



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**RELACIÓN ENTRE FAUNAS DE BRAQUIÓPODOS DEL  
PÉRMICO DE SONORA Y CHIAPAS, MÉXICO, MEDIANTE  
LA APLICACIÓN DEL ÍNDICE DE SORENSEN**

**TESIS**

Que para obtener el título de  
**INGENIERO GEÓLOGO**

**P R E S E N T A**

JORGE LUIS ALMARAL SALINAS

**DIRECTORA DE TESIS**

DRA. BLANCA ESTELA BUITRÓN SÁNCHEZ



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2018

## **DEDICATORIAS**

**Después de muchos años de esfuerzos al fin se llega al objetivo, un largo proceso desde que empezó mi preparación académica por lo cual considero de suma importancia incluir en esto a aquellas personas que han sido claves hasta el día de hoy.**

### **A mi madre (1)**

**Por toda esas horas dedicadas a estar al pendiente de mí, a lo largo de todos estos años, en los cuales al igual que yo, llevaste desvelos, horas de tareas, mismas, que en ocasiones los dos no comprendíamos en su totalidad, pero lograste transmitir el conocimiento, por todas las horas dedicadas a insistir en que entrara a clase y no me fuera por el mal camino, por soportar tantos berrinches y malos tragos que te hice pasar, por insistir en que hiciera todas y cada una de las tareas y porque después de años aún en la universidad se te salía un “¿ya hiciste la tarea?” pues bien, he aquí el resultado, llegamos a la meta. Gracias por todos y cada uno de esos momentos.**

### **A mi madre (2)**

**Por todo ese tiempo dedicado a que saliera adelante, ya que aunque la mayoría del tiempo no te encuentras físicamente, me queda claro que el motivo es que yo siga avanzando y siendo alguien más y mejor preparado, porque en todos estos años ha habido altas, medias y bajas pero para mí el camino ha sido constante incluso con lujos, y esto en gran parte gracias a ti, que sales a luchar día a día por cubrir todas y cada una de las necesidades que existen en casa, adjunto a esto, cuando lo necesite me brindaste esa ayuda y conocimiento para continuar en este camino que hoy llega a una meta muy importante. Gracias, porque hoy en día valoro todo tu esfuerzo.**

### **A mi padre**

**A ti, que desde que estuve pequeño asumiste una responsabilidad que no te correspondía, sin embargo decidiste estar ahí para mí, y porque solo tú y yo sabemos realmente la relación que llevamos, hoy te hago parte de esto porque gracias a ti también he crecido como persona y ello me respalda hoy en día para ser un profesional, porque los conocimientos que me brindaste también me han ayudado a lograr complementar mi carrera de una manera mucho más práctica, cosa que actualmente es indispensable para ser un buen profesional de cualquier área, Gracias por estar siempre que te he necesitado, por tu apoyo y tus consejos.**

### **A mi familia**

**Porque enumerar una a una a cada una de las personas cercanas que me han apoyado en mayor o menor medida, requeriría un libro completo, por medio de este apartado siéntanse incluidos, porque cada uno de los consejos, recomendaciones e información que me han brindado, me han servido para llegar hasta este punto de mi vida académica, confiado en que puedo ser un gran profesional. Aquí también incluyó a mis dos viejos que tuvieron que trascender antes de este momento, mis agradecimientos a ellos, por la sabiduría transmitida a través de sus palabras en base a su experiencia.**

### **A mi hija.**

**Por ser ese impulso extra que llegó cuando menos lo esperaba, llegando a poner presión, pero a la vez brindarme tantos momentos de alegría. Siempre serás un motivo para salir adelante buscando brindarte lo que yo tuve y un poco más.**

**Dra. Blanca E. Buitrón Sánchez.**

**Agradecerle las atenciones, el tiempo, la confianza, la dedicación, pero sobre todo el gran apoyo que me ha brindado para poder llevar a cabo este trabajo que hoy me permite alcanzar un logro académico, que es una de mis grandes metas, de igual manera agradecerle el gran ejemplo que ha sido para muchas generaciones de ingenieros, maestros y doctores, al final del día siempre será un orgullo que me haya dado la confianza y la oportunidad de trabajar con usted.**

**A mis profesores**

**A los buenos, a los malos, a los estrictos, a los “barcos”, a los que no daban tolerancia para llegar a clase, a los que no les importaba si llegaba o no, a los que me hicieron odiar las matemáticas, a los que me hicieron recuperar la confianza, a los que alguna vez me hicieron dudar que podría llegar a titularme, a los que siempre me impulsaron para perseverar y alcanzar mis metas, al final todos de alguna manera me ayudaron a tener la formación académica que tengo hoy, porque al final, de las exigencias logré forjar un carácter y aprender a no rendirme, de algunos otros me llevo los consejos, las anécdotas y sus experiencias, pero de todos sin distinción alguna me llevo al menos una parte de su gran conocimiento. Gracias.**

## **RECONOCIMIENTOS**

**La investigación se llevó a cabo en el marco de los Proyectos CONACyT No. 165826; ECOS-Francia; CONACYT-México No. M13U01: "Evolución de los Ecosistemas del Paleozoico de México"**

**Se agradece al Dr. Ricardo Barragán Manzo, director del Instituto de Geología de la UNAM, las facilidades otorgadas para el desarrollo de la investigación de la tesis.**

**A la Dra. Blanca Estela Buitrón Sánchez el haber aceptado la dirección de la tesis, a los sinodales, Dra. Silvia Elizabeth Rivera Olmos, Dra. Dalia del Carmen Ortiz Zamora y a los Maestros Emiliano Campos Madrigal y Noé Santillán Piña.**

**ÍNDICE**

RESUMEN..... 1

ABSTRACT.....3

INTRODUCCIÓN .....5

    PHYLUM BRACHIOPODA .....9

        MORFOLOGÍA DE UN BRAQUIÓPODO.....10

OBJETIVOS.....16

    GENERALES .....16

    PARTICULARES.....16

HIPOTESIS .....17

LOCALIZACION GEOGRAFICA.....18

VIAS DE COMUNICACIÓN .....19

CLIMA .....20

POBLACIÓN .....21

FISIOGRAFÍA .....21

METODOLOGÍA .....22

    MATERIAL .....22

    ACTIVIDADES DE CAMPO.....22

    ACTIVIDADES DE LABORATORIO .....23

    ACTIVIDADES DE GABINETE.....23

MARCO GEOLÓGICO.....25

    CONSIDERACIONES ESTRATIGRÁFICAS FORMACIÓN MONOS .....25

    COLUMNA ESTRATIGRÁFICA FORMACIÓN MONOS .....28

    CONSIDERACIONES ESTRATIGRÁFICAS FORMACIÓN GRUPERA.....29

    COLUMNA ESTRATIGRÁFICA FORMACIÓN GRUPERA. ....30

RESULTADOS .....32

CONSIDERACIONES BIOESTRATIGRÁFICAS .....35

CONSIDERACIONES PALEOGEOGRÁFICAS.....37

CONSIDERACIONES PALEOECOLÓGICAS .....46

CONCLUSIONES .....48

BIBLIOGRAFÍA.....51

## ILUSTRACIONES

<b>Figura 1.</b> Ubicación en el Período Pérmico de las localidades estudiadas. ( <a href="http://www.scotese.com/">http://www.scotese.com/</a> )	Pág. 08
<b>Figura 2.</b> Clasificación Phylum Braquiópoda. (Williams, 1965)	Pág. 13
<b>Figura 3.</b> Morfología general de un braquiópodo (Williams et al., 1965). Y modificada de Jiménez-López 2013	Pág. 15
<b>Figura 4.</b> Nueva Clasificación Phylum Braquiópoda	Pág. 16
<b>Figura 5.</b> Localización de los afloramientos en la región de Cananea, Sonora y Monte Redondo, Chiapas.	Pág. 21
<b>Figura 6.</b> Mapa de acceso a la Formación Monos. Tomado de Buitrón 2007	Pág. 22
<b>Figura 7.</b> Mapa de acceso a la Formación Grupera. Tomado de Hernández-García 1973	Pág. 23
<b>Figura 8.</b> A. <i>Orbiculoidea</i> B. <i>Derbya</i> C. <i>Chonetes</i> D. <i>Dictyoclostus</i> E. <i>Waagenoconcha</i> F. <i>Heteralosia</i>	Pág. 29
<b>Figura 9.</b> G. <i>Composita</i> , H. <i>Neospirifer</i> , I. <i>Spirifella</i> , J. <i>Hustedia</i> , K. <i>Punctospirifer</i> , L. <i>Dielasma</i> .	Pág. 30
<b>Figura 10.</b> Columna estratigráfica Formación Monos	Pág. 31
<b>Figura 11.</b> M. <i>Dictyolostus</i> , N. <i>Hustedia</i> O. <i>Composita</i> P. <i>Wellerella</i> Q. <i>Martiniopsis</i> R. <i>Streptorhynchus</i>	Pág. 32
<b>Figura 12.</b> S. <i>Spirifella</i> T. <i>Liosotella</i>	Pág. 33
<b>Figura 13.</b> Columna estratigráfica Formación Grupera.	Pág. 34
<b>Figura 14.</b> Diagrama de Venn	Pág. 36
<b>Figura 15.</b> Diagrama de Venn de los elementos recolectados	Pág. 37
<b>Tabla 1.</b> Cuadro Cronoestratigráfico	Pág. 39
<b>Figura 16.</b> <i>Dictyoclostus depressus</i> Cooper	Pág. 42

<b>Figura 17.</b> Distribución del Género <i>Dictyoclostus</i>	Pág. 43
<b>Figura 18.</b> <i>Liosotella subrugosa</i> Cooper	Pág. 43
<b>Figura 19.</b> Distribución Género <i>Liosotella</i>	Pág. 44
<b>Figura 20.</b> <i>Wellerella lemasi</i> Cooper	Pág. 44
<b>Figura 21.</b> Distribución del género <i>Wellerella</i>	Pág. 45
<b>Figura 22.</b> <i>Hustedia meekana</i> Cooper	Pág. 45
<b>Figura 23.</b> Distribución Género <i>Hustedia</i>	Pág. 46
<b>Figura 24.</b> <i>Composita grandis</i> Cooper	Pág. 46
<b>Figura 25.</b> Distribución del Género <i>Composita</i>	Pág. 47
<b>Figura 26.</b> <i>Spiriferella</i> sp.	Pág. 47
<b>Figura 27.</b> Distribución Género <i>Spiriferella</i>	Pág. 48
<b>Figura 28.</b> <i>Streptorhynchus</i> sp.	Pág. 48
<b>Figura 29.</b> Distribución Género <i>Streptorhynchus</i>	Pág. 49



## RESUMEN

El lugar de estudio abarca dos localidades, la primera en el estado de Sonora en el norte de México y la segunda en Chiapas en el sur de la República Mexicana, ambas presentan secuencias sedimentarias que fueron depositadas durante el Pérmico Medio y tienen una particular relevancia debido a su paleogeografía próxima al Ecuador en el Océano de Pantalasa.

