las costillas. Entre las especies de *Hustedia* con las que se ha comparado *Hustedia mormoni*, *Hustedia meekana* y *Hustedia meekana* var. *trigonalis* del Pérmico medio de las Montañas Delaware, EUA, se diferencian en la terminación más amplia de las costillas en la parte anterior (Girty, 1908, lám. 14, fis. 22-26; lám. 21, fig. 5-8, lám. 24, fig. 14; lám. 21, fig. 9), *Hustedia bipartita* (Girty, 1908, lám. 30, figs. 19, 20) se diferencia por presentar el margen anterior más redondeado y ondulado. En relación a *Hustedia papilata* Shumard (1858) del Pérmico medio de Delaware, EUA es similar en forma, tamaño, número y grosor de costillas, aunque la valva braquial es de menor convexidad y presenta costillas más ténues. Por su parte, *Hustedia grandicosta* del Pérmico de China (Davidson, 1862) presenta costillas más gruesas y espaciadas.

*Hustedia mormoni* es particularmente semejante a *Hustedia rotunda* (Lane, 1962, p. 905, p. 127, figs. 38-41) y *Hustedia miseri* subsp. *gibbosa* (Lane, 1962, p. 906, lám. 127, figs. 42-45), ambas registradas para el Pensilvánico de Nevada, diferenciado morfológicamente por una mayor cantidad de costillas y una talla marcadamente mayor. Estas especies tienen además lamelación concéntrica mayormente marcada hacia la primera mitad anterior de la valva dorsal y el umbo con mayor grado de curvatura. La especie *H. rotunda* es similar en altura de la concha, aunque la mayor convexidad de la valva dorsal se encuentra relativamente posterior, presentando además, un ápice umbonal pronunciado que forma un ángulo semirecto. La especie *H. rotunda* se diferencia además por poseer un mayor espaciamiento de las costillas, aunque sus relaciones longitud:anchura y longitud:altura son muy semejantes.

**Distribución geográfica y estratigráfica:** La distribución de *Hustedia mormoni* para América incluye el Pensilvánico de Missouri, Nebraska, Ohio, EUA (Dunbar y Condra, 1932; Hoare, 1961, 1968) y el Pérmico temprano y medio de Iowa, Kansas, Nebraska, Oklahoma y Texas, registrándose también para el Pensilvánico Superior (Missouriano-Virgiliano) de Iowa, Kansas, Nuevo México y Pensilvania (Hoover, 1981; Harper, 1989; Stehli y Grant, 1971).

Para México, en el estado de Sonora, se tiene registros de especies del género en el Misisípico-Pensilvánico de la Sierra del Tule (González-León 1986, p. 127, 131); en el Misisípico-Pérmico de Sierra Las Mesteñas (Almazán-Vázquez y Buitrón-Sánchez, 2007) y del Pérmico de El Antimonio (Cooper *et al.*, 1965; González-León, 1980).

Otros registros para México proceden de Mina Plomosas-Placer de Guadalupe, Chihuahua (Bridges, 1962, 1964) y del Pérmico de Las Delicias, Coahuila (King, *et al.*, 1944).

Para el sureste de México el género se ha registrado en la localidad de Monte Redondo, Chiapas (Buitrón-Sánchez y Vilchis, 1979) y en estratos de la Formación Olinalá/Los Arcos del Pérmico Medio de Guerrero (González-Arreola *et al.*, 1994; López-López, 1997). Otros registros de edad carbonífera-pérmica no especificada se han encontrado como material alóctono incluido en olistolitos de la Formación Gran Tesoro en la región de Santa María del Oro, Durango (Eguiluz de Antuñano *et al.*, 2011).

La única mención para México de *Hustedia mormoni* (Marcou, 1858) se tiene en rocas del Pérmico Inferior en el estado de Hidalgo (Carrillo-Bravo, 1965).

Superfamilia Pennospiriferinoidea Dagys, 1972

Familia Reticulariinae Waterhouse, 1978

Género *Reticulariina* Fredericks, 1916

Especie tipo: *Spirifer spinosus* Norwood y Pratten, 1855, p. 71-72; lám. 7, figs. 1a-1d.

**Diagnosis del género:** Espiriferido puntuado con pliegues gruesos sobre los flancos, y charnela larga; interárea prominente y redondeada; surco en la valva ventral y pliegue en la valva dorsal. Espinas gruesas dispersas sobre la superficie lisa. Algunas veces se presentan lamelas concéntricas en forma de chevrón. Internamente, las lamelas dentales son

prominentes, el septo medio de la valva ventral es alto y corto, las placas del *socket* de la valva dorsal tienen forma de costillas, el proceso cardinal es indistinto, con cresta media baja sobre la valva braquial. (Diagnosis emendada, Easton, 1962, p. 82).

*Reticulariina* sp.

Figuras 9c-e, 9h-i, 9l-m

**Descripción:** La concha es pequeña y está densamente puntuada, con la línea de la charnela ligeramente más pequeña que la anchura. El mayor grosor se encuentra hacia la parte posterior, cerca del primer tercio. Los márgenes laterales son curvos con una concavidad ligera. La comisura anterior es uniplegada.

La valva dorsal es delgada, engrosada hacia la región apical, la cual es pequeña y se proyecta posteriormente a la línea de la charnela formando un umbo sobresaliente, redondeado y poco flexionado. El ápice del umbo se recurva cubriendo parcialmente al delirio. El área cardinal es triangular y aplanada con estrías irregulares. Las costillas son redondeadas, originadas a partir del umbo, con espacios intermedios de una menor longitud formando surcos con la parte baja suavizada. El interior de la valva dorsal presenta placas cardinales poco sobresalientes y divergentes con engrosamientos anteriores y terminaciones laterales redondeadas.

La valva ventral es mucho más alta que la dorsal, con el área cardinal triangular y aplanada y una ligera curvatura longitudinal que presenta un pliegue desarrollado desde el umbo que se profundiza hacia la parte anterior. En el surco ventral se aprecian regularmente de dos a cuatro pliegues internos desarrollados desde la parte media los cuales se hacen más gruesos hacia el margen anterior.

Ambas valvas presentan lamelación concéntrica muy marcada, espaciada en la parte anterior de la concha y con mayor grosor anterior.

### Dimensiones en milímetros

Ejemplar	Longitud	Anchura	Altura (2 V)	Línea de la charnela	No. de costillas (VD)
USON-DG-29	9.6	----	7.9	----	----
USON-DG-30	----	11.9	7.6	----	----
USON-DG-31	9.8	13.9	8.8	11.7	----
USON-DG-32	8.4	12.4	----	----	----
USON-DG-33	7.6	11.1	8.0	----	----
USON-DG-37	8.5	14.7	8.2	11.6	----
USON-DG-73	5.5	9.5	5.7	----	----
USON-DG-74	5.5	8.0	5.3	6.6	11
USON-DG-75	6.4	11.7	5.8	10.2	16
USON-DG-76	7.2	10.5	5.8	9.7	13
USON-DG-77	7.1	11.1	7.5	10.5	13
USON-DG-78	8.7	13.4	9.0	11.2	13

**Material:** La colección cuenta con once moldes externos bien conservados y un fragmento de la región anterior, con una placa columnar de crinoideo, perteneciente probablemente al género *Heterostelechus* Moore y Jeffords, 1968.

**Observaciones y discusión:** Las especies del género *Reticulariina* presentan similitudes con especies de *Punctospirifer* (Gehrig, 1958, p. 12) cuyas diferencias radican en cuatro características importantes que son: 1) presencia de espinas a lo largo de la parte anterior del margen, 2) área cardinal de la valva ventral regularmente curvada, 3) presencia de lamelas menos espaciadas y 4) menor cantidad de pliegues en tamaños comparables. *Reticulariina* se diferencia además de *Punctospirifer* por el desarrollo de la interárea dorsal con mayor elevación y por el margen de mucha variabilidad que posee regularmente extremos cardinales subangulares y redondeadas. Cooper y Grant (1976, p. 2670), mencionan que *Reticulariina* es diferente de *Crenispirifer* Stehli, 1954 por sus pliegues redondeados y por la presencia de espinas más gruesas y menos abundantes, así como por el tamaño variable de los puntos con arreglo quincuncial. Sour-Tovar *et al.* (2005) consideran que algunas especies de *Reticulariina* Frederick, 1916 pueden ser confundidas con especies del género *Spiriferellina* Cooper y Grant, 1976, sin embargo se diferencian por el tipo de espinas y por la mayor anchura de la concha; también en *Spiriferellina*, las espinas son más cortas y gruesas. Además *Spiriferellina* posee generalmente lamelas más espaciadas hacia la región anterior y las valvas son comúnmente más lisas, presentando pliegues de mayor profundidad y redondez.

De las especies de *Reticulariina* estudiadas por Cooper y Grant (1976) solamente están relacionadas *Reticulariina pusilla* y *Reticulariina* sp. 1 (Cooper y Grant 1976, lám. 702, figs. 7 y 9, lám. 705, figs. 45-49). Sin embargo, se observa que poseen costillas más gruesas,

redondeadas y en menor número, con surcos más amplios y crenulación más marcada para el caso de *R. pusilla*, siendo también más alta la interárea dorsal y con lamelación imbricada muy marcada en *Reticulariina* sp. 1. De otras especies estudiadas por Cooper y Grant (1976) se diferencia por la lamelación más marcada, la altura de la interárea dorsal, el grosor de la costelación, la profundidad de los interespacios, la inclinación de los bordes laterales posteriores y la forma general y longitud del margen, más amplio y de forma subtriangular. Sin embargo, *Reticulariina pusilla* tiene una relación longitud-altura más pronunciada, con los tamaños comparables por debajo de los presentados en los ejemplares de Sierra Agua Verde. Respecto de *Reticulariina* sp. 1, Cooper y Grant (1976) no incluyen una caracterización de la misma, pero mencionan que pudieran tratarse de ejemplares juveniles de *R. cerina*.

Los ejemplares de Sonora tienen longitudes medias parecidas a las presentadas por las especies con que se compararon. De tratarse de alguna de estas especies es factible que se trate de un estadio juvenil, sin embargo, es difícil tener una interpretación clara respecto del crecimiento que tienen las conchas debido a su baja representatividad.

**Distribución geográfica y estratigráfica:** Son escasos los registros de *Reticulariina* en México, pero algunos ejemplares se han mencionado con dudas para estratos del Misisípico en la Caliza Escabrosa, de la región Centro Norte de Sonora y en las inmediaciones de las Montañas Little Dragon y en las Montañas Mule en Arizona, EUA. *Spiriferellina sonorensis* Cooper (1953) es una especie sinonimizada con *Reticulariina sonorensis* Cooper y Grant (1976) del Wordiano (Pérmico medio) de Cerros los Monos y El Antimonio, Sonora (Cooper, 1953; Cooper *et al.*, 1965).

Orden Terebratulida Waagen, 1883

Suborden Terebratulidina Waagen, 1883

Superfamilia Dielasmatoidea Schuchert, 1913

Familia Dielasmatidae Schuchert, 1913

Subfamilia Dielasmatinae Schuchert, 1913

Género *Dielasma* King, 1859

Especie tipo: *Terebratulites elongatus* Schlotheim, 1816.

**Diagnosis del género:** Concha terebratuliforme. Valva peduncular con o sin seno medio y lamelas internas bien desarrolladas. Foramen grande que atraviesa la región umbonal; pico fuertemente incurvado. Valva braquial comúnmente sin pliegue medio. Placas crurales generalmente separadas de las placas del *socket*. Superficie de ambas valvas muy lisa y marcada únicamente por líneas de crecimiento más o menos conspicuas. Estructura de la concha finamente puntuada (Tomada de Muir-Wood y Cooper, 1960).

**Observaciones sobre el género:** El género *Dielasma* fue establecido por King (1850) utilizando como especie tipo del género a *Terebratulites elongatus* Schlotheim, 1816, a partir de las características lamelas dentales prominentes sobre la valva dorsal y considerando la forma de lazo. Dicho autor define que una de las principales características en el género es la separación de las placas crurales de las paredes del *socket*, lo cual observó en un molde interno de la especie que describió como *Epithyris elongata*. Davidson (1857) ilustra diferentes ejemplares de esta especie mostrando esta característica de manera mucho más precisa. Las especies que Hall y Clarke (1894) consideran dentro del género a veces quedan incluidas por estos autores sin probar del todo cómo son las características internas. Weller (1914, p. 257) apunta que para poder observarse la posición de las lamelas internas éstas se pueden reconocer como líneas oscuras en conchas translucidas, mientras que para conchas opacas es necesario el uso prudente de agujas de disección.

Asimismo, se ha considerado a *Beecheria* Hall y Clarke 1893, como homeomorfo externo de *Dielasma* King 1859, no obstante las especies de este género son generalmente más alargadas, con la valva dorsal generalmente lisa y una comisura rectimarginada. Además, presenta un alcance estratigráfico más restringido para el Pérmico, en tanto que

*Dielasma* se menciona para rocas del Misisípico al Triásico. La separación inicial entre *Dielasma* King y *Beecheria* Hall y Clarke se consideraba a partir de la observación equivocada de que *Beecheria* carecía de placas dentales por Hall y Clarke, 1893.

Stehli (1956) reconoció que en la región cardinal eran distintas las placas, particularmente aquéllas que se presentan en la charnela. Easton *et al.*, (1958) reconocen que *Beecheria* se trata de otro taxón diferenciado por placas inusuales en la base de la valva dorsal, las cuales dan soporte a los crura que tienen una posición distinta. De hecho, Jin *et al.* (2006, p. H-2039), reconocen a la Familia Beecheriidae Smirnova, 2004 como una familia diferente de Dielasmatidae Schuchert, 1913, considerando para ello, la forma de las placas en la charnela externa, las placas crurales unidas a la base de la valva dorsal y los crura desarrollados a partir de placas crurales. Por su parte, Pérez-Huerta (2007), menciona que la confusión entre *Dielasma* King y *Beecheria* Hall y Clarke hace necesario realizar observaciones de características internas de la concha (p. e. los procesos cardinales) ya que este último taxón es también parecido a *Dielasma juresanensis*.