Actualmente aproximadamente a 50 km. al poniente de la Ciudad de Caborca, en la región noroeste del Estado de Sonora, más específicamente en las coordenadas 30°45' N y 112°36' W, se encuentra expuesta una unidad carbonatada y clástica, denominada Formación Monos, esta formación presenta una rica y variada biota integrada por algas, fusulínidos, esponjas, briozoarios, corales, braquiópodos, gasterópodos, amonites y crinoideos. Los géneros de braquiópodos corresponden con los siguientes géneros: *Orbiculoidea*, *Derbyia*, *Streptorhynchus*, *Chonetes*, *Heteralosia*, *Cancrinella*, *Anidanthus*, *Dictyoclostus*, *Marginifera*, *Liosotella*, *Muirwoodia*, *Waagenoconcha*, *Leirhynchoidea*, *Rhynchopora*, *Wellerella*, *Stenoscisnia*, *Composita*, *Pseudomartinia*, *Neospirifer*, *Spiriferella*, *Hustedia*, *Punctospirifer*, *Spiriferellina*, *Heterelasma*, *Glossothyropsis* y *Dielasma*.

La segunda localidad a estudiar en la cual también encontramos rocas del Pérmico se ubica en la región sureste del Estado de Chiapas, en el sur de México y a una distancia aproximada de 2,600 km de la primera localidad, con coordenadas 15°39' N y 92°03' W se encuentra expuesta la Formación Gruperá, esta es una unidad estratigráfica formada por calizas y lutitas, las cuales contienen los siguientes organismos fósiles: plantas marinas y continentales, fusulínidos, corales, briozoarios, braquiópodos, pelecípodos, gasterópodos, crinoideos y ostrácodos. Los géneros de braquiópodos corresponden a *Liosotella*, *Dictyoclostus*, *Wellerella*, *Hustedia*, *Composita*, *Streptorhynchus*, *Spiriferella* y *Martiniopsis*. Estas dos localidades comparten los géneros: *Liosotella*, *Dictyoclostus*,

*Wellerella*, *Hustedia*, *Composita*, *Spiriferella* y *Streptorhynchus* lo cual permitiría pensar en una correlación entre dichas formaciones.

Para realizar el cálculo de la similitud entre estas faunas de braquiópodos se utilizó el Coeficiente de Similitud de Sorensen, el cual se aplica cuando los taxa son conocidos y sirve para la comparación de áreas paleogeográficas. En la comparación de las dos áreas mencionadas se empleó la matriz presencia-ausencia de cada taxón. El valor del Índice de Sorensen fue de 0.4117 lo que significa que hay una gran similitud entre ambas asociaciones faunísticas considerando también que del total de especies de Chiapas, el 87.5% también se localizó en Sonora, bajo un contexto actual resultaría lógico pensar que no existe relación alguna, sobre todo por la posición geográfica que se localizan ambas localidades, al realizar la reconstrucción paleogeográfica que se infiere para el Pérmico Medio en el Océano Pantalásico ya que en él, debieron compartir el mismo régimen de temperatura y salinidad; además de que no existe evidencia alguna de una barrera geográfica que los pudiera separar.

Por estos motivos, el hecho de que el índice no presente un valor más alto, que permita relacionar más ampliamente ambas faunas, solo puede explicarse por cuestiones tafonómicas, aludiendo en un principio a lo incompleto del registro fósil de Chiapas, o en su defecto por la posición paleolatitudinal de ambos conjuntos faunísticos y que dicha posición pudiera haber afectado los patrones de paleocorrientes, pues el principal factor limitante para la migración de braquiópodos, durante el Periodo Pérmico, podría haber sido la temperatura del agua.

## ABSTRACT

The study site cover two locations, the first in the state of Sonora in Northern Mexico and the second in Chiapas in the South of the Mexican Republic, both have sedimentary sequences were deposited during the Middle Permian and have particular relevance due to its paleogeography close to Ecuador in the ocean of Panthalassa.

Currently approximately 50 km west of the city of Caborca, in the northeastern region of the state of Sonora, at coordinates 30°45' N and 112°36' W, it is exposed carbonated and clastic unit, denominated "Monos Formation", this formation has a rich and variate biota consisting of algae, fusulinids, sponges, bryozoans, corals, brachiopods, gastropods, ammonites, and crinoids. Braquiopods genres correspond to the following varieties: *Orbiculoidea*, *Derbyia*, *Streptorhynchus*, *Chonetes*, *Heteralosia*, *Cancrinella*, *Anidanthus*, *Dictyoclostus*, *Marginifera*, *Liosotella*, *Muirwoodia*, *Waagenoconcha*, *Leirhynchoidea*, *Rhynchopora*, *Wellerella*, *Stenoscisnia*, *Composita*, *Pseudomartinia*, *Neospirifer*, *Spiriferella*, *Hustedia*, *Punctospirifer*, *Spiriferellina*, *Heterelasma*, *Glossothyropsis* y *Dielasma*.

The second location to study which also found Permian rocks are located in the southeastern region of the state of Chiapas, in the south of México and at a distance of approximately 2600 kilometers from the first location, with coordinates 15°39' N y 92°03' W is exposed the Grupera Formation , this is a stratigraphic united formed by limestones and shales, which contain the following fossils: marine and continental plants, fusulinids, corals, braquiopods, bryozoans, pelecypods, gastropods, crinoids, and ostracods. Braquiopods genres correspond to *Liosotella*, *Dictyoclostus*, *Wellerella*, *Hustedia*, *Composita*, *Streptorhynchus*, *Spiriferella* y *Martiniopsis*. These two locations share the following species: *Liosotella*, *Dictyoclostus*, *Wellerella*, *Hustedia*, *Composita*, *Streptorhynchus*, and *Spiriferella* allowing think of a correlation between formations.

For calculation of the similarity between species of braquiopods was used the Similarity Coefficient of Sorensen, which applies when taxa are known and it serves for comparing paleogeography areas. In comparing the two areas mentioned will use the matrix presence-absence of each taxon. The index value was 0.4117, which means that there is a fairly good similarity between the two faunal associations also considering that the total species of Chiapas, 87.5% was also located in Sonora, in the current context it is logical to think that there is no relationship, mainly by the geographical position in which both towns are located, to perform the paleogeographic reconstruction inferred for the Middle Permian in the Pantalásico Ocean, since in it, they should share the same regime of temperature and salinity, besides that there is no evidence of any geographical barrier that could separate.

For these reasons, the fact that the index does not present a higher value in order to better link the two faunas, can be explained only by taphonomic issues, referring in principle to the incompleteness of the fossil record of Chiapas, or failing by the paleo latitudinal position, of both faunal assemblages and that such position might have affected patterns the paleo currents, because the main factor for migration of brachiopods during the Permian period it could have been water temperature.

## INTRODUCCIÓN

A lo largo del tiempo geológico los continentes y mares se han sometido a grandes cambios en su estructura, posición, forma, así como en sus características físicas y químicas, dichos cambios se originaron por la dinámica que tienen las placas tectónicas, debido a esto el concepto de tectónica de placas nos permite hacer reconstrucciones paleogeográficas y paleoambientales que permitan entender cómo es que se comportaban algunos organismos, así como su interacción con el medio.

Existen dos localidades en México de gran importancia paleogeográfica para el Pérmico Medio, durante este periodo ambas localidades se encontraban cercanas al paleoecuador dentro del Océano Pantalásico, actualmente estas localidades se encuentran en Caborca, Sonora y en Monte Redondo, Chiapas (Fig. 1).

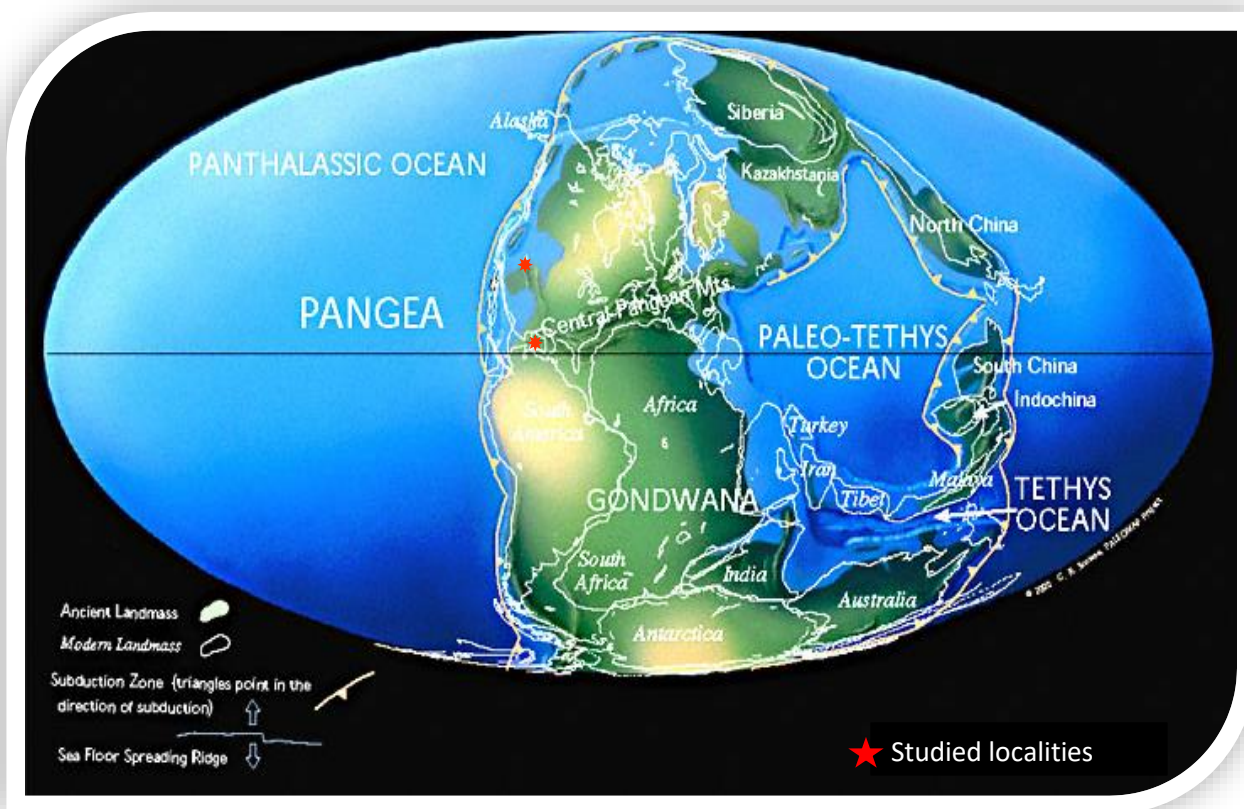


Figura 1. Ubicación en el Período Pérmico de las localidades estudiadas (<http://www.scotese.com/>)

En el marco de este estudio, las rocas del Paleozoico de Sonora pertenecen a litologías carbonatadas que se desarrollaron en un ambiente marino, de aguas someras y de temperatura cálida. Estas secuencias de rocas poseen una edad que va de los 542 a los 245 millones de años aproximadamente y en el interior de estos afloramientos nos encontramos con una extensa variedad de organismos fósiles, como algas, foraminíferos, corales, esponjas, braquiópodos, briozoarios, crinoides, bivalvos, gasterópodos y trilobites.