#### *Dielasma* ?

#### Figuras 9a-b

**Material:** La colección tiene un molde interno mal conservado (ejemplar USON-DG-56) con alto grado de corrosión y relleno parcialmente por sílice cerca de la parte derecha de la charnela. Sus medidas son longitud: 27.4 mm; ancho: 24.5 mm; altura: 13.5 mm.

**Descripción:** La concha es de tamaño mediano y ovalada longitudinalmente con el umbo redondeado proyectado posteriormente. La parte más ancha se encuentra ligeramente por delante de la parte media de la concha. El surco medio de la valva braquial presenta una comisura sulcificada, siendo los pliegues poco marcados. La valva ventral con mayor convexidad que la valva dorsal. El foramen es de tipo permesothírido.

**Observaciones y discusión:** El ejemplar aquí descrito se asigna con duda al género *Dielasma* dada la falta de observación de características internas. Esta asignación está basada sobre todo en la forma elipsoidal alargada de la concha, la presencia de lamelas concéntricas más o menos marcadas, la formación de un surco medio en la valva dorsal y el desarrollo de un foramen (deltirio) de tipo permesothírido.

**Distribución geográfica y estratigráfica:** El género se ha registrado a nivel mundial para el Pensilvánico Temprano (Bashkiriano-Moscoviano) del Tethys himalayo (Garzanti *et al.*, 1998), el Namuriano de Reino Unido (Moseley, 1953).

Para Estados Unidos, los ejemplares de este género se han registrado para el Pensilvánico de Nuevo México (Gehrig, 1958; Kues y Batten, 2001), Missouri (Hoare, 1961) y Kansas (Williams *et al.*, 1937). Además de que se tienen registros para el sur de Alaska (Buddington y Chapin, 1929).

La distribución en México incluye registros de este género para el Misisípico de Sierra del Tule, Sonora (González-León, 1986), el Pérmico de Sonora (Cooper *et al.*, 1965; Blodgett *et al.*, 2002), Guerrero (Esquivel-Macías, 1996, 2000; López-López, 1997) y Chiapas (Böse, 1905) y el Pérmico tardío en el Valle Las Delicias, Coahuila (Cloud, 1944; Wardlaw *et al.*, 1979).

## **CONSIDERACIONES BIOESTRATIGRÁFICAS**

Los braquiópodos recolectados en la Sierra Agua Verde, Sonora exhiben una distribución estratigráfica amplia que incluye pisos del Misisípico al Pérmico. De los registros encontrados debe mencionarse que *Anthracospirifer occiduus* inicialmente se había registrado sólo para el Pensilvánico Temprano – Pensilvánico Medio, sin embargo algunos ejemplares se han registrado en estratos de edad Misisípica en asociación con (Butts, 2007). Los estratos que contienen ejemplares de este taxón y briozoarios fenestélidos asignados al género *Archimedes* tienen también un registro estratigráfico para el Misisípico tardío en otras localidades.

La fauna en Sonora es particularmente comparable con la registrada para el suroeste de Estados Unidos de Norteamérica, aunque existe fauna incluida en la región central para el Misisípico–Pensilvánico. La biota sonorensis incluye también corales zafrentidos del género *Lophophyllum*, esponjas del género *Chaetetes*, y algas filoides de los géneros *Komia* y *Eugonophyllum*. En la fauna compartida se presentan sobre todo los géneros de braquiópodos *Composita*, *Linoproductus*, *Anthracospirifer* y *Reticulariina*. Estos géneros tienen una edad pensilvánica común, aunque algunas de sus especies respectivas presentan

alcances estratigráficos amplios que incluyen el Pérmico (Wolfcampiano–Leonardiano) con asociaciones de braquiópodos en las que se presentan además ejemplares de *Hustedia mormoni* (Marcou, 1858), *Hustedia meekana* (Shumard, 1858) y *Composita subtilita* (Hall, 1852).

## CONSIDERACIONES PALEOECOLÓGICAS

La mayoría de los taxones aquí descritos se han registrado para ambientes de plataforma con circulación abierta que presentan condiciones de buena oxigenación y baja profundidad. De los taxones estudiados como *Reticulariina*, *Linoproductus* y *Composita* son géneros que se encuentran comúnmente asociados a rocas tipo *wackestone-packstone*, que representan facies de baja profundidad y con amplia disponibilidad de nutrientes.

Beresi *et al.*, (2012) coinciden en que la abundancia de fauna bentónica evidencia la presencia de condiciones ambientales en las que se presentan niveles normales de oxígeno y adecuados niveles de nutrientes. Hay que señalar así que la fauna estudiada en este trabajo se caracteriza no solamente por la presencia de braquiópodos sino también de diversos grupos los cuales son en su mayoría epibentónicos y los estratos en los que se presentan comúnmente asociaciones de estos organismos pueden atribuirse a zonas lagunares postarrecifales con buenos a moderados niveles de oxigenación y disponibilidad de nutrientes.

Se puede corroborar que la disponibilidad de nutrientes cambió a lo largo del tiempo, tomando en cuenta que las tallas de los organismos presentan una variabilidad muy marcada de tamaño la cual se puede atribuir a facilitar la filtración de alimento, debido a que esta es una característica fisiológica que se asocia al tipo de lóforo en los braquiópodos. Pérez-Huerta y Sheldon (2006) mencionan que la dominancia de productidos en calizas de aguas profundas se correlaciona con la talla de estos organismos y el ambiente en el que vivieron. De las observaciones de este autor es importante resaltar que las tallas más grandes están asociadas a *wackestone* siendo menos dominantes a su vez en calizas tipo *packstone*. Una explicación a estas observaciones es que el nivel de energía se relaciona a su vez con la disponibilidad de nutrientes ya que las facies asociadas a niveles de energía más bajo de tipo *wackestone* sugieren igualmente que la retención del alimento se presentaba de forma

menos competente respecto al oleaje. Esta observación es concordante con lo encontrado en este estudio habiendo muestras de calizas rosáceas en niveles por debajo de estratos con marcas de escurrimiento subparalelas asignables a zonas de talud.

Es importante notar que los niveles con caliza rosácea presentan material fragmentario disperso con abundantes prodúctidos que generalmente se encuentran en posiciones de vida o con inclinaciones ligeras. Entre los fragmentos que se de estos niveles son comunes las placas columnares de crinoideos y fragmentos de briozoarios (*Polypora* sp., *Archimedes* sp.) que caracterizan además estratos del Misisípico para cuyo período se debió presentar una dominancia ambiental caracterizada por plataformas someras en el noroccidente de México.

Sobre los braquiópodos representados en la sección estudiada son poco abundantes los estrofoménidos incluyéndose solamente algunos registros de schuchertélidos pero escasamente diferenciados en las calizas oscuras. Los braquiópodos de este tipo presentan conchas planoconvexas con costillas delgadas con las que se adaptan mejor a aguas poco profundas de circulación baja a moderada, prefiriendo así mismo zonas de bajo oleaje y poca perturbación del medio debido a socavamiento del fondo por acción de las olas.

Es posible que la presencia de espículas y espinas de equinodermos evidencie zonas de quietud o menor energía que se encontraban cercanas a zonas de mayor energía. Ambientes de este tipo pueden tratarse de rampas de fondo irregular en los que se desarrollan comúnmente asociaciones bióticas dispersas que se establecen inicialmente en zonas de mayor quietud. De los briozoarios encontrados son más comunes los fenestélidos; su relativa mayor abundancia en la parte alta de la sección indica principalmente que las rocas en las que están incluidos debieron formarse en ambientes de baja profundidad con remoción de material en el medio y un grado de turbidez de escaso a bajo con niveles de salinidad que posiblemente variaron debido a que son también tolerantes a cambios en esta condición. La asociación de braquiópodos que se presenta en esta parte de la sección refiere un ambiente de depósito intermareal a submareal somero con posteriores fluctuaciones que permitieron el desarrollo de zonas de playa que se caracterizan por presencia de gasterópodos cuyos restos se acumulaban en zonas cercanas pertenecientes a posibles ambientes mareales de circulación abierta donde las conchas de estos organismos se iban acumulando mediante la acción de corrientes sin llegar a someterse a procesos destructivos

y con un grado de disturbio mínimo que podría deberse a la presencia de estos elementos por encima de la base del oleaje (Kitwell *et al.*, 1986; Buitrón-Sánchez *et al.*, 2007b). Aquí es importante tomar en cuenta que no se ha demostrado que la acumulación de las conchas se deba a la disminución en la tasa de sedimentación con la cual los elementos esqueléticos que se encuentran unos junto a otros podrían tener algunos miles de años de diferencia (Kitwell *et al.*, 1986; Flessa y Kowalewski, 1994; Kowalewski *et al.*, 1998).

En relación con el género *Kozlowskia* es importante mencionar que se ha encontrado que algunos de sus especies presentan asociación con diferentes litofacies, presentándose las más pequeñas en facies pertenecientes a localidades de ambientes someros. Pérez-Huerta y Sheldon (2006) mencionan que al menos para la especie *Kozlowskia splendens*, registrada en el Pensilvánico de Nevada y Utah, EUA, las tallas que van más allá de los 20 mm se presentan en las facies más profundas mientras que las tallas que no llegan a los 20 mm están asociadas a facies de aguas someras, sugiriéndose en este caso una disposición de nutrientes diferencial que involucra también variaciones en la eficiencia de aprovechamiento del alimento. Aunque la evaluación de este aspecto ecológico parece sustentarse en la asociación de litofacies en la que se presentan comúnmente algunas especies de *Kozlowskia* es importante recalcar que la sola presencia de tallas diferentes en litofacies distintas requiere de mayor explicación, teniendo especial dependencia la disponibilidad de nutrientes y de oxígeno. La observación de la presencia de tallas distintas para diferentes litofacies contrasta sin embargo con lo mencionado por Olszewski y Patzowski (2001a, 2001b) quienes mencionan a *Kozlowskia* para once de dieciséis registros de géneros del Pensilvánico-Pérmico asociados a facies de aguas profundas; la asociación de braquiópodos incluidos en estas facies incluye a *Wellerella*, *Lissochonetes*, *Retaria*, *Kozlowskia*, *Hystriculina*, *Rhipidomella*, *Crurithyris* y *Hustedia*.

En relación al género *Composita*, Kues (2009, p. 258), menciona que este género puede inferirse como un organismo filtrador eficiente de aguas poco profundas y con altas tasas de productividad primaria. Parte de esta interpretación la atribuye el autor a que *Composita* posee un lofóforo soportado por braquidios, con una espiral que le habría conferido una eficiencia buena a moderada para capturar el alimento. En este sentido, el lofóforo puede extenderse alrededor de las valvas y constituir con ello una ventaja cuando el ambiente es de alta profundidad.

Pérez-Huerta y Sheldon (2006) explican a su vez la importancia del tipo de lofóforo y su eficiencia como aparato filtrador en relación al control de la distribución en estos organismos. Ya que el trabajo de Pérez-Huerta y Sheldon (2006) se centra en los factores que principalmente restringen la distribución de organismos bentónicos, es importante tomar en cuenta una observación acerca del género *Composita* ya que los autores consideran que es un género que, junto con *Cleiothyridina*, presenta una buena relación entre su talla y la profundidad del agua, la cual puede inferirse a partir del tipo de roca, contando además con una correspondencia de sus tallas y el tipo de roca que reflejan una relación estrecha entre las medidas de ancho y longitud (Pérez-Huerta y Sheldon, p. 269, figs. 5 y 7).

Como ejemplo de la variabilidad en el género *Composita*, Grinnell y Andrews (1964) proporcionan un estudio morfológico en el que incluyen veintidós especies y variedades, y dejan como dudosas otras nueve especies. De los resultados estadísticos empleados encuentran diferencias significativas en las pendientes laterales y en las relaciones longitud:anchura, longitud:profundidad y profundidad:anchura.

Es importante remarcar que algunas especies de *Composita* y otros athíridos presentan rangos de tallas dependiendo de la profundidad donde vivieron, mostrando además menor variabilidad de tamaños cuando se encuentran en ambientes profundos caracterizados por depósitos tipo *wackestone*, aunque en algunas especies se observa una ocurrencia preferencial en ambientes de baja profundidad como sucede con *Composita subquadrata* (Pérez-Huerta, 2006, p. 269 – 271, figs. 6 y 7).

Kues (2009, p. 262) incluye que una parte importante de ejemplares de este género corresponden con la especie *Composita subtilita* (Hall), la cual tiene amplia variabilidad intraespecífica en cuanto a sus registros para la parte más tardía del Pensilvánico medio al Pensilvánico tardío y añade también que los morfotipos reconocidos como “*Composita ovata*” Mather, 1915, son difíciles de diferenciar de los morfotipos juveniles de *C. subtilita* pero que sin embargo los ejemplares adultos presentan un margen circular más amplio y una forma menos inflada de las valvas, además de poseer típicamente una deflexión anterior amplia. Por su parte, *C. ovata* es también muy afín a *C. ozarkana* Mather, 1915 y muy probablemente se difeenciaron a partir de *C. subquadrata* (Mather, 1915, p. 202, 203).

Cabe destacar que en la parte correspondiente el Misisípico-Pensilvánico para la Formación Amsden Gordon (1975, p. D17) incluye varias especies de *Composita* encontrándose más comúnmente la especie *C. sigma* Gordon, 1975, hacia la zona de *Anthracospirifer welleri-shawi* siendo el Morrowano (parte más temprana del Pensilvánico) representada por la especie *C. elongata* Dunbar y Condra, 1932 y *C. subtilita* Hall, 1852 observándose además tamaños más grandes que aquéllos presentados por las especies del Misisípico. Gordon (1975) atribuye además algunas similitudes entre la especie *C. poposiencis* Gordon, 1975 y las especies *C. subtilita* Hall, 1852, *C. sigma* Gordon, 1975 y *C. ovata* Mather, 1975 que permiten conjeturar un posible origen local. Sin embargo, esta observación puede deberse más bien a migración (cf. Raymond *et al.*, 1990).

Es importante anotar que la variabilidad morfológica de algunos taxones está directamente influenciada por factores del medio. Por ejemplo, Schumann (*In MacKinnon et al.*, 1991) demuestra que en conchas de *Terebratalia transversa* (Sowerby) que, a medida que las corrientes del medio son menos energéticas, las conchas de esta especie se desarrollan formando una charnela amplia y generando al mismo tiempo costillas radiales que le confiere una morfología “tipo espiriférida”. Contrastando con esto, el autor indica que la presencia de formas con pedúnculos pequeños está asociada a condiciones de mayor influencia hidrodinámica (mayor intensidad de corriente), pese a que la propia variabilidad de *T. transversa*, en ambientes de mayor energía, se vuelve también mayor, pero con un predominio de formas con costelación tenue o que incluso la pierden.

## **CONSIDERACIONES PALEOGEOGRÁFICAS**

Durante el Paleozoico, Norteamérica presentaba cambios intermitentes en la circulación oceánica debido al cierre de las aguas ecuatoriales que formaban mares epicontinentales. En el área de estudio existen también elementos estratigráficos, paleontológicos y paleogeográficos relacionados con cambios en las condiciones de depositación para los que resulta particularmente importante resaltar la presencia de niveles transicionales en la columna estratigráfica. Los niveles estratigráficos presentan abundante fauna contrastante que corresponden, sobre todo, a los estratos conformados por caliza arenosa. Entre estos niveles se encuentran gasterópodos que se asocian a aguas marinas poco profundas y

calizas rosáceas que se asocian a aguas de mayor profundidad con fauna conformada por braquiópodos y restos escasos de briozoarios y placas desarticuladas de crinoideos. Este contraste de fauna y la presencia de diferentes litologías a lo largo de la columna estratigráfica proporcionan información relacionada al menos con las causas que se mencionan a continuación y que -en última instancia- requieren de su evaluación y de la implementación de metodologías propias. Las posibles causas de esta estratigrafía son: 1) El aporte de material continental a través de canales de aguas superficiales con formación de deltas o planicies mareales sobre las que se desarrollaban comunidades bentónicas de aguas someras (p. e. gasterópodos y bivalvos); 2) la afectación de la zona de estudio debido a control tectónico y/o magmatismo con deformación por esfuerzos; 3) el levantamiento de la zona por basculamiento asociado a fallas y la formación de relieves topográficos positivos; 4) la alternancia de la tasa de sedimentación y 5) la disminución del nivel del mar asociado a cambios climáticos de nivel local, regional y/o global.

Aunque gran parte de la fauna estudiada en este trabajo refleja ambientes someros con energía moderada, es importante tomar en cuenta que el contexto paleogeográfico durante el Carbonífero-Pérmico del noroccidente de México estaba dominado por plataformas de agua somera y baja energía, habiendo dominancia de masas de agua que formaban el Océano Reico y que se encontraban condicionadas a bloques y/o terrenos sobre los que se desarrollaron este tipo de ambientes.

Las reconstrucciones paleogeográficas del Misisípico-Pensilvánico (340-300 Millones de años) para el suroccidente de Estados Unidos de Norteamérica y el noroccidente de México sugieren además que esta región se encontraba en una latitud ecuatorial donde predominaban plataformas ocasionalmente incididas por cañones submarinos, con influencia tectónica debido a la Orogenia Antler de principios del Carbonífero. En relación con el desarrollo de la Orogenia Antler se considera que es un intervalo de tiempo geológico que propició la continentalización en el suroeste estadounidense. En última instancia, la Orogenia Antler puede considerarse como un evento más o menos contemporáneo a la formación de la Sutura Marathon-Oauchita en la que están involucradas los paleocontinentes Laurasia y Gondwana y las orogenias Apalachiana y Variscana hacia la parte oriental de Norteamérica durante el Carbonífero-Pérmico (Ross, 1986; Poole *et al.*, 2005).

Modelos paleogeográficos recientes muestran además que en la región de Norteamérica existían amplias plataformas marinas con circulación abierta y presencia de zonas con aporte diferencial de terrígenos (p. e. McKee, 1982; Stevens y Stone, 2007; Stone *et al.*, 2013) así como zonas de circulación restringida en las que ocasionalmente se generaba dolomita la cual marca igualmente cambios en las condiciones de depositación (Stone *et al.*, 2013) asociados a incrementos de sedimentación más que a disminuciones del nivel eustático (Ross y Ross, 1987; Stevens y Stone, 2007; Haq y Schutter, 2008; Stone *et al.*, 2013).

Es de especial consideración que las ocurrencias de los géneros se encuentren acentuadas para Norte y Sudamérica para edades comprendidas entre el Pensilvánico Medio-Pérmico Cisuraliano. Esta tendencia se hace menos marcada para las ocurrencias de Europa, Asia y Oceanía. En una evaluación sobre la ocurrencia del conjunto de taxones estudiados se encuentra además que existe cierta tendencia a la migración de los braquiópodos hacia zonas de mayor estabilidad geográfica y ecológica. Esta observación tiene que ver con la presencia de sustratos adecuados para el desarrollo de comunidades marinas en las que los braquiópodos se encuentren además asociados a otras formas de vida, comúnmente sésiles, bentónicas y epifaunales. No obstante, debe tomarse en cuenta que el establecimiento de este tipo de comunidades requiere igualmente del establecimiento de rutas marinas adecuadas y de duraciones de estadios larvarios libres y nadadores relativamente bien proporcionados. Así, la heterogeneidad de formas manifiesta una amplia variedad de condiciones ecológicas y geográficas en la que diferentes tipos de sustratos estarían asociados a condiciones particulares del terreno y diversas configuraciones de la cuenca.

Los sustratos blandos serían así barreras para formas de vida no adaptadas y que generalmente viven cementadas sustratos firmes y fondos rocosos como son *Plicatifera*, *Kozlowskia*, *Linoproductus* y *Hustedia*, mientras que formas adaptadas a sustratos poco consolidados se tratarían de *Composita* y *Dielasma*, y cuyos sedimentos en los que típicamente encontraríamos sus formas podrían tratarse de sedimentos igualmente gruesos en la cercanía de barreras arrecifales o zonas de playa y fondos lodosos, y aquéllas formas que estarían mayormente relacionadas a zonas con aportes de sedimentos arenosos por

acción de corrientes superficiales y/o subsuperficiales se tratarían mayoritariamente de *Anthracospirifer* y *Reticulariina*.

Otras características no evidenciadas por los braquiópodos las encontramos en la biota asociada y en la sedimentación. Entre estas características se encuentran la ocurrencia de eventos tempestíticos evidenciados por microfacies de encrinetas y la influencia de aguas templadas (Buitrón *et al.*, 2007b). dichos autores comentan, particularmente, que las calizas ricas en crinoideos exhiben diversos procesos tafonómicos asociados a procesos deposicionales diversos entre los que se encuentran flujos de gravedad (Cook y Mullins 1983; Martin 1999; Flügel 2010) y tempestitas (Flügel, 2010) mientras que la evidencia del influjo de aguas templadas quedaría sustentada a través de la mineralogía predominante de los organismos bentónicos y la dominancia de una “asociación heterozoica” frente a una “asociación de protozoarios” (*sensu* Samankassou, 2002).

## CONCLUSIONES

En este trabajo se han determinado ocho taxa de braquiópodos correspondientes con los géneros *Plicatifera* Chao, 1927, *Kozlowskia* Fredericks, 1933, *Linoproductus* Chao, 1827, *Composita* Brown, 1845, *Anthracospirifer* Lane, 1963, *Hustedia* Hall y Clarke, 1893, *Reticulariina* Fredericks, 1916 y *Dielasma* King, 1859; de estos géneros sólo pudieron determinarse las especies *Anthracospirifer occiduus* (Sadlick, 1960) y *Hustedia mormoni* (Marcou, 1858), las cuales tienen edades estratigráficas del Misisípico tardío (Chesteriano) al Pérmico medio (Wordiano).

Los ocho taxones descritos pertenecen a las subfamilias Plicatiferinae Muir-Wood y Cooper, 1960 y Productinae Gray, 1840 (estas dos pertenecientes a la familia Productidae Gray, 1840), la subfamilia Linoproductinae Stehli, 1954 (familia Linoproductidae Stehli, 1954), la subfamilia Spirigerellinae Grunt, 1965 (familia Athyrididae Davidson, 1881), la subfamilia Sergospiriferinae Carter, 1994 (familia Spiriferidae Carter, 1994), la familia Retziidae Waagen, 1883, la familia Reticulariidae Waterhouse, 1978, y la subfamilia Dielasmatinae Schuchert, 1913 (familia Dielasmatidae, Schuchert, 1913).

Las descripciones y determinaciones realizadas contribuyen a ampliar el conocimiento sistemático, paleoecológico y paleogeográfico corroborando varias de las interpretaciones anteriormente realizadas con base en estudios a partir de diversa biota compuesta principalmente por algas, fusulínidos, esponjas y crinoideos, permitiendo contrastar por otra parte la afinidad que guardan entre sí y la ocurrencia común para diversas regiones de México y el mundo, principalmente la parte suroccidental de Estados Unidos de América.

La asociación faunística registrada para la región de Sierra Agua Verde es indicativa de diferentes ambientes con cambios de facies de plataforma, arrecife y frente arrecifal imperando aquéllas asociaciones que indican un ambiente de aguas poco profundas, bien oxigenadas y con niveles de energía diferenciados pero, mayormente, con un nivel de energía moderada.

## REFERENCIAS:

- Ager, D. V., 1967.** Brachiopod Palaeoecology. *Earth Science Reviews*. 3: 157-179.
- Almazán-Vázquez, E. y Buitrón-Sánchez, B. E., 2007.** La fauna de braquiópodos del Paleozoico de Sonora, México y su contexto paleogeográfico. *In: Díaz-Martínez, E. and Rábano, I. (Eds.). 4<sup>th</sup> European Meeting on the Palaeontology and Stratigraphy of Latin America. Cuadernos del Museo Geominero, No. 8. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2007: 15-18.*
- Álvarez, F. y Martínez-Chacón, M. L., 2009.** Brachiopoda. *En: Martínez-Chacón, M. L. y Rivas, P. (Eds.). Paleontología de Invertebrados. Universidad de Oviedo. Págs. 377-417.*
- Anderson, T. H., Eells, J. H., y Silver, L. T., 1978.** Rocas precámbricas y paleozoicas en la región de Caborca, Sonora, México. *In: Roldán-Quintana, J, y Salas, C. A. (Eds.) .Libreto-Guía del Primer Simposio sobre la Geología y Potencial Minero en el Estado de Sonora. Hermosillo, Sonora. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología: 5-34.*
- Anderson, T. H., and Schmidt, V. A., 1983.** The evolution of Middle America and the Gulf of Mexico-Caribbean Sea region during Mesozoic time: *Bulletin of the Geological Society of America*. 94: 941-966.
- Anderson, T. H., and Silver, L.T., 1978.** The nature and extent of Precambrian rocks in Sonora, Mexico. *In: Roldán-Quintana, J. y Salas, G. A. (Eds.), Primer Simposio sobre la Geología y Potencial Minero en el Estado de Sonora. Libro de Resúmenes. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, Hermosillo, Sonora, México: 9: 10.*
- Anderson, T. H., and Silver, L. T., 1979.** The role of the Mojave-Sonora megashear in the tectonic evolution of northern Sonora. *In: Anderson, T. H., y Roldán-Quintana, J. (Eds.), Geology of northern Sonora: Geological Society of America Field Trip Guidebook 7: 59-68.*

- Anderson, T. H., and Silver, L. T., 1981.** An overview of Precambrian rocks in Sonora. *Revista del Instituto de Geología*. 5: 131-139.
- Anderson, T. H., Nourse, J. A., McKee, J. W., and Steiner, M. B., (Eds.), 2005.** The Mojave-Sonora megashear hypothesis: Development, Assessment and Alternatives. Geological Society of America. Special Paper 393: 259-282.
- Angiolini, L., and Bucher, H., 1999.** Taxonomy and quantitative biochronology of Guadalupian brachiopods from the Khuff Formation, southeastern Oman. *Géobios*. 32 (5): 665-699.
- Angiolini, L., Brunton, H., and Zanchi, A., 1999.** Late Carboniferous brachiopods from Karakorum, Pakistan. *Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia*. 105(1): 3-22.
- Angiolini, L., Balini, M., Garzanti, E., Nicora, A., Tintori, A., Crasquin, S., and Muttoni, G., 2003.** Permian climatic and paleogeographic changes in northern Gondwana: the Khuff Formation of interior Oman. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. 191: 269-30.
- Angiolini, L., Gaetani, M., Muttoni, G., Stephenson, M. H., and Zanchi, A., 2007.** Tethyan oceanic currents and climate gradients 300 m. y. ago. *Geology*. 35: 1071-1074.
- Archbold, N. W., 1983.** Studies on Western Australian Permian brachiopods 3. The Family Linoproductidae Stehli 1954. *Proceedings of the Royal Society of Victoria*. 95 (4): 237-254.
- Ávila, A. R., 1987.** Consideraciones geológicas y estratigráficas de la porción NW de Hermosillo. Universidad de Sonora, Departamento de Geología. Tesis Profesional. 78 p.
- Badyrka, K. A., 2012.** Brachiopod paleoecology during Late Paleozoic climate change (Pennsylvanian-Early Permian, Bolivia). UC Santa Cruz Electronic Theses and Dissertations. M. S. These. 35 p.