Las investigaciones acerca del Paleozoico de Sonora han sido muy extensas (King, 1939), (King, 1940) logro citar rocas del Cámbrico y Ordovícico, en un reconocimiento de la Sierra Madre Occidental, ubicadas en la región de Cobachi. Por otra parte, años más tarde en (Cooper G. , Arellano, Johnson, Okulitch, & Stoyanow, 1952) y (Cooper G. , Arellano, Johnson, Okulitch, & Stoyanow, 1954) se habla acerca de la estratigrafía y el contenido fosilífero perteneciente a la región de Caborca, dando lugar a las primeras descripciones realizadas de arqueociatos, trilobites, algas calcáreas y braquiópodos.

Más adelante hacia finales de la década de los setentas, (Longoria, González, Mendoza, & Pérez, 1979) y (Longoria & Pérez, 1979) realizan un análisis a la estructura del Cuadrángulo de Pitiquito-La Primavera. A principios de los ochentas (Peiffer, Echeverri-Pérez, Salas, & Rangin, 1980) hacen un hallazgo de graptolitos en la región noreste de Sonora. (Baldis & Bordonaro, 1981) realizan un documento acerca de la correlación que existe entre los trilobites cámbricos de Sonora y la Precordillera Argentina. (Stewart J. , 1982) logra correlacionar las unidades del Cámbrico de Sonora con las del oeste de los Estados Unidos de América. (González-León 1982; 1986; 1997) realiza una publicación sobre la estratigrafía de la Sierra del Tule, ubicada al norte del estado muy cerca de la frontera. (Brunner, 1984) hace referencia del descubrimiento de conodontos en la localidad el Bisaní, que tienen una edad probable del Ordovícico-Silúrico. McMenamin (1985; 1987) estudia en detalle pequeños invertebrados del Cámbrico Inferior y crea su bioestratigrafía en base a los trilobites cámbricos pertenecientes a la región de Puerto Blanco. Rivera (1988) explica las

posibles condiciones paleoambientales en las cuales se dio el depósito en las diferentes unidades sedimentarias del Cámbrico de Sonora. Ya hacia la década de los noventa Almazán (1989) escribió sobre el Cámbrico-Ordovícico perteneciente a la región de Arivechi. Riba y Ketner (1989) y Debrenne *et al.*, (1989) generaron descripciones nuevas acerca de los graptolites ordovícicos y arqueociatos cámbricos descritos al principio de la década anterior.

Pérez-Ramos (1992) realizó una correlación entre el Paleozoico de Arizona, EUA y el de Sonora, México. Esta misma autora en el año 2001, realizó un estudio de fusulínidos de diversas localidades con motivo de una tesis doctoral, y posteriormente en el año 2002 publicó sobre foraminíferos, pero en particular de la región de Cobachi. Buitrón *et al.* (2003a, b) dieron a conocer la existencia del género *Chaetetes* de edad pensilvánica encontrados en la Sierra Agua Verde, así como la presencia de crinoideos del Pérmico en el Cerro Los Monos en la localidad de Caborca de igual manera describieron el género de corales *Halysites*, de edad silúrica de la región de Placeritos.

Comúnmente, las rocas del Paleozoico Superior que se encuentran en Sonora han sido estudiadas por: Taliaferro (1933), Cooper y Arellano (1946), Brunner (1975; 1984), Viveros (1965), Stewart *et al.* (1982), Stewart *et al.* (1990); Buitrón, (1992), Poole *et al.* (1988), Mendoza *et al.* (2004); Buitrón *et al.*, (2005); Almazán *et al.* (2007); Buitrón *et al.* (2007).

Las rocas que se encuentran en Chiapas pertenecen a intercalaciones de rocas calizas y lutitas desarrolladas en un ambiente marino de aguas someras y de temperatura cálida-templada, en el interior de estas litologías nos encontramos con organismos fósiles variados, entre los que destacan: plantas marinas y continentales, fusulínidos, corales, briozoarios, braquiópodos, pelecípodos, gasterópodos, crinoideos y ostrácodos.

Contrario a la región de Caborca, los estudios previos realizados sobre el Paleozoico de Chiapas son escasos, Mullerried *et al.* (1941) publicaron un trabajo en el cual se describen dos especies de amonitas encontradas en rocas calizas al noreste de Cushú, rumbo al poblado de San José Montenegro. Thompson y Miller (1944) realizaron estudios de foraminíferos fusulínidos que de igual forma se encontraban emplazados en calizas, así como margas fosilíferas en el oeste y sur de Paso Hondo y al límite con la frontera con Guatemala. Buitrón (1977) describió los crinoides y bivalvos que fueron recolectados en afloramientos de la Formación Santa Rosa Inferior en el río Aguacate al sureste del estado de Chiapas.

Hernández-García (1973) reconoce para el Paleozoico de la región estudiada las formaciones Santa Rosa Inferior, Santa Rosa Superior, Grupera y Paso Hondo, estas últimas dos pertenecientes al Pérmico. En este mismo trabajo describe las diferencias litológicas entre la Formación Santa Rosa Superior y Santa Rosa Inferior, y por estas características litológicas las considera diferentes formaciones y no dos miembros de una misma formación.

Dollfus y Montserrat (1868) proponen el nombre de la Formación Santa Rosa para rocas del Paleozoico de Guatemala. Hinojosa-Gómez (1964) dan el nombre de “Pizarras Santa Rosa Inferior a las rocas que se encuentran en un afloramiento cercano al área de Chicomuselo y se realizó cartografía de las unidades del Paleozoico, así como bosquejos estructurales.

El Paleozoico Superior en Chiapas lo podemos distinguir debido a que en los horizontes correspondientes al Misisípico Superior y Pensilvánico Medio y Superior se encuentran facies lagunares detríticas y calcáreas, de ambientes de baja energía y con una influencia marina temporal. Para el Pérmico, se presentan facies de laguna detrítica y calcáreas de un ambiente de plataforma, con gran cantidad de organismos, complejos de arrecifes y brechas de taludes arrecifales, con una silicificación parcial y muy permeables a nivel superficial.



Thompson y Miller (1944) elaboran la clasificación de fusulínidos para la región que sirve como base para realizar de manera correcta estudios cronoestratigráficos y correlaciones de la formación del Paleozoico. De esta manera también se empieza a considerar como formaciones a las unidades Gruperá y La Vainilla. López-Ramos (1971) hizo la compilación geológica del norte de Guatemala y Belice, así como del sureste de México lo cual arrojó como resultados secciones geológicas del área. Entre 1969 y 1970 la superintendencia de Exploración de la Zona Sur de Petróleos Mexicanos realizó una serie de estudios geofísicos regionales de magnetometría y gravimetría, los cuales abarcaban prácticamente toda la región de estudio.

## PHYLUM BRACHIOPODA

Los braquiópodos fueron organismos muy exitosos durante las eras paleozoica y mesozoica, pues durante este intervalo de tiempo desarrollaron una extensa diversidad sobre todo en las conchas. Son un grupo que presenta mayor relevancia en la Paleontología que en otras áreas como la Zoología, debido a su valor estratigráfico son utilizados como fósiles índices ya que la extensión temporal que abarcan sus registros fósiles abarca períodos de tiempo bien definidos y además tienen una distribución espacial bastante amplia.

Actualmente estos organismos son escasos, se tienen registradas alrededor de 120 géneros en los que se engloban un aproximado de 400 especies actuales, mientras que en el registro geológico se han descrito alrededor de 5,000 géneros con una amplia y numerosa cantidad de especies, el alcance estratigráfico de los braquiópodos va del Cámbrico al Reciente, con la mayor diversidad de especies en el Devónico (Clarkson, 1979; Camacho, 1966).

En un principio la clasificación del Phylum Braquiópoda se dividió en dos grandes clases, Articulata e Inarticulata, lo cual se observa en el siguiente diagrama (Fig. 2). En el cual se nombran las clases y ordenes que lo integran:

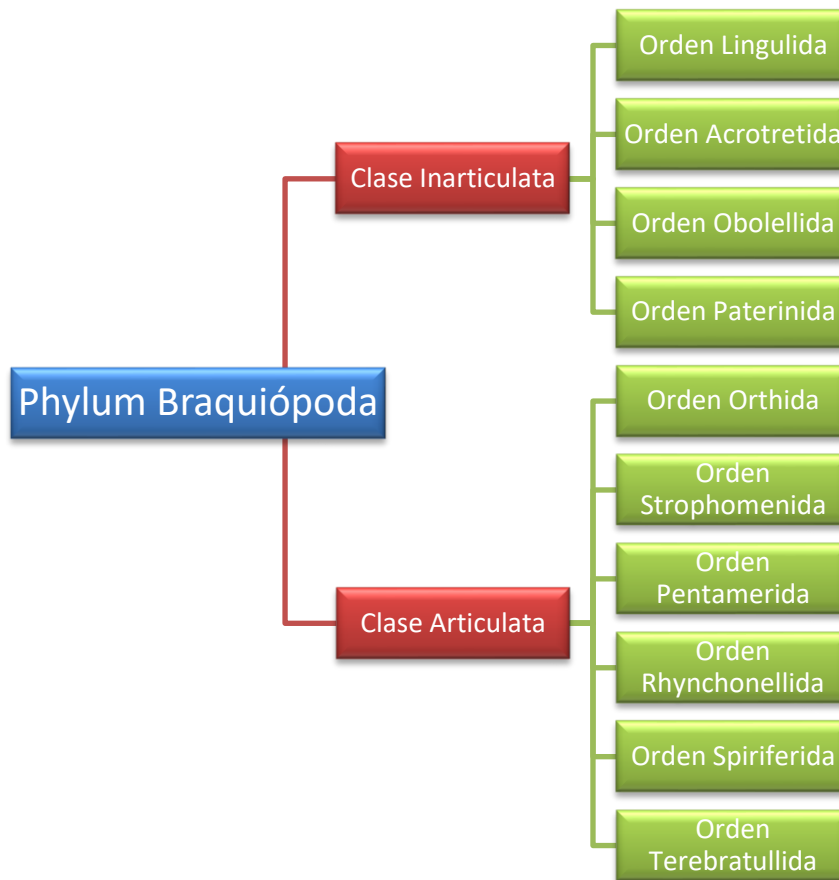


Figura 2. Clasificación Phylum Braquiópoda (Williams, 1965)

### MORFOLOGÍA DE UN BRAQUIÓPODO

Los braquiópodos se componen por dos valvas, la valva ventral y la valva dorsal, por lo general la primera de ellas es convexa y la segunda frecuentemente se presenta de manera cóncava; ambas valvas se encuentran en contacto entre sí, por medio de una variedad de comisuras que se clasifican como anteriores y laterales. Para el caso de la Clase Articulata, la unión posterior de las valvas es mediante la charnela. (Fig. 3)

En la valva ventral, la interárea se divide dando lugar a una abertura con forma triangular conocida como *delthyrium*, la cual puede presentarse parcialmente cerrada por una extensión en forma de “V”, que se desarrolla a partir del margen posterior en la valva ventral, y esta a su vez forma una estructura conocida como *lofidium*. En el momento en que ésta estructura

es continúa por una placa plana o convexa, se le da el nombre de *pseudodelthyrium*. De igual manera la cara interna del *lofidium* puede extenderse de manera ventral y de esta manera formar una cresta angular que se encuentre unida a la cara externa de los procesos cardinales (Muir-Wood y Cooper, 1960).

Una de las diferencias más importantes que se presentan entre la valva dorsal y la ventral, es que ésta última se proyecta hacia atrás del margen formando el umbo; dentro de la concha pueden formarse diferentes acanaladuras u ondulaciones que van en dirección al margen ventral de la misma, asimismo en dirección al margen posterior de la charnela se pueden encontrar extensiones laminares de la concha con límites redondeados o alados.

Cuando existe una ornamentación en los braquiópodos y se encuentra más o menos marcada longitudinalmente en la concha, se dice que la superficie es capilada y cuando la concha está mayormente cubierta con líneas radiales y tiene un número mayor a 25 por cada centímetro se les da el nombre de estrías a estas estructuras. Las *costellae* se presentan en números de 15 a 25 por cada centímetro, si estas estructuras están fuertemente redondeadas se les llama *costae* y, finalmente a las líneas radiales que se observan más gruesas se les conoce como costillas (Muir-Wood y Cooper, 1960).

También en algunos casos, la ornamentación se presenta en forma de arrugas de forma independiente a las líneas radiales, cuando se presentan estas últimas se forman ondulaciones regulares e irregulares que se sitúan de forma concéntrica o que en su defecto pasan de manera tangencial respecto a las líneas de crecimiento (Muir-Wood y Cooper, 1960).

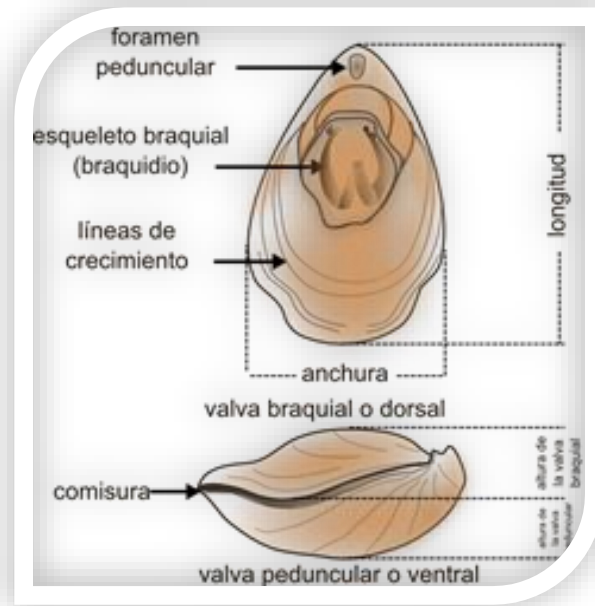


Figura 3. Morfología general de un braquiópodo (Williams et al., 1965). Y modificada de Jiménez-López 2013.

A partir de estudios previos se sabe que los primeros braquiópodos conocidos se presentan en rocas del Cámbrico Inferior (con registros de ejemplares de aproximadamente 550 millones de años), y algunos de ellos son evidencias relevantes acerca de la estabilidad evolutiva, a pesar de que a lo largo de su historia el registro fósil se ha visto altamente afectado, se pueden realizar muy buenos estudios en ellos, estudios que permiten determinar procesos evolutivos a nivel genérico y supra-genérico (Rudwick, 1970).

Desde la primera ocasión en que se clasificó el Phylum Brachiopoda, éste ha sufrido considerables cambios. El uso de las clases Articulata e Inarticulata hoy en día se encuentra descartado por diversas actualizaciones a la clasificación de estos organismos, y se utiliza de manera oficial la propuesta de clasificación del Treatise on Invertebrate Paleontology, Part H Brachiopoda (Kaesler, 1997; 2006; Selden, 2007) además de constantes actualizaciones (<http://paleopolis.rediris.es/BrachNet/index.htm>) base de datos de Brachiopoda Mundial (Emig et al., 2013). Bajo este formato el phylum se divide en tres

subphylum, el Linguliformea, el Craniiformea y el Rhynchonelliformea esta clasificación se basa principalmente en la morfología, así como en composición mineralógica de la concha de los braquiópodos (Williams et al. 2000) (Fig. 4).

Estos subphylum tienen representantes actuales, por ejemplo, en el subphylum Craniida se tiene a una sola familia, la cual cuenta con tres géneros y un total de 18 especies, el subphylum Linguliformea en sus representantes actuales tiene dos familias, seis géneros y un total de 25 especies en estos dos casos los organismos tienen valvas flexibles.

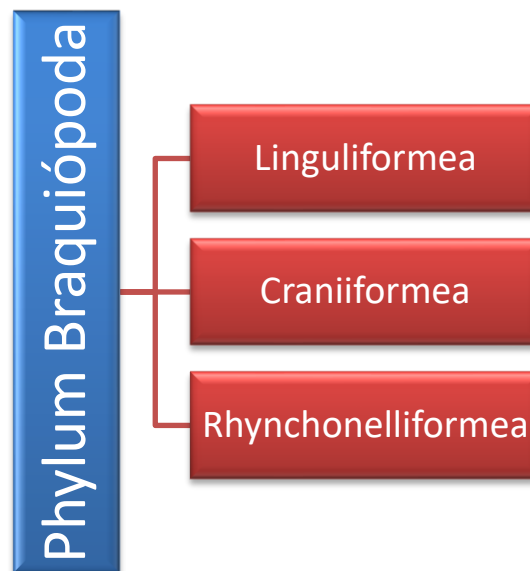


Figura 4. Nueva Clasificación Phylum Braquiópoda. (Williams et al. 2000)

Los braquiópodos son organismos solitarios y sésiles, viven en el mar a profundidades que van desde la zona de intermarea hasta una profundidad aproximada de 5000 m y se han localizado algunas variedades en el agua salobre de los estuarios (Buitrón, 1989; Buitrón *et al.*, 2010, Emig *et al.*, 2013). Estos organismos por su morfología y hábitos de vida se clasifican como organismos bentónicos y por lo tanto mantienen una estrecha relación con otros especímenes que permanecen de igual manera en contacto constante con el sustrato formando así una amplia diversidad de invertebrados tales como: esponjas calcáreas, corales,

briozoarios, gusanos tubícolas, bivalvos y gasterópodos los cuales pueden vivir enterrados o sobre el sustrato. Las relaciones, entre estas comunidades representan una valiosa información respecto a los ambientes de depósito, condiciones de salinidad, temperatura y profundidad en las cuales se encontraban todos estos organismos (Stevens, 1966; Cocks, 1967; Furnish y Hurst, 1974).

Furnish y Hurst, (1974), hacen mención sobre las zonas de turbulencia como los lugares en los cuales vivían los braquiópodos, presentando una variedad de adaptaciones, sobre todo morfológicas, entre estas adaptaciones morfológicas destacan formación de aberturas pedunculares conspicuas, el desarrollo de costillas gruesas y engrosamiento de las valvas. Existe una relación entre los cambios morfológicos de una especie a otra y el ambiente de depósito, si el ambiente en que se presenta el organismo es de baja energía las estructuras que desarrolla el organismo serán diferentes que si el organismo se encuentra en un ambiente de alta energía. Los braquiópodos que habitan en aguas tranquilas, expuestos a ambientes sin tanto desgaste desarrollan conchas delgadas, resupinadas y presentan amplias zonas de contacto con el sustrato. En el caso los braquiópodos de aguas de fondos suaves, estos mismos autores, señalan que su crecimiento está en relación a la profundidad en la que viven. El tamaño de los braquiópodos adultos que se hallaron en las localidades fosilíferas puede presentar un sesgo, debido a que durante su ciclo de vida presentan una etapa larvaria y dicha etapa no es apreciable en las comunidades bentónicas hasta una vez formada la concha del organismo. (Raup y Stanley, 1978).

Por otra parte, resulta común encontrar las conchas de los braquiópodos de aguas superficiales diferentes tipos de incrustaciones, aunque, las incrustaciones en las conchas no son exclusivas tan solo de estos ambientes. Las incrustaciones encontradas corresponden a intercrecimientos con otros braquiópodos, desarrollo de algas en las conchas, foraminíferos, briozoarios y gusanos, debido a la gran cantidad de organismos presentes en el ambiente de depósito. Otro tipo de incrustaciones son aquellas generadas a partir del depósito de

minerales, este tipo de incrustaciones tiene un origen “post-mortem” y la mineralización es variable según el tipo de química que tiene el sustrato en el cual los organismos quedaron enterrados.

En los ambientes actuales se cuenta con una mayor presencia de individuos, así como de especies de aguas templadas y someras sobre todo en zonas árticas a subárticas, mientras que quedan un tanto restringidos a ambientes de mayor profundidad en regiones tropicales; sin embargo, Ager, (1967) menciona que según los registros la mayoría de las especies de braquiópodos pertenecientes a edades del Paleozoico y Mesozoico se localizaban dentro de mares cálidos epicontinentales y en ambientes de menores profundidades.