- Beede, J. W., 1900.** Carboniferous invertebrates. Bulletin of the Kansas Geological Survey – Vol. 6 Pelontology. Part 2 Carboniferous and Cretaceous. 189 p.
- Beresi, M. S., Cabaleri, N. G., Buitrón-Sánchez, B. E., Rodríguez, M. C., Heredia, S., and Tortello, F., 2012.** Microfacies, biota y paleoambientes sedimentarios del Ordovícico Temprano-Medio del Cerro Salazar, Sonora central, México. Revista Mexicana de Ciencias Geológicas. 29 (2): 330-345.
- Beus, S. S., and Lane, N. G., 1969.** Middle Pennsylvanian fossils from Indian Springs, Nevada. Journal of Paleontology. 43 (4): 986-1000.
- Blodgett, R. B., Moore, T. E., and Gray, F., 2002.** Stratigraphy and paleontology of Lower Permian rocks in the north of Cananea, northern Sonora, Mexico. Journal of South American Earth Sciences. 15: 481-495.
- Böse, E., 1905.** Reseña acerca de la geología de Chiapas y Tabasco. Boletín del Instituto Geológico de México. 20: 5-100.
- Boucot, A. J., Johnson, J. G. and Staton, R. D., 1964.** On some Atrypoid, retzioid, and athyroid brachiopoda. Journal of Paleontology. 38: 805-822.
- Brew, D. C. and Beus, S. S., 1976.** A Middle Pennsylvanian fauna from the Naco Formation near Kohl Ranch, Central Arizona. Journal of Paleontology. 50: 888-906.
- Bridges, L. W., 1962.** Geology of Mina Plomosas Area, Chihuahua, Mexico. The University of Texas. Faculty of the Graduate School. Doctor of Philosophy Dissertation. 139 p.
- Bridges, L. W., 1964.** Geology of mina Plomosas-Placer de Guadalupe area, Chihuahua, México, México. West Texas Geological Society. 50-64: 50-54.
- Briggs, D. J. C., 1998.** Permian Productidina and Strophalosiidina from the Sydney-Bowen Basin and New England Orogen: systematics and biostratigraphic significance. Memoirs of the Association of Australasian Palaeontologists. 19: 1-258.
- Brown, T., 1845.** Illustrations of the fossil conchology of Great Britain and Ireland, With descriptions and localities of All Species. Maclachlan and Stewart, Smith, Elder, London, p. 117–136.

- Brunner, P., 1987.** Estudio bioestratigráfico de las rocas del Paleozoico en Izúcar de Matamoros, Puebla, México, D. F., Instituto Mexicano del Petróleo, Informe técnico (inédito).
- Brunton, C. H. C., 1966.** Silicified productids from the Viséan of County Fermanagh. Bulletin of the British Museum (Natural History) Geology 12 (5): 173-243.
- Brunton, C. H. C., Lazarev, S. S. and Grant, R. E., 1995.** A review and new classification of the brachiopod order Productida. Palaeontology. 38 (4): 915-936.
- Brunton, C. H. C Mundy, D. J. C. and Lazarev, S. S., 1993.** Productellid and plicatiferid (productoid) brachiopods from the Lower Carboniferous of the Craven Reef Belt, North Yorkshire. Bulletin of the British Museum (Natural History). Geology Series. 49: 99-119.
- Buckman, 1906.** Brachiopod nomenclature: *Epithyris*, *Hypothyris*, *Cleiothyris* Phillips, 1841. Annals and Magazine of Natural History. Series 7. 18 (107): 321–327.
- Buddington, A. F., and Chapin, T., 1929.** Geology and mineral deposits of southeastern Alaska. Bulletin of the United States Geological Survey. 800. 398 p.
- Buitrón-Sánchez, B. E. y Vilchis, M. E., 1979.** Braquiópodos y corales de la región Monte Redondo, Estado de Chiapas. Universidad Autónoma de Aguascalientes. III Congreso Nacional de Zoología, Aguascalientes, Aguascalientes, México. Libro de Resúmenes. Pág. 47.
- Buitrón-Sánchez, B. E., Almazán-Vázquez, E., and Vachard, D., 2007a.** Middle Permian crinoids (Echinodermata) from Cerro Los Monos, Caborca, Sonora, Mexico and paleogeographic considerations. Revista Mexicana de Ciencias Geológicas. 24 (3): 344-353.

- Buitrón-Sánchez, B. E., Gómez-Espinosa, C., Almazán-Vázquez, E., and Vachard, D., 2007b.** A late Atokan regional encrinite (early late Moscovian, Middle Pennsylvanian) in the Sierra Agua Verde, Sonora State, NW Mexico. *In:* Álvaro, J. J., Retz, M., Boulvain, F., Munnecke, A., Vachard, D. and Vennin, E. (Eds.), 2007. Palaeozoic Reefs and Bioaccumulations: Climatic and Evolutionary Controls. Geological Society, London, Special Publications. 275: 201-209.
- Buitrón-Sánchez, B. E., Vachard, D., Almazán-Vázquez, E., Palafox, J. J., 2012.** Una secuencia cratónica del Carbonífero al Pérmico inferior expuesta en los cerros El Tule, noroeste de Sonora, México. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas.* 29 (1): 39-62.
- Butts, S. H., 2007.** Silicified Carboniferous (Chesterian) Brachiopods of the Arco Hills Formation, Idaho. *Journal of Paleontology.* 81 (1): 48-63.
- Campbell, P. A., and Anderson, T. H., 1998.** Structure and kinematics along a Jurassic Plate Boundary Transform, the Mojave-Sonora Megashear. *In:* Clark, J. F., (Ed.). Gold deposits of Northern Sonora, Mexico. Society of Economic Geologists. Guidebook Series. Fort Collins Company. 30: 177-186.
- Campbell, P. A., and Anderson, T. H., 2003.** Structure and kinematics along a segment of the Mojave-Sonora megashear: A strike-slip fault that truncates the Jurassic continental magmatic arc of southwestern North America. *Tectonics* 22 (6): 16.
- Carrillo-Bravo, J., 1965.** Estudio geológico de una parte del anticlinorio de Huayacocotla. *Boletín de la Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros.* 17 (5-6): 73-96.
- Carter, J. L., Johnson, J. G., Gourvenec, R., and Hong-Fei, H., 1994:** A revised classification of the spiriferid brachiopods. *Annals of Carnegie Museum.* 63(4): 327-374.
- Chao, Y. T., 1927.** Productidae of China. Part 1: Producti. *Paleontologia Sinica (Series B).* 5 (2): 192 p.

- Chen, Z. Q., and Shi, G. R., 2002.** Late Carboniferous to Early Permian brachiopod faunas from the Bachu and Kalpin areas, Tarim Basin, NW China. *Alcheringa* 25 (3): 293-326.
- Chen, Z., Shi, G. R., and Yang, W.-R., 2003.** Internal Structure and Paleoecology of the Lower Permian Uzunbulak Reef Complex of the Tarim Basin, Northwest China. *Facies*. 49: 119 – 134.
- Clopine, W. W., Manger, W. L., Sutherland, P. K., and Kaiser, D. A., 1991.** Lower and Middle Pennsylvanian stratigraphic relations, type Derryan region, southern New Mexico and westernmost Texas. *New Mexico Bureau of Mines and Mineral Resources Bulletin*. 137: 173-181.
- Cloud, P. E., 1944.** Part III. Permian Brachiopods. *In*: King, R. E., Dunbar, C. O., Cloud, P. E., and Miller, 1944. *Geology and paleontology of the Permian area northwest of Las Delicias, southwestern Coahuila, Mexico*. Geological Society of America Special Paper 52. 170 p.
- Cocks, L. R. M., 1967.** Depth patterns in Silurian Marine Communities. *Marine Geology*. 5: 379-382.
- Cook, H. E., and Mullins, H. T., 1983.** Basin Margin Environment. *In*: Scholle, P. A., Bebout, D. G., and Moore, C. H. (Eds.). *Carbonate Depositional Environments*. American Association of Petroleum Geologists. Memoir 33: 539–617.
- Coogan, A. H., 1964.** Early Pennsylvanian History of Ely Basin, Nevada. *The Bulletin of the American Association of Petroleum Geologists* 48(4):487-495
- Cooper, G. A., 1944.** Brachiopods. *In*: Shimer, H. W., and Shrock, Index fossils of North America. R. John Wiley and Sons. New York, Inc. 837 p.
- Cooper, G. A., 1953.** Sponges, Brachiopoda, Pelecypoda, and Scaphopoda. Permian fauna at El Antimonio, western Sonora, Mexico. *Smithsonian Miscellaneous Collections* 119(2):21-80

- Cooper, G. A., and Arellano, A. R. V., 1946.** Stratigraphy near Caborca, northwestern Sonora, Mexico. *Bulletin of the American Association of Petroleum Geologists*. 30 (4): 606-619.
- Cooper, A. G., and Grant, R. E., 1975.** Permian Brachiopods of West Texas, III. *Smithsonian Contributions to Paleobiology*. 19. Smithsonian Institution Press: 795-1919.
- Cooper, A. G., and Grant, R. E., 1976.** Permian Brachiopods of West Texas, V. *Smithsonian Contributions to Paleobiology*. 24. Smithsonian Institution Press: 2609–3159.
- Cooper, G. A., Arellano, A. R. V., Johnson, J. H., Okulitch, V. J., Stoyanow, A. y Lochmann, C., 1956.** Geología y paleontología de la region de Caborca, norponinente de Sonora. Parte 1: Paleontología y estratigrafía del Cámbrico de Caborca. *Congreso Geológico Internacional*. 20, México, Distrito Federal. 259 p.
- Cooper, G. A., Dunbar, C. O., Duncan, H., Miller, A. K., and Knight, J. B., 1953.** Permian fauna at El Antimonio, western Sonora, México. *Smithsonian Miscellaneous Collections*. 119 (2): 111 p.
- Cooper, G. A., Dunbar, C. O., Duncan, H., Miller, A. K., and Knight, J. B., 1965.** Fauna pérmica de El Antimonio, oeste de Sonora, México. *Boletín del Instituto de Geología*. 58: 122 p.
- Curry, G. B., and Fallick, A. E., 2002.** Use of stable isotope determination from brachiopod shells in palaeoenvironmental reconstruction. *Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology*. 182: 133-143.
- Dagys, A.S., 1972.** Yavleniya metakhoreza sredi triasovykh spiriferinid. Problemy paleozoogeografii mezozoya Sibiri. *Trudy Instituta Geologii i Geofiziki (Novosibirsk)*, 111: 34-44.
- Davidson, T., 1857.** Notes sur les genres *Athyris* (= *Spirigera*), *Camarophoria*, *Orthisina* et *Strophalosia* des terrains Permians d'Angleterre. *Bulletin de la Société Linnéenne de Normandie* 2:11–24.

- Davidson, T., 1862.** On some Carboniferous Brachiopoda collected in India by A. Fleming, MD, and W. Purdon, Esq, FGS. Quarterly Journal of the Geological Society 18: 25-35.
- Davidson, T., 1881.** On genera and species of spiral-bearing Brachiopoda from specimens developed by rev. Norman glass: With notes on the results obtained by Mr. George Maw from extensive washing of the Wenlock and Ludlow shales of Shropshire. Geological Magazine (N. S., Decade II). 8 (1): 1-13.
- Davidson, T., 1884.** A Monograph of the British Fossil Brachiopoda (Volume 5, Part 3: Appendix to Supplement, General Summary, with Catalogue of the British Species). Paleontographical Society. Monograph 38: 243-476.
- Duméril, A. M. C., 1806.** Zoologie Analytique, ou Méthode Naturelle de Classification des Animaux. Allais, Paris, xxiv + 344 p.
- Dunbar, C., and Condra, G. E., 1932.** Brachiopods of the Pennsylvanian system in Nebraska. Nebraska Geological Survey. Professional Paper. 16. 533 p.
- Easton, W. H., 1962.** Carboniferous Formations and Faunas of Central Montana. Geological Survey Professional Paper 348. 124 p.
- Easton, W. H., Sanders, J. E., Knight, J. B., and Miller, A. K., 1958.** Mississippian Fauna in Northwestern Sonora Mexico. Smithsonian Miscellaneous Collections. 119 (3). 78 p.
- Eguiluz de Antuñano, S., Aranda-García, M y Buitrón-Sánchez, B. E., 2011.** Presencia de fósiles del Carbonífero en la Formación Gran Tesoro (Jurásico Inferior), región de Santa María del Oro, Durango, México. *En:* Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Geología. Jornadas Paleontológicas – Gloria Alencáster Ybarra, forjadora de Paleontología en México. 55 años de labor académica. Libro de resúmenes: 12-13.
- Esquivel-Macías, C., 1996.** Invertebrados del Paleozoico Tardío de las regiones de Olnalá, Guerrero y Patlanoaya, Puebla. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Ciencias. Tesis de Maestría.

- Esquivel-Macías, C., 2000.** Braquiópodos y crinoides del Paleozoico Tardío de las Formaciones Olinalá, Gro., Patlanoaya y Cuxtepeque, Pue. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Ciencias. Tesis de Doctorado. 124 p.
- Flessa, K. W., and Kowalewski, M., 1994.** Shell survival and time averaging in near shore and shelf environments: estimates from the radiocarbon literature. *Lethaia*. 27: 153 – 163.
- Flügel, E., 2010.** *Microfacies of Carbonate Rocks, Analysis, Interpretation and Application*: Springer-Verlag, 2<sup>nd</sup> Edition, 976 pp.
- Fredericks, G., 1916.** 1916. Paleontologicheskiiia zametki. 2. O. Nekotorykh' verkhne-Paleozoiskikh' Brakhiopodakh'Evrzii [Paleontological notes. 2. On some upper Paleozoic Brachiopoda of Eurasia]. Comité Géologique, Mémoires (New Series) 156: 1–87 [Texto en ruso].
- Fredericks, G., 1933.** Paleontological notes 4: On some Upper Palaeozoic brachiopods of Eurasia. Tsentral'nogo Nauchno Issledovatel'skii Geologo Razvedochnii Institut (TSNIGRI). *Palaeontology and Stratigraphy. Materialy*, Leningrad. 2: 24 – 33.
- Fürsich, F. T., and Hurst, J. M., 1974.** Environmental factors determining the distribution of brachiopods. *Palaeontology*. 17 (4): 879 – 900.
- Garzanti, E., Angiolini, A., Brunton, H., Sciunnach, D., and Balini, M., 1998.** The Bashkirian "Fenestella Shales" and the Moscovian "Chaetetid Shales" of the Tethys Himalaya (South Tibet, Nepal and India). *Journal of Asian Earth Sciences*. 16: 119-141.
- Gehrels, G. E., and Stewart, J. H., 1998.** Detrital zircon U-Pb geochronology of Cambrian to Triassic miogeosinclinal and eugeosinclinal strata of Sonora, Mexico. *Journal of Geophysical Research B. Solid Earth and Planets*. 103 (2): 2471-2487.
- Gehrig, J. L., 1958.** Middle Pennsylvanian Brachiopods From the Mud Springs Mountains and Derry Hills, New Mexico. State Bureau of Mines and Mineral Resources. New Mexico Institute of Mining and Technology. Memoir 3: 24 p.

- Gilluly, J., Cooper, J.R., and Williams, J.S., 1954.** Late Paleozoic stratigraphy of central Cochise County, Arizona. United States Geological Survey. Professional Paper 266. 49 p.
- Girty, G. H., 1896-1939.** Report of fossils of Mississippian age from well cores in western Kansas. Bulletin of the Kansas State Geological Survey. 33: 97-112.
- Girty, G. H., 1908.** The Guadalupian Fauna. Department of the Interior, United States Geological Survey. Professional Paper 58. 511 p.
- Girty, G. H., 1915.** The Stratigraphy of the Pennsylvanian series in Missouri with a chapter on invertebrate paleontology. Bulletin of the Missouri Bureau Geology and Mines. Series 2. 3: 273-376.
- Girty, G. H., 1927.** Descriptions of Carboniferous and Triassic fossils. *In*: Mansfield, G. R., Geography, Geology, and Mineral Resources of Part of Southeastern Idaho. United States Geological Survey. Professional Paper 152. 453 p.
- González-León, C., 1980.** La Formación Antimonio (Triásico Superior – Jurásico Inferior) en la Sierra del Álamo, Estado de Sonora. Revista del Instituto de Geología. 4 (1): 13-18.
- González-León, C., 1986.** Estratigrafía del Paleozoico de Sierra del Tule, Noreste de Sonora. Revista del Instituto de Geología. 6 (2): 117-135.
- González-Arreola, C., Villaseñor-Martínez, A .B., y Corona-Esquivel, R., 1994.** Permian fauna of the Los Arcos Formation, Municipality of Olinalá, State of Guerrero, México. Revista Mexicana de Ciencias Geológicas. 11 (2): 214-221.
- Gómez-Espinosa, C., Buitrón-Sánchez, B. E. y Vachard, D., 2009.** Tafonomía del gasterópodo cf *Donaldina robusta* (Heteroconchia: Streptacididae) del Pensilvánico Medio, Formación La Joya, Sonora, México. Revista de Biología Tropical [International Journal of Tropical Biology]. 58 (1): 183-194.
- Gordon, M., 1975.** Brachiopoda of the Amsden Formation (Mississippian and Pennsylvanian) of Wyoming. Geological Survey Professional Paper 848-D. 86 p.

- Gordon, M., 1982.** Chapter F. Biostratigraphy of the Watahomigi Formation. *In: McKee, E. D., The Supai Group of Grand Canyon. Geological Survey Professional Paper 1173: 113-135.*
- Grabau, A. W., 1934.** Early Permian Fossils of China. Part I. Early Permian Brachiopods, Pelecypods and Gastropods of Kueichow. *Paleontologia Sinica. Series B. 8 (3). 214 p.*
- Grabau, A. W., 1936.** Early Permian Fossils of China. Part II. Fauna of the Maping limestone of Kuangsi and Kweichow. *Paleontologia Sinica. Series B. 8 (4). 441 p.*
- Grant, R. E., 1976.** Permian brachiopods from southern Thailand. *Paleontological Society. Memoir 9. 269 p.*
- Gray, J. E. 1840.** Synopsis of the Contents of the British Museum. 42<sup>th</sup> Ed. British Museum, London. 370 p.
- Grinnell, R. S. and Andrews, G., 1964.** Morphologic studies of the brachiopod genus *Composita*. *Journal of Paleontology. 38 (2): 227-248.*
- Gross, E. L., Stewart, J. H., and Gehrels, G. E., 2000.** Detrital zircon geochronology of Neoproterozoic to Middle Cambrian miogeoclinal and platform strata—northwest Sonora, Mexico. *Geofísica International. 39: 295-308.*
- Grunt, T. A., 1965.** Nadsemeistvo Athyridacea [Superfamily Athyridacea]. *In: Ruzhencev, V. E. and Sarycheva, T. G., (Eds.). Rasvitič I smana morskikh organizmov na rubezhe paleozoiia imesoziia [Evolution and change of marine organisms at the Paleozoic-Mesozoic boundary]. Akademia Nauk SSSR. Trudy Paleontologičeskogo Instituta. 108: 237-253.*
- Grunt, T. A., 1986.** Sistema brachiopod otriada atiridida [Classification of brachiopods of the order Athyridida]. *Akademia Nauk SSSR. Trudy Paleontologičeskogo Instituta. 215. 200 p.*

- Hall, J., 1852.** Notes on some of the fossils collected on the route from the Missouri River to the Great Salt Lake and in the vicinity of the latter place. Exploration and survey of the valley of the Great Salt Lake of Utah. U. S. 32<sup>nd</sup> Congress Special Session, Appendix E:401-414.
- Hall, J., and Clarke, J. M., 1893.** An Introduction to the Study of the Genera of Palaeozoic Brachiopoda, Palaeontology of New York. 8 (2): 317 p.
- Hall, J., and Clarke, J. M., 1895 [1894].** An introduction to the study of the genera of Palaeozoic Brachiopoda, Natural History of New York, Palaeontology. Volume 8, Part 2. New York Geological Survey. Charles van Benthuysen & Sons. 394 p.
- Harper, J. A., 1989.** Abundant Fossils at New Allegheny County Locality. Pennsylvania Geology. The Pennsylvania Geological Survey. 20 (1): 10-15
- Harper, D. A. T., and Moran, R., 1997.** Fossils explained 20: Brachiopod life styles. Geology Today. Blackwell Science Ltd. November-December, 1997: 235-238.
- Haq, B. U., and Schutter, S. R., 2008.** A chronology of Paleozoic sea-level change. Science. 322: 64-68.
- Hewett, R. L., 1978.** Geology of the Cerro La Zacatera area, Sonora, Mexico. Flagstaff, Arizona, Northern Arizona University. M. S. Thesis. 99 p.
- Hoare, R. D., 1961.** Desmoinesian Brachiopoda and Mollusca from Southwestern Missouri. University of Missouri Press. 262 p.
- Hoare, R.D., 1968.** Pennsylvanian brachiopods of Ohio; Bulletin of the Ohio Geological Survey. 63, 95 p.
- Hoover, P. R., 1981.** Paleontology, Taphonomy and Paleoecology of the Palmarito Formation (Permian of Venezuela). Bulletin of American Paleontology. 80 (313): 1-138.
- Huang, T.K., 1932.** Late Permian Brachiopoda of southwestern China. Palaeontologia Sinica, Series B 9 (1): 1-138.

- Instituto Nacional de Estadística Geográfica e Informática (INEGI), 1999.** Carta Geológica. Hoja Madera H-129, Escala 1:250,000.
- Iriondo, A., 2005.** The Caborca oroclinal bend – A testable hypothesis to explain the NW-SE geological trend of Paleoproterozoic provinces in the Mexican SW Laurentia. *GEOS, Unión Geofísica Mexicana, Resúmenes y Programa*, 25 (1): 85.
- Iriondo, A., 2007.** Precambrian geology in NW Mexico - New ideas for the distribution of Paleoproterozoic crustal provinces in SW Laurentia. *Symposium Ores and Orogenesis: Circum-Pacific Tectonics, Geologic Evolution and Ore Deposits*, Arizona Geological Society: 94-95.
- Iriondo, A., y Premo, W. R., 2010.** Las rocas cristalinas proterozoicas de Sonora y su importancia para la reconstrucción del margen continental SW de Laurentia - La pieza mexicana del rompecabezas de Rodinia, *In: Calmus, T. (Ed.), Panorama sobre la geología de Sonora, México. Boletín del Instituto de Geología*. 118: 25 – 55.
- Jin, Y. G. and Liao, Z. T., 1974.** Carboniferous Brachiopoda. *In: Handbook of Stratigraphy and Palaeontology of Southwestern China*. Nanjing Institute of Geology and Palaeontology, Academia Sinica. Science Press. Beijing: 275 – 282. [Texto en chino].
- Jin, Y. G. and Sun, D. E., 1981.** Paleozoic brachiopods from Xizang. *Series of the Scientific Expedition to Qinghai-Xizang Plateau, Palaeontology of Xizang, Book 3 (The series of the Scientific Expedition to the Qinghai-Xizang Plateau)*. Science Press. Beijing: 127-176. [Texto en chino].
- Jin, Y. G., Lee, D., Sun, D. L., Smirnova, T. N., Dagys, A. S., and Sandy, M. R., 2006.** Dielasmatoidea. *In: Kaesler, R. (Ed.), Treatise on Invertebrate Paleontology. Part H. Brachiopoda. Revised*. The Geological Society of America, Inc., and The University of Kansas, Boulder, Colorado, and Lawrence, Kansas: 2029-2053.
- Jin, Y. G., Wang, Y. Sun, D. L. and Shi, Q., 1985.** Late Paleozoic and Triassic brachiopods from the east of the Qinghai-Xizang Plateau. *Paleontology and Stratigraphy of Western Sichuan and Eastern Xizang*. 182-249.

- Kabanov, P., 2003.** The Upper Moscovian and basal Kasimovian (Pennsylvanian) of central European Russia: Facies, subaerial exposures and depositional model. *Facies* 49: 243-270.
- Kaesler, R. L., 1997.** Treatise on Invertebrate Paleontology. Part H. Brachiopoda (Revised). Vol. 1. Introduction. Geological Society of America and University of Kansas Press, New York. 539 p.
- Kalashnikov, N. V., 1980.** Brakhiopody verkhnego paleozoia Evropeiskogo Severa SSSR. (Brachiopods of the Upper Paleozoic of the European North of the USSR.). Nauk, Leiningrad, 136 p.
- Ketner, K. B., and Noll, J. H., Jr., 1987,** Preliminary geologic map of the Cerro Cobachi area, Sonora, Mexico. Department of the Interior, United States Geological Survey Miscellaneous Field Studies Map MF-1980.
- Khan, F. H., and Afzal, J., 2005.** Comparative Study of Brachiopods of Chhidru Formation from Zaluch and Nammal Sections, Western Salt Range, Pakistan. *Pakistan Journal of Hydrocarbon Research*. 15: 53-63.
- King, R. E., 1939.** Geological Reconnaissance in Northern Sierra Madre Occidental of Sierra Madre Occidental of Mexico. *Bulletin of the Geological Society of America*. 50: 1625-1722.
- King, W., 1846.** Remarks on certain genera belonging to the class Palliobranchiata. *Annals and Magazine of the Natural History*. 18: 26-42.
- King, W., 1850.** A monograph of the Permian fossils of England. *Palaeontographical Society*. Monograph 3. 258 p.
- King, W., 1859.** On *Gwynia*, *Dielasma*, and *Macandrevia*, three new genera of Palliobranchiate Mollusca, one of wich has been dredged in Belfast Lough. *Proceedings Dublin University Zoological and Botanical Association*. 1. Part 3: 256-262.

- King, R. E., Dunbar, C. O., Cloud, P. E., and Miller, 1944.** Geology and paleontology of the Permian area northwest of Las Delicias, southwestern Coahuila, Mexico. Geological Society of America Special Paper 52. 170 p.
- Kitwell, S. M., Fürsich, F. T., and Aigner, T., 1986.** Conceptual framework for the analysis and classification of fossil concentrations. *Palaios*. 1: 228-238.
- Kotlyar, G. V., Zakharov, Y., Kropatcheva, G. S., Pronina, G. P., Chedija, I. O., and Burago, V. I., 1989.** Evolution of the latest Permian biota. Midian regional stage in the USSR. 184 p.
- Kowalewski, M., Goofriends, G. A., and Flessa, K. W., 1998.** High resolution estimates of temporal mixing shell beds. The evils and virtues of time averaging. *Paleobiology*. 24: 287-304.
- Kues, B. S., 2002a.** Invertebrate paleontology of the Bursum Formation type section (latest Pennsylvanian), Socorro County, New Mexico. New Mexico Geological Society. Guidebook 53: 193-209.
- Kues, B. S., 2002b.** A marine invertebrate fauna from the upper part of the Panther Seep Formation (earliest Wolfcampian) near Hembrillo Pass, San Andres Mountains, south-central New Mexico: New Mexico Geological Society. Guidebook 53: 241-256.
- Kues, B. S., 2004.** Stratigraphy and Brachiopod and Molluscan Paleontology of the Red Tanks Formation (Madera Group) near the Pennsylvanian-Permian Boundary, Lucero Uplift, West Central New México. *In: Lucas, S. G., and Zeigler, K. E. (Eds.), Carboniferous-Permian transitions. Bulletin of the New Mexico Museum of Natural History and Science*. 25: 143-210.
- Kues, B. S., 2009.** Late Pennsylvanian invertebrate paleontology of Brunton Canyon, Northern Sierra Oscura, Socorro County, New Mexico. New Mexico Geological Society Guidebook, 60<sup>th</sup> Conference, Geology of the Chupadera Mesa Region: 249-266.