Según Rudwick, (1962); Ager, (1967); Fürsich y Hurst, (1974) a lo largo del registro fósil a la diversidad y a la abundancia de braquiópodos, las condicionan a una serie de aspectos ambientales entre los que destaca la profundidad en la que se encuentran los fósiles, el tipo de sustrato y la cantidad disponible de alimento. Los braquiópodos son considerados importantes como indicadores paleoambientales, ya que en las conchas existe un registro de las diferentes fluctuaciones del ambiente en el que se encontraban viviendo.

El realizar un estudio completo e integral de las secuencias de estas rocas marinas y todo su contenido biótico ayudará a obtener más información acerca de las migraciones faunísticas que se relacionan con facies de carbonatos dentro de las secuencias pérmicas. De igual manera permitirá generar una reconstrucción paleogeográfica y paleoecológica que permitirá obtener información acerca de cómo eran los ecosistemas en ese tiempo. A partir de estas reconstrucciones también se podrá inferir como es que se encontraban las placas tectónicas y así tener una aplicación a una reconstrucción global más precisa, con la cual a su vez se pueda llegar a generar una mejor predicción y evaluación de yacimientos minerales.

## OBJETIVOS

Los principales objetivos que tiene la investigación propuesta son los siguientes.

### GENERALES

- ❖ Contribuir al conocimiento de la estratigrafía y paleontología sistemática de los braquiópodos del Pérmico de Sonora y Chiapas.
- ❖ Reunir, limpiar y preparar para su identificación los fósiles de braquiópodos del Pérmico de la región de Caborca en el Estado de Sonora y de la región de Monte Redondo, en el Estado de Chiapas.
- ❖ Contribuir al conocimiento de la composición faunística del Pérmico del noroeste y sureste de México, para ubicar cronoestratigráficamente las unidades de las rocas, esto contribuirá a reconstruir con mayor certidumbre, la historia geológica de México.
- ❖ Con la información bioestratigráfica obtenida se podrá contribuir al conocimiento de los fenómenos tectonoestratigráficos y ayudar a modelar la evolución geológica del área de estudio, con base en las aportaciones de diversos especialistas que han trabajado en la región.
- ❖ Contribuir al conocimiento de la correlación sedimentaria y faunística del Paleozoico Superior de los Estado de Sonora y Chiapas en México.

### PARTICULARES

- ❖ Mediante la aplicación del índice de Sorensen se dará a conocer si existe similitud entre dos conjuntos de invertebrados pérmicos.
- ❖ Realizar un estudio de los braquiópodos de ambas regiones desde puntos de vista morfológico y taxonómico.
- ❖ Establecer la correlación estratigráfica del Pérmico entre dos localidades de México (Estados de Sonora y Chiapas)
- ❖ Correlacionar las faunas a partir de métodos matemáticos que permitan determinar de manera más cuantitativa si existe o no una relación entre la biota.



## **HIPOTESIS**

Se considera que el contenido biótico fósil que caracteriza a las regiones de estudio en los estados de Sonora y Chiapas, se encontraba constituido principalmente por algas, esponjas, foraminíferos, corales, braquiópodos, briozoarios, moluscos, y crinoides por su presencia en otras localidades del Paleozoico Superior de México, entre ellas Chihuahua, Tamaulipas, Hidalgo, Puebla y Oaxaca, de tal manera se asume que al realizar trabajo de campo los organismos recolectados deberán coincidir con las faunas antes mencionadas.

Que las faunas mencionadas se desarrollaron en mares tropicales someros, y se encontraban viviendo en ambas localidades, debido a que no existía barrera alguna entre las zonas estudiadas y por lo tanto los organismos estudiados son representantes de los mismos especímenes, tienen las mismas edades y presentan características similares.

Al estar relacionadas las localidades se infiere que existe una reconstrucción paleoambiental muy similar en ambas regiones donde el clima, la temperatura, las litologías y las condiciones físicas y químicas resultan ser prácticamente iguales.

## LOCALIZACION GEOGRAFICA

La primera área de estudio se localizan en la región noreste del Estado de Sonora; particularmente en Caborca que se ubica a 235 km al SW de la ciudad de Cananea y la segunda localidad en el sureste de Chiapas en el municipio de Frontera Comalapa, a escasos metros del poblado de Monte Redondo que se encuentra aproximadamente a 220 km de la capital chiapaneca, Tuxtla Gutiérrez (Fig. 5).



Figura 5. Localización de los afloramientos en la región de Cananea, Sonora y Monte Redondo, Chiapas.

## VIAS DE COMUNICACIÓN

Para tener acceso a la secuencia litológica estudiada en el estado de Sonora, se debe llegar primero a la ciudad de Caborca, de ahí se debe tomar la carretera SON37 en dirección al oeste aproximadamente 50 km hasta llegar al pueblo “El Coyote” de ahí el cerro Los Monos se localiza a escasos metros en dirección al sur, al otro lado del río (Fig. 6).

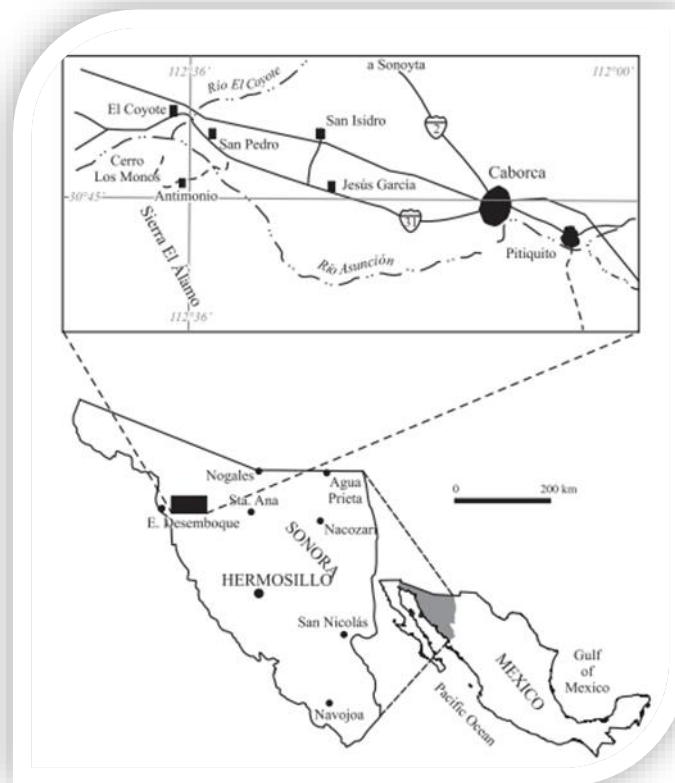


Figura 6. Mapa de acceso a la Formación Monos.  
(Modificado de Buitrón et al. 2007)

Para acceder a la localidad en el estado de Chiapas es necesario llegar primero al poblado de Monte Redondo por medio de la carretera México 190D, proveniente de Tuxtla Gutiérrez, el poblado se encuentra muy cerca de la frontera con Guatemala, la carretera es un carril de ida por uno de regreso y se encuentra pavimentada, el afloramiento se encuentra

prácticamente rodeando al poblado, en la región afloran las formaciones, Santa Rosa, La Vainilla y Grupera (Fig. 7).

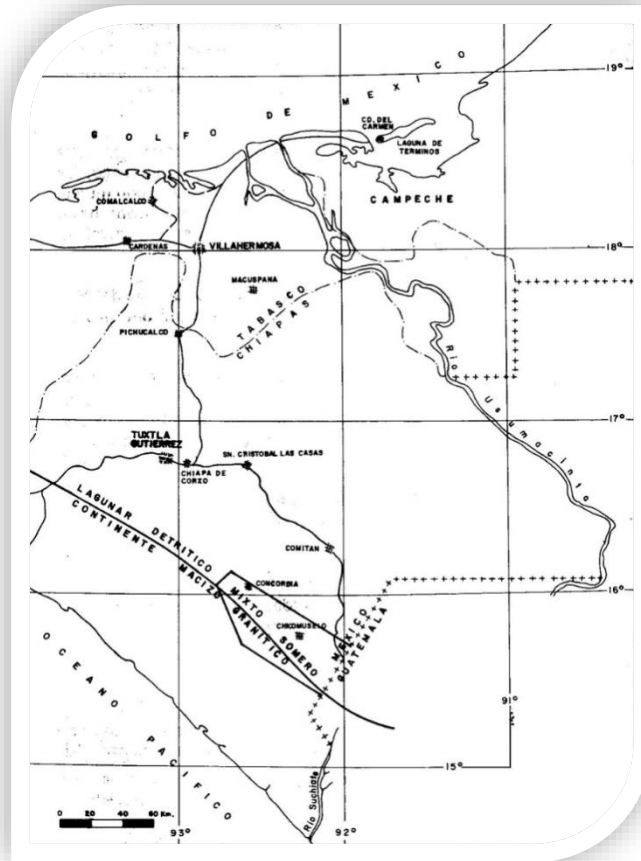


Figura 7. Mapa de acceso a la Formación Grupera. (Tomado de Hernández-García 1973)

## CLIMA

El clima actual de ambas regiones es muy discrepante debido a diversos factores, como la posición geográfica, altura, vegetación y la población. De esta manera en el municipio de Caborca en el norte del país se caracteriza por tener un clima seco de temperaturas extremas según la época del año alcanzando un promedio de 40° C en temporadas de calor y un aproximado de 12° C en los meses más fríos. A lo largo del año presenta pocas precipitaciones, siendo los meses de julio y agosto cuando mayores índices se registran.

Por otra parte, en el sureste de la República Mexicana ubicado al este de la frontera con Guatemala se encuentra el municipio de Frontera Comalapa el cual a diferencia de Caborca a lo largo del año las temperaturas no rebasan los 28° C, es una zona cálida subhúmeda y que a la vez tiene una gran extensión de vegetación, lo cual, ayuda a que a lo largo del año se tengan mayores precipitaciones llegando a tener una precipitación media de entre 1000 y 2000 mm anuales.

## **POBLACIÓN**

Acorde a los datos del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI, 2010, <http://www.inegi.org.mx/>) la población que habita el municipio de Caborca en el estado de Sonora es de 81,309 habitantes acorde con el censo de población y vivienda del año 2010, y representa un aproximado del 3% de la población total del estado.

Por otra parte, la información que el Instituto proporciona sobre el municipio de Frontera Comalapa refiere 67,012 habitantes para este municipio del sureste del país repartidas en 13 comunidades de las cuales Monte Redondo es de las que menor índice poblacional presenta.

## **FISIOGRAFÍA**

En base a el compendio de información geográfica municipal proporcionado por el INEGI en 2010, la región de Caborca, Sonora se caracteriza por encontrarse en un sistema con topofomas en las que se encuentran zonas de bajada con lomeríos, llanuras aluviales, sierras escarpadas complejas, vasos lacustres, llanuras costeras con dunas y salinas, sierras escarpadas con lomeríos, así como sierras escarpadas volcánicas.

Por otra parte, la región correspondiente al estado de Chiapas a partir del mismo documento de información geográfica municipal presenta una gran cantidad de mesetas con cañadas acompañadas de sierras altas de laderas escarpadas.

## **METODOLOGÍA**

### **MATERIAL**

El material fósil estudiado procede de diversos afloramientos de la Formación Monos en Sonora y de la Formación Grupera en Chiapas, para la primera el espesor alcanza los 600 metros. En esa región se observó que la biota fósil está representada por diversos fósiles que incluyen algas, fusulínidos, esponjas, corales, briozoarios, braquiópodos, gasterópodos, amonites y crinoideos, por otra parte, en la zona de estudio en el estado de Chiapas se encontró que el contenido fosilífero está compuesto por plantas marinas y continentales, fusulínidos, corales, briozoarios, braquiópodos, pelecípodos, gasterópodos, crinoideos y ostrácodos. Todos estos organismos fueron recolectados directamente en campo.

De igual modo se emplearon materiales de apoyo en campo: una pica, navaja, HCl, cinta métrica, brújula, GPS, lupas de diferentes aumentos, cámara digital, libreta de campo, bolígrafos y lápices, todo esto con la finalidad de obtener las muestras de los especímenes lo mejor preservadas posibles para su posterior estudio y que en todas las recolecciones existirá al menos una evidencia fósil.

### **ACTIVIDADES DE CAMPO**

La prospección geológica-paleontológica en la región de Caborca se realizó durante 10 días en el mes de enero del 2012 y durante 8 días en el mes de mayo de 2013 por la Dra. Blanca Estela Buitrón Sánchez del Departamento de Paleontología, del Instituto de Geología, particularmente en esta expedición se tuvo la colaboración del Dr. Vachard de la Universidad de Lille, Francia y en cuanto al trabajo en campo realizado en la Formación Grupera se contó con el apoyo del Ingeniero Geólogo Rafael Sánchez Montes de Oca funcionario de Petróleos Mexicanos (PEMEX). En ambos casos se recolectó material fósil y se tomaron datos para posteriormente describir el área de estudio y elaborar las columnas estratigráficas correspondientes a cada afloramiento.

El trabajo de campo consistió en realizar recorridos a lo largo de las formaciones antes mencionadas, buscando las mejores ubicaciones, a modo de que se cubrieran la mayor cantidad de estratos para que el análisis abarcara una región considerable, y se obtuvieran mayor número de especímenes bien preservados. En el caso de la Formación Monos se realizó una recolección a lo largo de 600 metros de altura y dentro de esta sección se localizó una zona con abundantes organismos, con un espesor aproximado de 50 metros, en los cuales, el material recolectado es de mejor calidad ya que no se encontró tan afectado por agentes externos. En el caso de la Formación Grupera se encontró una distribución más homogénea de los organismos.

### **ACTIVIDADES DE LABORATORIO**

La limpieza del material se hizo en el Laboratorio del Departamento de Paleontología del Instituto de Geología de la UNAM. Los sedimentos fueron removidos con agua y cepillos dentales, cepillos con cerdas de alambre y agujas de disección. Posterior a la limpieza se procedió a realizar una clasificación detallada de los organismos comenzando por separarlos en diferentes portaobjetos, primeramente separando de otros organismos que se encontraron en el muestreo, tales como foraminíferos, briozoarios y gasterópodos, para ello se utilizó un microscopio estereoscópico con el cual se observaron las características de las muestras con el objeto de identificar géneros y especies de los ejemplares, una vez separados del resto de microfósiles, con el mismo microscopio se realizó un análisis más detallado para clasificar los distintos tipos de braquiópodos. Al terminar esta separación y clasificación se tomaron fotografías de las especies identificadas.

### **ACTIVIDADES DE GABINETE**

Para comenzar las actividades de gabinete se realizó una primera recopilación bibliográfica en la Biblioteca Conjunta de Ciencias de la Tierra de la UNAM. En donde se obtuvieron las principales publicaciones que permitieron realizar de manera adecuada la investigación, para determinar correctamente la geología de ambas regiones, así como los contenidos fósiles de

mayor abundancia en dichas regiones, fue fundamental consultar los trabajos elaborados por Cooper et al. (1952; 1954), Stewart and Poole (2002) y Buitrón (2003), (González-León (1982). La actualización de la Sistemática de los braquiópodos se consultó en Kaesler, (1997; 2006). Respecto a la bibliografía que aportó información importante acerca del índice de Sorensen se consultaron los trabajos de Sorensen (1957) y Esquivel (2000).

## EL MÉTODO DE ÍNDICE DE SIMILITUD DE SORENSEN

El método de índices de similitud de Sorensen se ocupa para comparar los diferentes grupos taxonómicos o en su defecto para poder comparar regiones biogeográficas, para el caso de estudio se utilizará para hacer estas comparaciones entre los braquiópodos de ambas formaciones a fin de conocer si existe alguna relación entre ellas y de esta manera poder reconstruir los paleoambientes. Los índices de similitud de Sorensen son una herramienta altamente concurrida para los análisis de distribuciones espaciales de los organismos. La comparación entre las áreas de interés se realiza por medio de la matriz presencia-ausencia de cada uno de los taxones. Al lograr llegar a un coeficiente por medio de esta ecuación será posible determinar las relaciones existentes entre las biotas de ambas regiones y saber si compartían o no un ambiente (Sorensen 1957).

Dentro de la recolección de las muestras se tienen presentes 26 diferentes especímenes originarios de Sonora, los cuales tras su posterior limpieza se sometieron a una detallada inspección que permitiera decir con claridad que no existen especies repetidas, se retiraron aquellos ejemplares muy dañados y que por tanto daño eran imposibles de reconocer, de los organismos restantes se tomaron muestras que permitieron llegar a esta población total; en el caso de Monte Redondo se realizó el mismo trabajo, en esta región solo se pudieron encontrar 8 diferentes especies, con las cuales se procedió a aplicar el método matemático a fin de llegar a resultados específicos.



## MARCO GEOLÓGICO

### CONSIDERACIONES ESTRATIGRÁFICAS FORMACIÓN MONOS

La secuencia estratigráfica que se aflora en la Formación Monos, abarca prácticamente todo el periodo Pérmico y su espesor es aproximadamente de 600 metros. Existe una intercalación entre rocas calizas y lutitas, con presencia de organismos en prácticamente todos los estratos.

La Formación Monos se caracteriza por presentar una amplia variedad de especímenes, dentro de los cuales se incluyen algas, amonites, braquiópodos, briozoarios, corales, crinoideos, esponjas, fusulínidos y gasterópodos. Todos ellos presentes de manera abundante en estratos carbonatados principalmente emplazados en rocas calizas.

Los 26 géneros de braquiópodos de esta localidad que se lograron identificar tras los trabajos de laboratorio, son los siguientes:

- *Anidanthus*
- *Cancrinella*
- *Chonetes*
- *Composita*
- *Derbyia*
- *Dictyoclostus*
- *Dielasma*
- *Glossothyropsis*
- *Heteralosia*
- *Heterelasma*
- *Hustedia*
- *Leirhynchoidea*
- *Liosotella*
- *Marginifera*
- *Muirwodia*
- *Neospirifer*
- *Orbiculoidea*
- *Pseudomartinia*
- *Punctospirifer*
- *Rhynchopora*
- *Spiriferella*
- *Spiriferellina*
- *Stenoscisnia*
- *Streptorhynchus*
- *Waagenoconcha*
- *Wellerella*



Figura 8. **A.** *Orbiculoidea* **B.** *Derbya* **C.** *Chonetes* **D.** *Dictyoclostus* **E.** *Waagenoconcha* **F.** *Heteralosis*



Figura 9. **G.** *Composita*, **H.** *Neospirifer*, **I.** *Spiriferella*, **J.** *Hustedia*, **K.** *Punctospirifer*, **L.** *Dielasma*.

Como se observa en las figuras 8 y 9 algunos materiales se encuentran mejor preservados que otros, y el reconocimiento de algunas de las especies puede resultar más complicado debido al desgaste que los organismos presentan.

## COLUMNA ESTRATIGRÁFICA FORMACIÓN MONOS

Como se mencionó anteriormente la sección en la que se midió la columna estratigráfica consta de un espesor de 600 metros, en los cuales se aprecian intercalaciones de calizas con lutitas, en donde las lutitas son de espesores mucho mayores que las calizas, la sección en la que se muestrearon los fósiles corresponde a las lutitas con mayor espesor. En el horizonte en el cual se encontró la mayor cantidad de organismos se aprecia una intercalación de lutitas, con calizas y otros horizontes muy marcados de calizas con nódulos de pedernal, esta sección ocupa aproximadamente 50 metros de espesor y los braquiópodos se observan en la parte más alta de esta parte de la columna, de igual manera en esta sección de abundante fauna se localizaron briozoarios de diferentes géneros, y en específico los fósiles de: *Parafusulinida antimonioensis*, *Pentaridica rothi*, *Cyclocaudex* cf. *C. jucundus*, *Cyclocaudex* cf. *C. costatus*, *Preptopremnum rugosum*, y *Heterostelechus texanus* (Fig. 10).