- Kues, B. L., and Batten, R. L., 2001.** Middle Pennsylvanian gastropods from the Flechado Formation, north-central New Mexico. *Journal of Paleontology*. 75 (1): 1-95.
- Kurtz, J. R., Gehrels, G. E., and Stewart, J. H., 1998,** Detrital zircons geochronology of the Bolsa Quartzite (Cambrian) in Sonora, Mexico. *Geological Society of America Abstracts with Programs*. 30 (5): 49.
- Lane, N. G., 1962.** The fauna of the Ely Group in the Illipah Area of Nevada. *Journal of Paleontology*. 36 (5): 888-911.
- Lane, N. G., 1963.** A silicified morrowan brachiopod faunule from the Bird Spring Formation, Southern Nevada. *Journal of Paleontology*. 37 (2): 379-392.
- Lane, N. G., 1964.** Costation patterns in early Pennsylvanian spiriferids. *Journal of Paleontology*, 38: 781-785.
- Lee D. E., 2008.** The terebratulides: the supreme brachiopod survivors. *Fossils and Strata*, 54, 241-249.
- Li, L., Yang, D. L., and Feng, R. L., 1986.** The brachiopods and the boundary of Late Carboniferous-Early Permian in Longlin region, Guangxi. *Bulletin of the Yichang Institute of Geology and Mineral Resources*. 11: 199-258.
- Logan, A and McGugan, A., 1968.** Biostratigraphy and faunas of the Permian Ishbel Group, Canadian Rocky Mountains. *Journal of Paleontology*. 42 (5): 1123-1139
- López-López, M . B., 1997.** Braquiópodos del Paleozoico Tardío de la región de Olinalá, estado de Guerrero. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Ciencias. Tesis de Licenciatura. 150 p.
- Longoria F., González, M. A., Mendoza, J. J. y Pérez, V. A., 1978.** Consideraciones estructurales en el cuadrángulo Pitiquito-La Primavera, NO de Sonora. *Boletín del Departamento de Geología de la Universidad de Sonora*. 1 (1): 61-67.
- Ludford, A., 1951.** The stratigraphy of the Carboniferous rocks of the Weaver Hills District, North Staffordshire. *Quarterly Journal of the Geological Society*. 106: 211-229.

- MacKinnon, D. J., Lee, D. E., and Campbell, J. D., 1991.** Brachiopods through Time. Proceedings of the 2<sup>nd</sup> International Brachiopod Congress. University of Otago, Dunedin, New Zealand, 5 – 9 February 1990. 447 p.
- Martin, R. E. 1999.** Taphonomy, a Process Approach. Cambridge Paleobiology Series, 4. Cambridge University Press, Cambridge.
- M'Coy, F., 1844.** A Synopsis of the Characters of the Carboniferous Limestone Fossils of Ireland. Williams & Norgate. London. 207 p.
- Marcou, J., 1858.** Geology of North America with two reports on the Prairies of Arkansas and Texas, The Rocky Mountains of New Mexico and The Sierra Nevada of California. 144 p.
- Mamet, B. L., 1975.** Carboniferous foramifera and algae of the Amsdem Formation (Mississippian and Pennsylvanian) of Wyoming. United States Geological Survey. Professional Paper 848-D. 18 p.
- Mamet, B. L., and Skipp, 1970.** Preiminary foraminiferal correlations of early Carboniferous strata in the North America Cordillera. Congrès et Colloques de l'Université de Liège. Colloque sur la Stratigraphie du Carbinifère. 55: 327-348.
- Mansfield, G. R., 1927.** Geography, Geology, and Mineral Resources of Part of Southeastern Idaho. United States Geological Survey. Professional Paper 152. 453 p.
- Mather, K. F., 1915.** The fauna of the Morrow Group of Arkansas and Oklahoma. Bulletin of the Denison University Scientific Laboratories. 18: 59-284.
- McKee, E. D., 1982.** The Supai Group of Grand Canyon. United States Geological Survey. Professional Paper. 1173. 504 p.
- Mii, H., Grossman, E. L., and Yancey, T. E., 1999.** Carboniferous isotope stratigraphy of North America; implications for Carboniferous paleoceanography and Mississippian glaciation. Bulletin of the Geological society of America. 111: 960-973.
- McKee, E. D., 1982.** The Supai Group of the Grand Canyon. United States Geological Survey Professional Paper 1173. 502 p.

- Molina-Garza, R. S., e Iriondo, A., 2005.** La megacizalla Mojave-Sonora - la hipótesis, la controversia y el estado actual de conocimiento del problema, *In:* Volumen Centenario del Servicio Geológico de México: Grandes Fronteras Tectónicas de México: Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana. 52 (1): 1-26.
- Morningstar. H., 1922.** Pottsville fauna of Ohio. Bulletin of the Ohio Geological Survey. 25:1-312.
- Moseley, F., 1953.** The Namurian of the Lancaster Fells. Quarterly Journal of the Geological Society of London.109 (1): 423-454.
- Muir-Wood, H. M., and Cooper, G. A., 1960.** Morphology, classification and life habits of the Productoidea. Geological Society of America. Memoir 81. 447 p.
- Mudge, M. R., Yochelson, E. L., Douglas, R. C. , Duncan, H., Strimple, H. L., Gordon, M., and Dunkle, D. H., 1962.** Stratigraphy and Paleontology of the Uppermost Pennsylvanian and Lowermost Permian Rocks in Kansas. United States Geological Survey Professional Paper 323:1-213.
- Mundy, D. J. C., 1994.** Microbialite-sponge-bryozoan-coral framestones in Lower Carboniferous (Late Viséan) buildups of northern England (UK).*In:* Embry, A.F., Beauchamp, B. and Glass, D.J. (Eds.). Pangea: Global Environments and Resources. Canadian Society of Petroleum Geologists. Memoir 17: 713-729.
- Nakazawa, K., 1971.** The Lower Triassic Kurotaki Fauna in Shikoku and its allied faunas in Japan. Memoirs of the Faculty of Science, Kyoto University, Series of Geology and Mineralogy. 38: 103-133.
- Newell, N. D., Chronic, J., and Roberts, T. G., 1953.** Upper Paleozoic of Peru. Geological Society of America. Memoir 58. 276 p.
- Noll, J. H., 1981.** Geology of the Picacho Colorado area, northern Sierra de Cobachi, central Sonora, Mexico. Flagstaff, Arizona, Northern Arizona University. M. S. Thesis.165 p.

- Norwood, J. G., and Pratten, H., 1855.** Notice of Producti found in the Western States and Territories, with descriptions of twelve new species. *Journal of the Philadelphia Academy of Natural Sciences*. Series 2, 3(1): 5-22.
- Ochoa-Granillo, J. A. y Sosa-León, J. P. 1993.** Geología y Estratigrafía de la Sierra Agua Verde con énfasis en el Paleozoico. Universidad de Sonora. Tesis de Licenciatura. 59 p.
- Olszewski, T. D., and Patzkowsky, M. E., 2001a.** Measuring recurrence of marine biotic gradients: a case study from the Pennsylvanian-Permian Midcontinent. *Palaios*. 16: 444-460.
- Olszewski, T. D., and Patzkowsky, M. E., 2001b.** Evaluating taxonomic turnover: Pennsylvanian-Permian brachiopods and bivalves of the North American Midcontinent. *Paleobiology*. 27 (4): 646 - 668.
- Orbigny, A. D. d'., 1842.** Voyage dans l'Amérique Méridionale. 3 (4): 188 p.
- Owen, G. and Williams, A., 1969.** The caecum of articulate brachiopoda. *Proceedings of the Royal Society of London*. 172 B: 187-201.
- Palafox, J. J., 2011.** Du Craton au Rhéique: Le Nord et le Centre de l'Etat du Sonora (Mexique) au Paléozoïque Superior (Dévonien-Pennsylvanien), lithostratigraphie, biostratigraphie, approche géochimique et implications géologiques. Université Lille 1. Ecole Doctorale Sciences de la Matière, du Rayonnement et de l'Environnement. Thèse de doctorat en Sciences de la Terre. 315 p.
- Palafox, J. J., Minjarez, J. I., Pubellier, M. y Rascon, B., 1984.** Sobre la presencia del Paleozoico Superior en el Área de Arivechi, Sonora, México. *Boletín del Departamento de Geología de la Universidad de Sonora*. 1 (1): 60-62.
- Pérez-Huerta, A., 2007.** First record of post-Middle Desmoinesian (Late Carboniferous) brachiopods in the Great Basin (USA): Implications for faunal migrations in response to Late Paleozoic paleogeography. *Journal of Paleontology*. 8 (2): 312-330.

- Pérez-Huerta, A., 2008.** Regional originations and extinctions of Upper Carboniferous (Pennsylvanian) brachiopods from the Great Basin (USA): response to Late Palaeozoic palaeogeographic and climatic changes. *Fossils and Strata*. 54: 145-155.
- Pérez-Huerta, A. and Sheldon, N. D. 2006.** Pennsylvanian sea level cycles, nutrient availability and brachiopod paleoecology. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. 230: 264-279.
- Pérez-Ramos, O., and Nestell, M., 2002.** Permian fusulinids from Cobachi, central Sonora, Mexico. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*. 19 (1): 25-37.
- Pfeiffer-Rangin, F., 1982.** Biostratigraphic study of the rocks of northeastern and central Sonora. Instituto de Geología. Reporte Interno.
- Poole, F. G., Perry, W. J., Jr., Madrid, R. J., Amaya-Martínez, R., 2005.** Tectonic synthesis of the Ouachita-Marathon-Sonora orogenic margin of southern Laurentia: Stratigraphic and structural implications for timing of deformational events and plate tectonic model. In: Anderson, T. H., Nourse, J. A., McKee, J. W., Steiner, M. B. (Eds.). *The Mojave-Sonora Megashear Hypothesis: Development, assessment, and alternatives: Geological Society of America, Special Paper 393: 543-596.*
- Popp, B. N., Anderson, T. F. and Sandberg, P. A., 1986.** Brachiopods as indicators of original isotopic compositions in some Paleozoic limestones. *Bulletin of the Geological Society of America*. 97: 1262-1269.
- Prentice, J. E., 1951.** The Carboniferous Limestone of the Manifold Valley region, north Staffordshire. *Quarterly Journal of the Geological Society*. 106: 171-209.
- Quiroz-Barroso, S. A. y Sour-Tovar, F. 2006.** Chapter 8. Fossil record of Upper Marine Invertebrates from Mexico. *In: Vega, F., Nyborg, T., Perrilliat, M. del C., Cevallos-Ferris, S. R. S. and Quiros-Barroso, S. A., (Eds.). Studies on Mexican Paleontology. Springer Topics in Geobiology: 133-167.*
- Raup, D. M. y Stanley, M. S., 1978.** *Principios de Paleontología*. Ariel. España. 456 p.

- Raymond, A. C., Kelley, P. H. and Luken, C. B., 1990.** Dead by degrees; articulate brachiopods, paleoclimate and the Mid-Carboniferous extinction event. *Palaios*. 5: 111-123.
- Richardson, J. R., 1981a.** Brachiopods and pedicles. *Paleobiology* 7: 87-95.
- Richardson, J. R., 1981b.** Distribution and orientation of six articulate brachiopod species from New Zealand. *New Zealand Journal of Zoology*. 8: 189-196.
- Rivera-Carranco, E. 1988.** Condiciones paleoambientales de depósito de las formaciones cámbricas del área de Caborca, Sonora. Universidad Nacional Autónoma de México. *Revista del Instituto de Geología*. 7 (1): 22-27.
- Roberts, J., Hunt, J. W., and Thompson, D. M., 1976.** Late Carboniferous marine invertebrate zones of eastern Australia. *Alcheringa*. 1: 197-225.
- Ross, C. A., 1986.** Paleozoic evolution of southern margin of Permian basin. *Geological Society of America Bulletin*. 97: 536–554.
- Ross, C. A., and Ross, J. R., 1987.** Late Paleozoic sea-level and depositional sequences. *Cushman Foundation for Foraminiferal Research. Special Publication 24*: 137-149.
- Rudwick, M. J. S., 1962.** Notes on the ecology of brachiopods in New Zealand. *Transactions of the Royal Society of New Zealand, Zoology*. 1 (25): 327 – 335.
- Rudwick, M. J. S., 1970.** Living and fossil brachiopods. Hutchinson and Co. Publishers LTD. London, United Kingdom. 199 p.
- Ruzhentsev, V. E., and Sarycheva, T. G., 1965.** The Development and Change of Marine Organisms at the Palaeozoic-Mesozoic Boundary. *Trudy Paleontologicheskogo Instituta* 108: 1-431.
- Sadlick, W., 1960.** New name for *Spirifer occidentalis* (Girty) and its geologic history. *Journal of Paleontology*. 34: 1210-1214.
- Saltzman, M. R., 2003.** Late Paleozoic ice age; oceanic or pCO<sub>2</sub>? *Geology*. 31: 151-154.