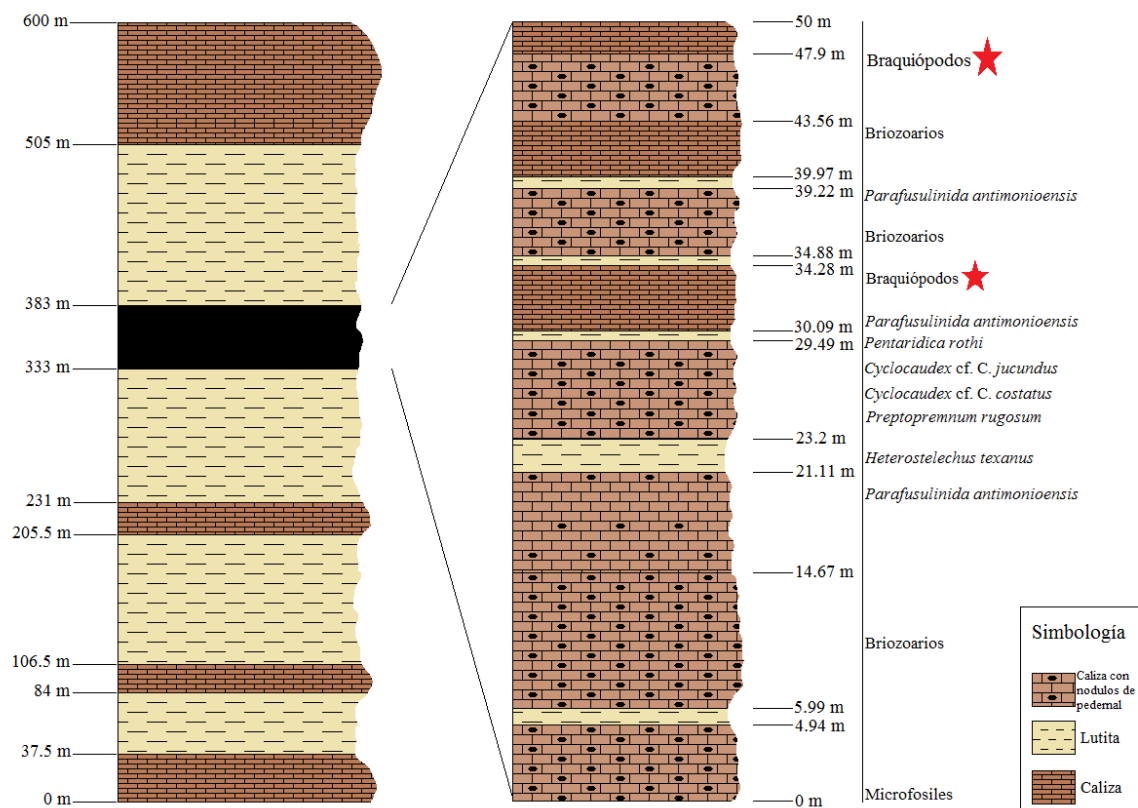


Figura 10. Columna estratigráfica Formación Monos

## CONSIDERACIONES ESTRATIGRÁFICAS FORMACIÓN GRUPERA

En la secuencia que se encuentra expuesta en Monte Redondo se aprecian lugares en los que aflora la Formación Grupera, así como afloramientos que permiten observar las formaciones Santa Rosa que se encuentra por debajo y La Vainilla, que sobre yace a la Formación Grupera; en particular la zona que corresponde a la Formación Grupera encontramos intercalaciones de calizas gris oscuro, calizas color gris claro y lutitas.

El contenido fosilífero que presenta esta formación está compuesto por plantas marinas y continentales, fusulínidos, corales, briozoarios, braquiópodos, pelecípodos, gasterópodos, crinoideos y ostrácodos. En esta localidad se identificaron menor cantidad de organismos, los géneros de braquiópodos identificados son: *Liosotella*, *Dictyoclostus*, *Wellerella*, *Hustedia*, *Composita*, *Streptorhynchus*, *Spiriferella* y *Martiniopsis*. (Fig. 11 y Fig. 12)

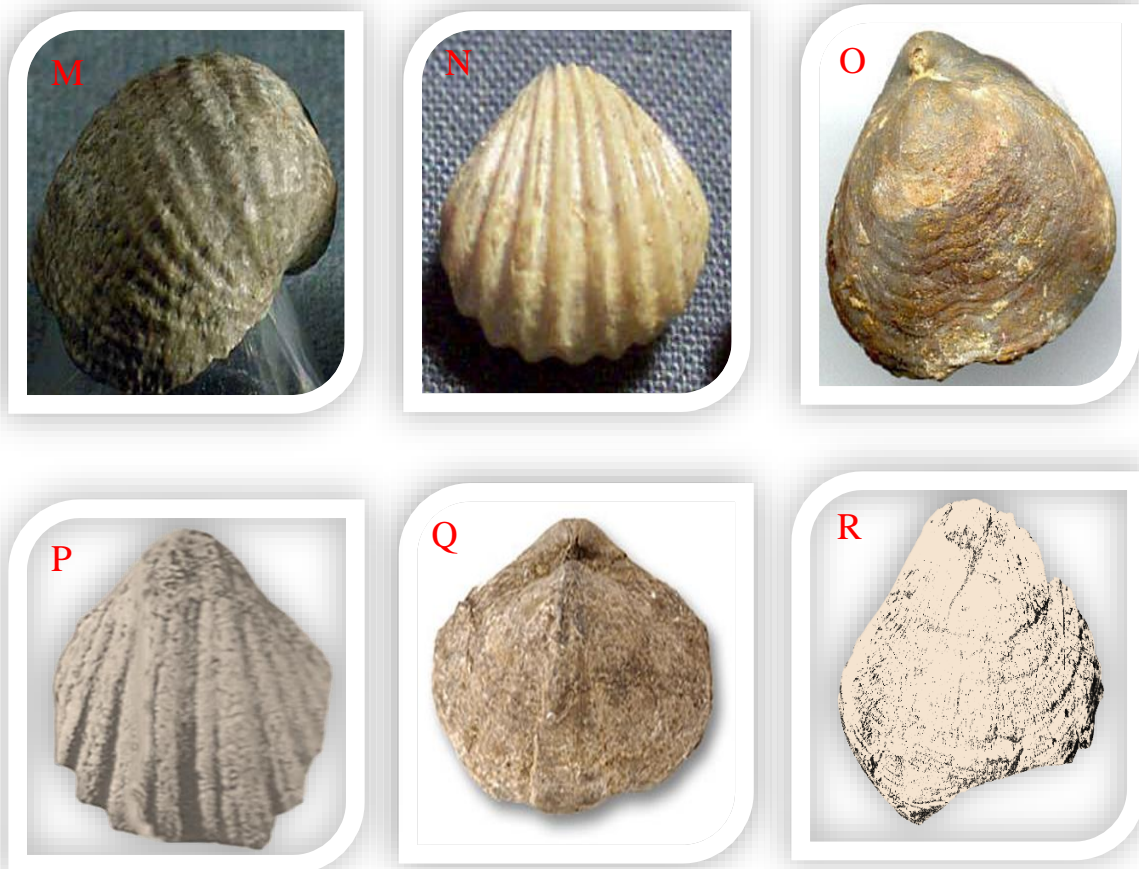


Figura 11. **M.** *Dictyolostus*, **N.** *Hustedia* **O.** *Composita* **P.** *Wellerella* **Q.** *Martiniopsis* **R.** *Streptorhynchus*



Figura 12. **S.** *Spiriferella*, **T.** *Liosotella*

### COLUMNA ESTRATIGRÁFICA FORMACIÓN GRUPERA.

En el caso de la Formación Grupera se apreciaron amplios estratos de intercalaciones entre lutitas y calizas a lo largo de aproximadamente 65 metros, posterior a esto se presenta una intercalación de calizas gris oscuro con calizas de color gris claro, es en esta última zona donde se aprecia la mayor cantidad de organismos fósiles, entre los que destacan los braquiópodos, que son el punto central de la investigación. Los braquiópodos que se encontraron en esta columna se encontraban muy alterados en su mayoría debido a cuestiones de meteorización las lutitas y las calizas grises claro observadas en esta zona son muy similares a las obtenidas en la Formación Monos, lo que permite empezar a generar posibles escenarios de una correlación entre las localidades. En esta columna los géneros de braquiópodos identificados fueron: *Liosotella*, *Dictyoclostus*, *Wellerella*, *Hustedia*, *Composita*, *Streptorhynchus*, *Spiriferella* y *Martiniopsis* (Fig. 13).

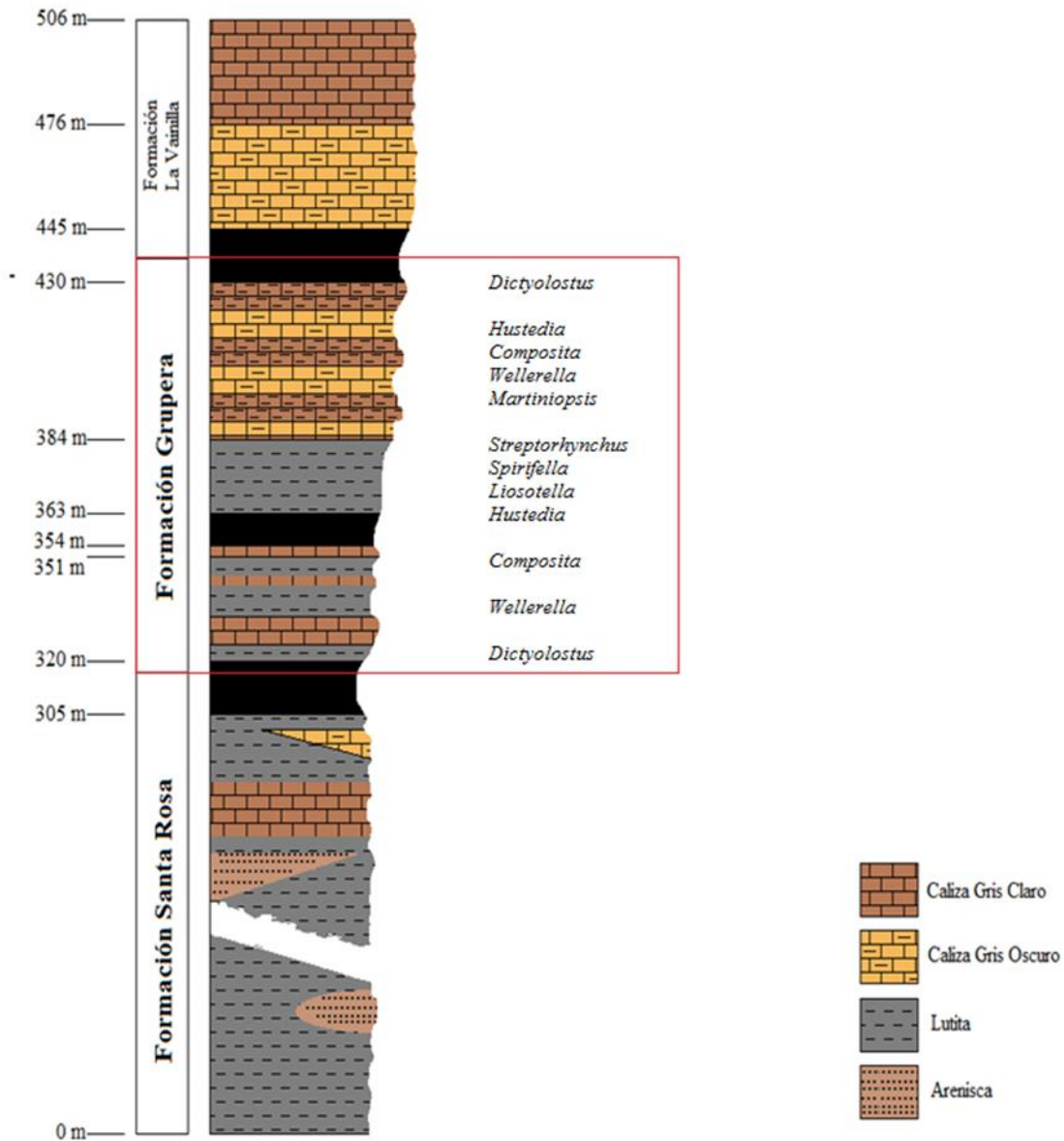


Figura 13. Columna estratigráfica Formación Gruper

## RESULTADOS

Para llegar a los resultados del estudio se debe determinar que tanta relación existe entre las faunas encontradas en Caborca, Sonora, así como en Monte Redondo, Chiapas, para ello, se procedió a hacer un análisis cuantitativo de comparación denominado Índice de similitud de Sorensen. El índice se rige bajo una simple ecuación que dará un coeficiente. La ecuación es la siguiente:

$$QS = \frac{2(C)}{|A + B|}$$

Donde:

A= (x|x es braquiópodo que  $\in$  a la Formación Monos)

B= (x|x es braquiópodo que  $\in$  a la Formación Grupera) y

C =  $A \cap B$

QS= Coeficiente de Sorensen

De esta manera sustituyendo se tiene:

$$QS = \frac{2(A \cap B)}{|A + B|}$$

Bajo este concepto lo único que faltaría, sería sustituir los valores con los datos obtenidos anteriormente en el laboratorio; entonces el conjunto A será asignado a la localidad de Sonora, es decir a la Formación Monos, y al conjunto B se le asignará la zona de Chiapas (Formación Grupera).