- Samankassou, E. 2002.** Cool-water carbonates in a palaeoequatorial shallow-water environment: The paradox of the Auernig cyclic sediments (Upper Pennsylvanian, Carnic Alps, Austria-Italy) and its implications. *Geology*, 30: 655–658.
- Sando, W. J., Gordon, M., and Dutro Jr., J. T., 1975.** Stratigraphy and geologic history of the Amsden Formation (Mississippian and Pennsylvanian) of Wyoming. United States Geological Survey Professional Paper. 848-A. 83 p.
- Sarycheva, T. G., and Sokolskaya, A. V. N., 1959,** O klassifikatsin lozhnoporistykh brachiopod. *Akademiia Nauk SSSR, Doklady (Moscow)*. 125 (1): 181-184.
- Schlotheim, E. F., 1816.** Beiträge zur Naturgeschichte der Versteinerungen in Geognostischer Hinsicht. *Denkschriften der Königlich Akademie der Wissenschaften zu Munchen für des Jahre 1816 und 1817*. 6:13-36.
- Schuchert, C., 1913.** Class 2.Brachiopoda. *In: Zittel, A. v. (Ed.)*. Text-book of Palaeontology. Vol 1, Part 1, 2<sup>nd</sup> Ed. Macmillan, London, Great Britain: 355-420.
- Schumann, D. 1991.** Hydrodynamic influences in brachiopod shell morphology of *Terebratalia transversa* (Sowerby) from the San Juan Islands, USA. *In: MacKinnon, D. J., Lee, D. E., and Campbell, J. D., 1991*. Brachiopods through Time. Proceedings of the 2<sup>nd</sup> International Brachiopod Congress. University of Otago, Dunedin, New Zealand, 5 – 9 February 1990: 265-271.
- Shen, S. Z., Shi, G. R., and Archbold, N. W., 2003.** A Wuchiapingian (Late Permian) brachiopod fauna from an exotic block in the Indus-Tsangpo Suture Zone, southern Tibet, and its palaeobiogeographical and tectonic implications. *Palaeontology* 46 (2): 225-256
- Shimmer, H. W., and Shrock, R. R., 1949.** Index fossils of North America. John Wiley and Sons, Inc. New York: 345-351.
- Servicio Geológico Mexicano (SGM). 2010.** Carta Geológica-Minera San Pedro de la Cueva H12-D34. Escala 1:50,000. Pachuca, Hidalgo, México. Mapa con Texto.

- Shimer, H. W., and Shrock, R. R., 1944.** Index fossils of North America. A New Work Based on the complete revision and reillustration of Grabau and Shimer's "North American Index Fossils". John Wiley and Sons, Inc.
- Silva-Pineda, A. B., Buitrón-Sánchez, B. E., Arellano-Gil, J., Vachard, D. and Ramírez, J., 2003.** Permian Continental and Marine Biota of South-Central Mexico: A Synthesis. *In*: Bartolini, R., Buffler, T. and Blackwede, J. (Eds.). The Circum-Gulf of Mexico and the Caribbean. Hydrocarbon habitats, basin formation and plate tectonic. American Association of Petroleum Geologists. Memoir 79: 462-475.
- Silver, L. T., Anderson, T. H. , 1974.** Possible left-lateral early to middle Mesozoic disruption of the southwestern North America craton margin: Geological Society of America Abstracts and Programs. 6: 955-956.
- Shumard, B. F., 1858.** Notice of new fossils from the Permian strata of New Mexico and Texas, collected by Dr. George G. Shumard, geologist of the United States Government expedition for obtaining water by means of artesian wells along the 32<sup>nd</sup> parallel, under the direction of Capt John Pope, US Corporatives of Topographic Engineers. Transactions of the Academy of Science of St. Louis. 1: 290-297.
- Smirnova, T. N. 2004.** The lower Kazanian (upper Permian) terebratulid assemblage of the family Beecheriidae fam. nov. (Brachiopoda) from the east of the Russian Platform. *Paleontologicheskii Zhurnal*. 38(2): 166–171.
- Sour-Tovar, F., Pérez-Huerta, A., Quiroz-Barroso, S. A. y Centeno-García, E., 2005.** Braquiópodos y trilobite del Pérmico del noroeste del estado de Hidalgo, México. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*. 22: 24-35.
- Sowerby, J. de C. 1821–1822.** The Mineral Conchology of Great Britain, vol. 4. Published by the author. London: 307–383.
- Sowerby, J. de C. 1823–1825.** The Mineral Conchology of Great Britain, vol. 5. Published by the author. London: 407–503.
- Stehli, F. G., 1954.** Lower Leonardian Brachiopods of the Sierra Diablo. *Bulletin of the natural Museum of Natural History*. 105: 257-358.

- Stehli, F. G., . 1956.** *Dielasma* and its external homeomorph *Beecheria*. *Journal of Paleontology*. 30(2): 299–302.
- Stehli, F. G., and Grant, R. E., 1971.** Permian brachiopods from Axel Heiberg Island, Canada, and an index of sampling efficiency. *Journal of Paleontology*. 45 (3): 502-521.
- Stevens, C. H., 1966.** Paleoecologic Implications of Early Permian Fossil Communities in Eastern Nevada and Western Utah. *Bulletin of the Geological Society of America*. 77: 1121-1130.
- Stevens, C. H., and Stone, P., 2007.** The Pennsylvanian Early Permian Bird Spring Carbonate Shelf, southeastern California - fusulinid biostratigraphy, paleogeographic evolution, and tectonic implications. *Geological Society of America Special Paper* 429. 82 p.
- Stevens, C. H., Stone, P., and Kistler, R. W., 1992.** A speculative reconstruction of the middle Paleozoic continental margin of southwestern North America. *Tectonics*. 11: 405-419.
- Stewart, J. H., and Poole, F. G., 2002.** Inventory of Neoproterozoic and Paleozoic strata in Sonora, Mexico. United States Department of the Interior. United States Geological Survey. Open-File Report 02-97. 50 p.
- Stewart, J. H., McMenamin, M. A. S., and Morales-Ramirez, J. M., 1984.** Upper Proterozoic and Cambrian rocks in the Caborca region, Sonora, Mexico—Physical stratigraphy, biostratigraphy, paleocurrent studies, and regional relations: United States Geological Survey Professional Paper. 1309. 36 p.
- Stewart, J. H., Poole, F. G., Harris, A. G., Repetski, J. E., Wardlaw, B. R., Mamet, B. L., and Morales-Ramirez, J. M., 1999.** Neoproterozoic(?) to Pennsylvanian inner-shelf, miogeoclinal strata in Sierra Agua Verde, Sonora, Mexico: *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*. 16 (1): 35-62.

- Stewart, J. H., Gehrels, G. E., Barth, A. P., Link, P. K., Christie-Blick, N., and Wrucke, C. T., 2001.** Detrital zircon provenance of Mesoproterozoic to Cambrian arenites in the western United States and northwestern Mexico. *Geological Society of America Bulletin*. 113 (10): 1343-1356.
- Stone, P., Stevens, C. H., Howard, K. A., and Hoisch, T. D., 2013.** Stratigraphy and Paleogeography Significance of the Pennsylvanian-Permian Bird Spring Formation in the Ship Mountains, Southeastern California. United States Geological Survey. Scientific Investigations Report 2013-5109. 40 p.
- Sturgeon, M. T., and Hoare, R. D., 1968.** Pennsylvanian brachiopods of Ohio. *Bulletin of the Ohio Division of the Geological Survey*, 95 p.
- Sutherland, P. K., 1991.** Morrowan brachiopods from the type "Derryan" series (Pennsylvanian), southern New Mexico. *Bulletin of the New Mexico Bureau of Mines and Mineral Resources*. 137:186-188.
- Tazawa, J. I., 2001.** Middle Permian brachiopods from the Moribu area, Hida Gaien Belt, central Japan. *Paleontological Research*. 5 (4): 283-310.
- Tazawa, J. I., 2012.** Late Permian (Changhsingian) brachiopod fauna from Nabekoshiyama in the Kesenuma area, South Kitakami Belt, northeast Japan. *Science Reports, Niigata University (Geology)*. 27: 15-50.
- Téllez-Girón, C., 1979.** Microfacies y microfósiles de la Formación Horquilla, Norte de México: Instituto Mexicano del Petróleo, Proyecto C-3044. 35 p.
- Termier, G., Termier, H., Lapparent A. F., and Marin, P., 1974.** Monographie du Permo-Carbonifère de Wardak (Afghanistan Central). *Documents des Laboratoires de Géologie de la Faculté des Sciences de Lyon, Hors Série 2*: 1-165.
- Thayer, C. W., 1975.** Strength of pedicle attachment in articulate brachiopods: ecologic and paleoecologic significance. *Paleobiology* 1: 388-399.
- Thayer, C. W., 1986.** Respiration and the function of brachiopod punctae. *Lethaia* 19: 23-91.

## Figura 8

(En todas las ilustraciones la barra de escala equivale a 10 mm.)

### ***Plicatifera* sp.**

a) Vista externa de la valva ventral del ejemplar USON-DG-147.

### ***Kozlowskia* sp.**

b) Vista externa de la valva ventral del ejemplar USON-DG-52.

### ***Linoproductus* sp.**

d) y e) Vista externa e interna de la valva ventral del ejemplar USON-DG-50.

g) y h) Vistas externa e interna de la valva ventral del ejemplar USON-DG-35.

### ***Composita* sp.**

c) Vista anterior del ejemplar USON-DG-57.

f) Vista dorsal del ejemplar USON-DG-55 (molde interno).

### ***Anthracospirifer occiduus* (Sadlick, 1960)**

i) Vista externa de la valva ventral del ejemplar USON-DG-82.

j) Vistas externa de la valva ventral del ejemplar USON-DG-83.

- Thompson, M. L., 1945.** Pennsylvanian rocks and fusulinids of east Utah and northwest Colorado correlated with Kansas section. Bulletin of the Kansas Geological Survey. 60 (2): 17-84.
- Thompson, M. L., 1948.** Studies of American fusulinids. Paleontological Contributions of the University of Kansas. Protozoa. Article 1. 184 p.
- Thompson, M.L. 1964.** Fusulinacea. *In*: Loeblich, A. R., and Tappan, H. (Eds.). Treatise on Invertebrate Paleontology. Part C. Protista 2. Sarcodina, Chiefly 'Thecamoebians' and Foraminiferida. Geological Society of America and University of Kansas Press, New York: C358-C436.
- Torres-Martínez, M. A. y Sour-Tovar, F., 2012.** Nuevos braquiópodos producidos (Rhynchonelliformea, Strophomenata) del Carbonífero de la región de Nochixtlán, Oaxaca. Revista Mexicana de Ciencias Geológicas. 29 (3): 696-712.
- Utrisky, B. N., 1960.** Stratigraphy and faunas of Carboniferous-Permian from the western Kunlun Mountains. Institute of Geology, Geology and Mineral Resources Ministry. Professional Papers. China, Series B. 5 (1): 14 - 132. [Texto en chino].
- Vachard, D., y Téllez-Girón, C., 1986.** El género *Polyderma* y nuevas soluciones al problema de las Calcisferas (microproblemáticas paleozoicas): Revista del Instituto Mexicano del Petróleo, 18 (3): 6-44.
- Vega, R. y Araux, E., 1985.** Estudio geológico de la Sierra La Campanería y sus yacimientos minerales. Boletín del Departamento de Geología de la Universidad de Sonora. 2 (1-2): 74-84.
- Vega, R. y Araux, E. 1987.** Estratigrafía del Paleozoico en el área del Rancho Las Norias, Sonora Central. Boletín del Departamento de Geología de la Universidad de Sonora. 4 (1-2): 41-50.
- Veizer, J., Fritz, P. and Jones, B., 1986.** Geochemistry of brachiopods: Oxygen and carbon isotopic records of Paleozoic oceans. Geochimica et Cosmochimica. 50: 1679-1696.

- Villaseñor-Martínez, A. B., Martínez-Cortés, A. y Contreras y Montero, B. 1987.** Bioestratigrafía del Paleozoico Superior de San Salvador Patlanoaya, Puebla, México. *Revista de la Sociedad Mexicana de Paleontología*. 1: 396-417.
- Viveros-Martínez, A., 1965.** Estudio geológico de la Sierra de Cabullona, Municipio de Agua Prieta, Estado de Sonora. México, D.F., Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Ingeniería. Tesis de Licenciatura. 82 p.
- Waagen. W. H., 1883.** Productus Limestone Fossils, Part IV, Fscicle 2. Salt Range Fossils, *Palaeontologia Indica*, Series 13. 1 (4): 391-546.
- Waagen, W. H., 1882 – 1885.** Salt Range fossils. V 1. Productus Limestone Group. Part 4. Brachiopoda: Memoir of the India Geological Survey. *Paleontologia Indica*. Series 13. 1 (4): 329-770.
- Wanner, J., 1956.** Zur Stratigraphie von Portugiesisch Timor. *Zeitschrift der Deutschen Geologische Gesellschaft* 108: 109-140.
- Wardlaw, B. R., Fűrnish, W. M., and Nestell, M. K., 1979.** Geology and Paleontology of the Permian beds near Las Delicias, Coahuila, Mexico. *Bulletin of the Geological Society of America*. 90: 111-116.
- Waterhouse. J. B., 1963.** Permian gastropods of New Zealand. Part 2, Pleurotomariacea (In part). *New Zealand Journal of Geology and Geophysics*. 6: 115-15.
- Waterhouse. J. B., 1966.** Lower Carboniferous and Upper Permian Brachiopods from Nepal. *Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt*. 12: 5-99.
- Waterhouse. J. B., 1975.** New Permian and Triassic brachiopod taxa. *Papers of the Department of Geology, University of Queensland*. 7 (1):1-23.
- Waterhouse, J. B., 1978.** Permian Brachiopoda and Mollusca from north-west Nepal. *Palaeontographica Abteilung A* 160 (1-6): 1-175.
- Waterhouse. J. B., 1983.** Permian brachiopods from Pija Member, Senja Formation in Manang District of Nepal, with new brachiopod genera and species from other region. *Bulletin of the Indian Geologists' Association* 16 (2): 111-151.

- Weller, S., 1898.** Classification of the Mississippian series. *Journal of Geology*. 6 (3): 303-314.
- Weller, S., 1858.** A bibliographic index of North American Carboniferous invertebrates. *Bulletin of the United States Geological Survey*, 153. 653 p.
- Weller, S., 1914.** The Mississippian Brachiopoda of the Mississippi Valley basin: Illinois State Geology Survey. Monography 1: 508 p.
- Wilde, G. L., 1990.** Practical fusulinid zonation – The species concept- with Permian basin emphasis. *Bulletin of the West Texas Geological Society*. 29 (7): 28-34.
- Williams, A., Rowell, A. J., Muir-Wood, H. M., Pitrat, C. W., Schmidt, H., Stehli, F. G., Ager, D. V., Wright, A. D., Elliott, G. F., Amsden, T. W., Rudwick, M. J. S., Hatai, K., Biernat, G., McLaren, D. J., Boucot, A. J., Johnson, J. G., Staton, R. D., Grant, R. E., and Hope, H. M., 1965.** Brachiopoda. *In*: Moore, R. C. (Ed.). *Treatise on Invertebrate Paleontology. Part H Brachiopoda Revised*. The Geological Society of America, Inc. and The University of Kansas Press, United States of America. 521 p.
- Williams, A., Carlson, S. J., and Brunton, C. H. C. (Eds.), 2000.** *Treatise on Invertebrate Paleontology. Part H. Brachiopod (Revised). Linguliformea, Craniiformea, and Rhynchonelliformea (Part)*. The Geological Society of America and University of Kansas. Boulder, Colorado and Kansas. 919 p.
- Williams, A., Carlson, S. J., and Brunton, C. H. C. (Eds.), 2002.** *Treatise on Invertebrate Paleontology. Part H. Brachiopod (Revised). Rhynchonelliformea (Part)*. The Geological Society of America and University of Kansas. Boulder, Colorado and Kansas. 768 p.
- Williams, A., Carlson, S. J., and Brunton, C. H. C. (Eds.), 2006.** *Treatise on Invertebrate Paleontology. Part H. Brachiopod (Revised). Rhynchonelliformea (Last Part)*. The Geological Society of America and University of Kansas. Boulder, Colorado and Kansas. 631 p.

- Williams, A., Carlson, S. J., and Brunton, C. H. C. (Eds.), 2007.** Treatise on Invertebrate Paleontology. Part H. Brachiopod (Revised). Supplement. The Geological Society of America and University of Kansas. Boulder, Colorado and Kansas. 956 p.
- Williams, A., Carlson, S. J., Brunton, C. H. C. Holmer, I. E., and Popov, L. E., 1996.** A supra-ordinal classification of the brachiopoda. Philosophical Transactions of the Royal Society of London B. 351: 1171-1193.
- Williams, A., Pierce, W. G., and Courtier, W. H., 1937.** Pennsylvanian Invertebrate Faunas of Southeastern Kansas. Geology and Coal Resources of the Southeastern Kansas Coal Field in Crawford, Cherokee, and Labette Counties, by W. G. Pierce and W. H. Courtier. Bulletin of the Kansas Geological Survey. 24: 92-122.
- Winkler-Prins, C. F., 1968.** Carboniferous Productidina and Chonetidina of the Cantabrian Mountains (NW Spain): Systematics, Stratigraphy and Paleoecology. Leidse Geologische Mededelingen, 43: 42-126.
- Wolfenden, E. B., 1958.** Paleoecology of the Carboniferous reef complex and shelf limestones in the northwest Derbyshire, England. Bulletin of the Geological Society of America. 69: 871-89.
- Yang, Z. Y., Yin, H. F., Wu, S. B., Yang, F. Q., Ding, M. H., and Xu, G. R., 1987.** Permian-Triassic Boundary Stratigraphy and Fauna of South China 1-379.
- Zendejas, M. S., 1973.** Exploración de cobre diseminado en el Proyecto Catalinas del Distrito Minero de Cananena, Sonora. Instituto Politécnico Nacional. Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura. Tesis Profesional. 47 p.

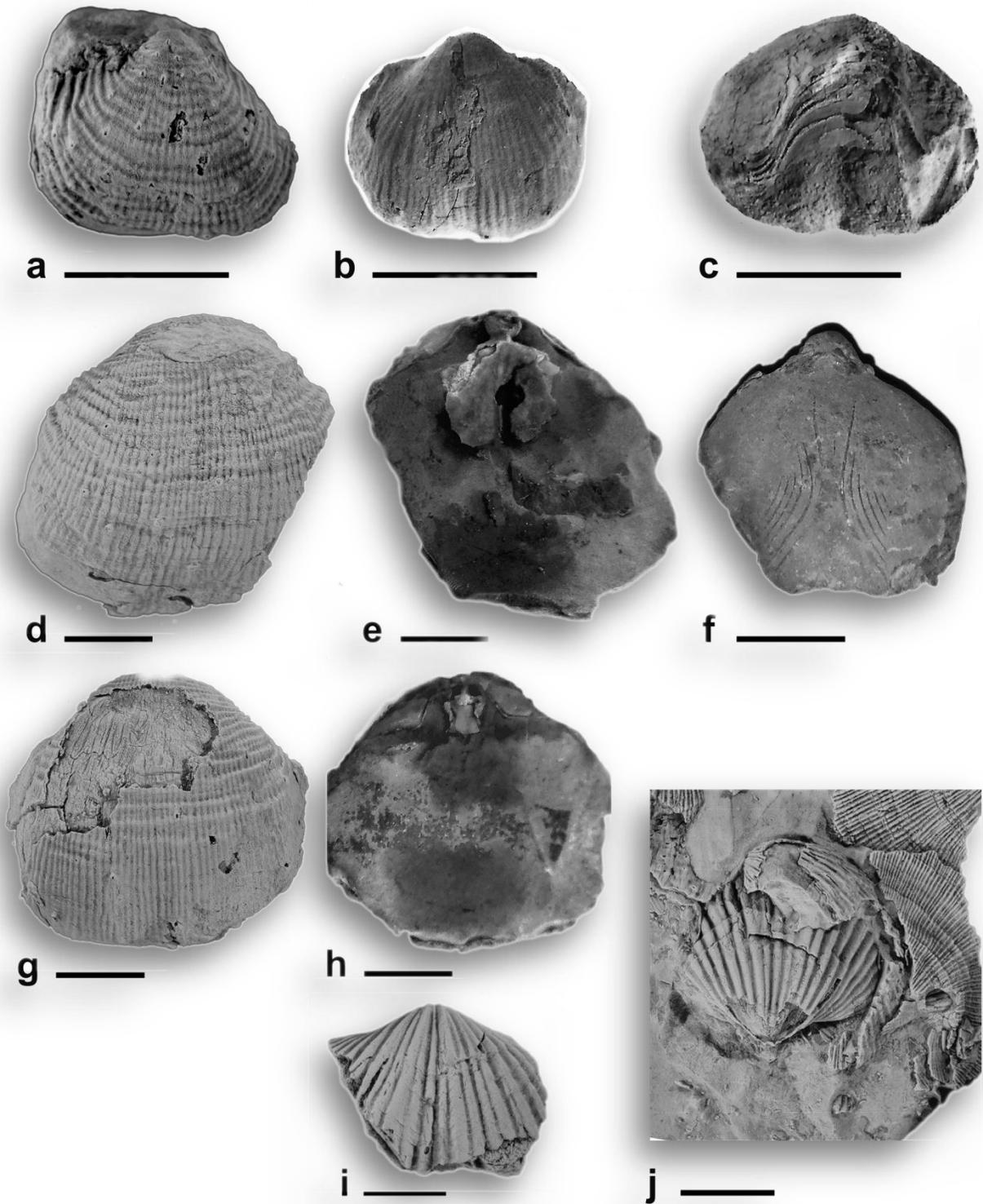


Figura 8.- *Plicatifera* sp., *Kozlowskia* sp., *Linoproductus* sp., *Composita* sp. y *Anthracospirifer occiduus* (Sadlick, 1960).

## Figura 9

(En todas las ilustraciones la barra de escala equivale a 5 mm.)

### ***Hustedia mormoni* (Marcou, 1867).-**

**f) y g)** Vistas externas de las valvas dorsal y ventral del ejemplar USON-DG-67.

**j) y k)** Vistas externas de las valvas ventral y dorsal del ejemplar USON-DG-68.

### ***Reticulariina* sp.**

**c)** Vista externa de la valva ventral del ejemplar USON-DG-77.

**d) y e)** Vistas externas de las valvas ventral y dorsal del ejemplar USON-DG-78.

**h) e i)** Vistas externas de las valvas ventral y dorsal del ejemplar USON-DG-73.

**l)** Vista externa de la valva ventral del ejemplar USON-DG-33.

**m)** Vista externa de parte de la valva dorsal del ejemplar USON-DG-33, incluido en una una matriz de caliza rojiza con un fragmento de crinoideo ciclícido (pertenciente probablemente al género *Heterostelechus* Moore y Jeffords, 1968).

### ***Dielasma* ?.**

**a)** Vista externa de la valva ventral del ejemplar USON-DG-56.

**b)** Vista lateral izquierda del ejemplar USON-DG-56.

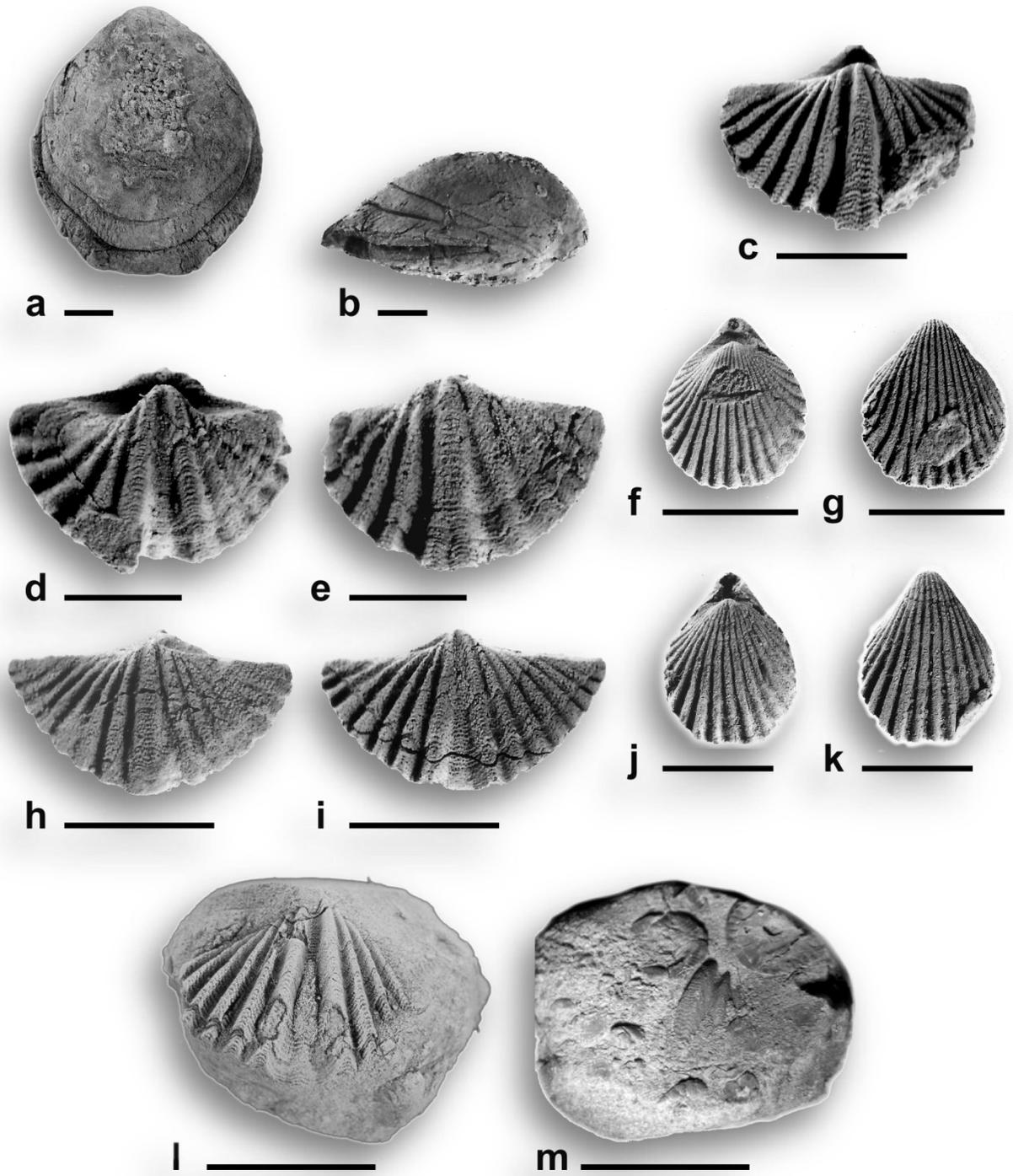


Figura 9.- *Hustedia mormoni* (Marcou, 1858), *Reticulariina* sp. y *Dielasma* ?.