Para el caso de la Formación Monos se identificaron 26 géneros a lo largo de una columna aproximadamente de 600 metros, por otra parte, en la Formación Grupera, se obtuvieron muchas muestras, sin embargo, los organismos presentaron una tendencia repetitiva, con lo cual sólo se obtuvieron 8 géneros diferentes en dicha región.

Por último, se sabe que la intersección entre ambos conjuntos es aquella en la que existen elementos del conjunto A y del conjunto B, que gráficamente a partir del Diagrama de Venn, aplicado en la teoría de conjuntos, se representaría como: (Fig. 14).

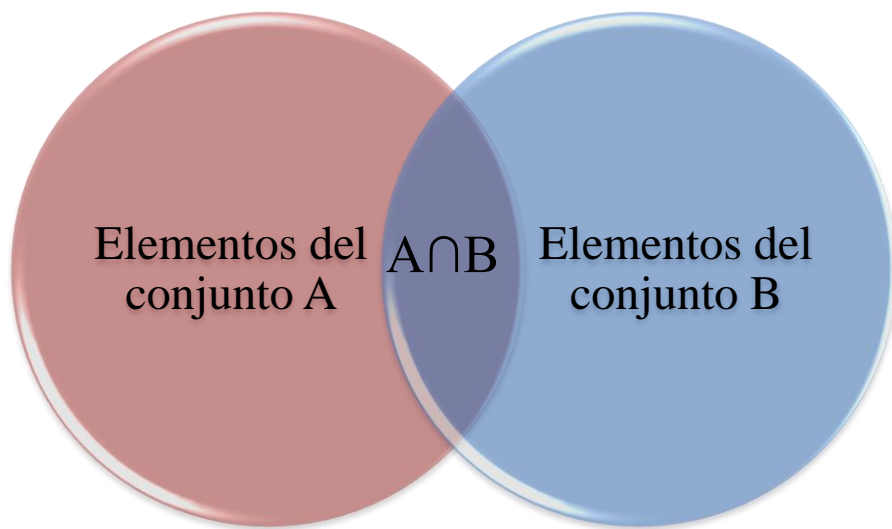


Figura 14. Diagrama de Venn

Al aplicar este concepto a los grupos de organismos fósiles encontrados en esta investigación el diagrama quedaría de la siguiente manera:

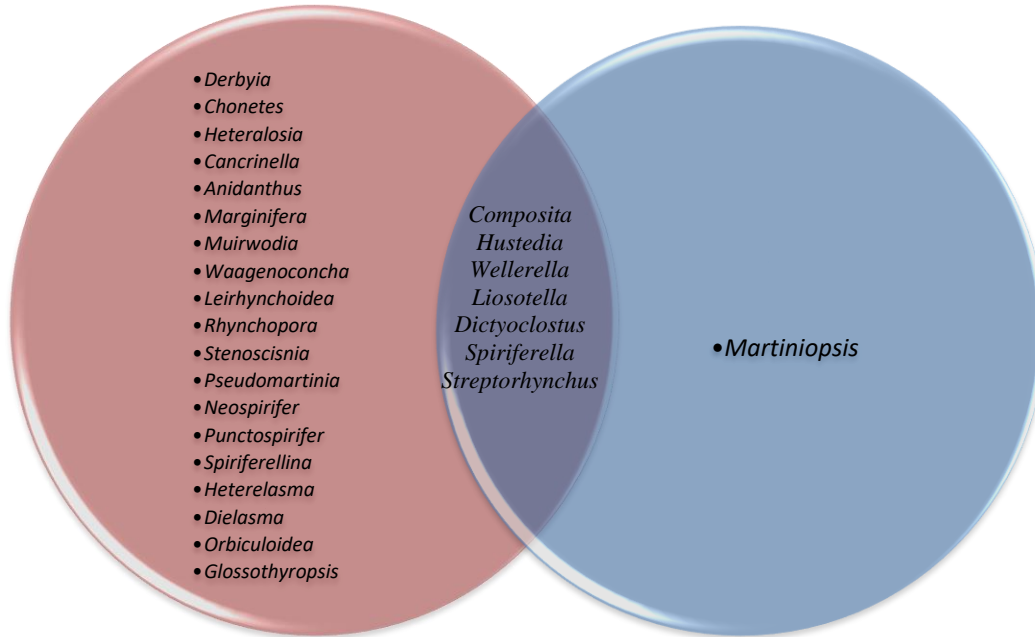


Figura 15. Diagrama de Venn de los elementos recolectados

Por lo tanto, si sustituimos por valores numéricos en nuestra ecuación, se obtiene lo siguiente:

$$\frac{2(7)}{26 + 8} = \frac{14}{34} = .4117$$

El principio del Coeficiente de Similitud de Sorensen nos dice que el valor del resultado deberá moverse entre 0 y 1, siendo de esta forma, el coeficiente obtenido fue de .4117 nos indica que a partir de los organismos contenidos existe una mediana posibilidad de que estos organismos se encuentren relacionados entre sí, por otra parte, hablando más analíticamente, tenemos, que, siete de los ocho organismos fósiles de Chiapas se encuentran también en la otra localidad al norte del país, esto representa un 87.5% de la variedad total de los organismos de Chiapas, y esto también permitiría relacionarlos entre sí. Ambas localidades

en la reconstrucción paleoambiental se encuentran muy cercanas, entre sí, y respecto al ecuador, con lo cual además de presentar un clima similar, no tenían barreras entre ellas, las faunas estarían representando un ambiente en particular, con condiciones muy similares.

Al tomar en cuenta todos los factores se puede definir que los braquiópodos que existen en el registro fósil de Sonora y los que se encuentran en Monte Redondo, Chiapas, tienen amplias similitudes y esto permite decir que estos organismos pertenecen al mismo paleoambiente, las condiciones, de presión, temperatura, clima, física y química en que vivían eran prácticamente las mismas, el valor que nos arroja como tal el índice de Sorensen no es más elevado debido a que en la Formación Grupera no se obtuvo gran variedad, sin embargo, se propone realizar más trabajo de campo que permita recolectar nuevos organismos fósiles con lo cual se establezcan nuevas coincidencias entre otras especies que ya se identificaron en Sonora, permitiendo, de este modo, que el valor que arroja el índice de Sorensen se incremente.

### **CONSIDERACIONES BIOESTRATIGRÁFICAS**

El contenido de macrofósiles en las secuencias del Pérmico de la Formación Monos y de la Formación Grupera es abundante y diverso, en géneros y especies de algas, amonites, braquiópodos, briozoarios, corales, crinoideos, esponjas, fusulínidos, gasterópodos, ambas unidades presenta las mismas sucesiones estratigráficas locales que las del Cratón Norteamericano.

Para el Pérmico de estas regiones coinciden varias especies de braquiópodos, ubicadas en rocas calizas tanto en Chiapas como en Sonora, manteniendo condiciones similares de emplazamiento, esto permite interpretar que las especies se localizaban en un mismo paleoambiente, y dichas regiones compartían condiciones geográficas y disposición estratigráfica similar.

Los braquiópodos recolectados en las secuencias del Pérmico de la Formación Monos y de la Formación Grupera exhiben una distribución estratigráfica amplia que incluye los pisos del Asseliano al Changhsinguiano (299 Ma - 252 Ma), (Tabla 1).

De los registros encontrados, los géneros de braquiópodos: *Composita*, *Hustedia*, *Wellerella*, *Liosotella*, *Dictyoclostus*, *Spiriferella* y *Streptorhynchus* son comunes en ambos afloramientos de las unidades antes citadas. Procedentes de la Formación Monos se reportan los géneros *Anidanthus*, *Cancrinella*, *Chonetes*, *Composita*, *Derbyia*, *Dictyoclostus*, *Dielasma*, *Glossothyropsis*, *Heteralosia*, *Heterelasma*, *Hustedia*, *Leirhynchoidea*, *Liosotella*, *Marginifera*, *Muirwodia*, *Neospirifer*, *Orbiculoidea*, *Pseudomartinia*, *Punctospirifer*, *Rhynchopora*, *Spiriferella*, *Spiriferellina*, *Stenoscisnia*, *Streptorhynchus*, *Waagenoconcha*, *Wellerella* y para la Formación Grupera se informa la presencia de los géneros: *Composita*, *Hustedia*, *Wellerella*, *Liosotella*, *Dictyoclostus*, *Spiriferella*, *Martiniopsis* y *Streptorhynchus*.

F a n e r o z o i c o	P a l e o z o i c o	P é r m i c o	Lopingiano	Changhsinguiano	251 Ma.
				Wuchapinguiano	253
			Guadalupiano	Capitaniano	260
				Wordiano	266
				Roadiano	268
			Cisuraliano	Kunguriano	271
				Artinskiano	276
				Sakmario	284
				Asseliano	297

Tabla 1. Cuadro Cronoestratigráfico.

## CONSIDERACIONES PALEOGEOGRÁFICAS

El territorio de Sonora, se ubicó al suroeste del Continente de Laurentia y al sur del Ecuador en el Paleozoico Medio-tardío. Desde el punto de vista paleogeográfico, y tectónico en Sonora se han definido una serie de diversos bloques tectónicos sobre la margen sureste de Laurentia.

Dos cinturones orogénicos se formaron en las márgenes de Norteamérica, el primero, al sureste, fue originado por la Orogenia Apalacheana, Oachita-Maratón a causa de la colisión entre Gondwana y Laurentia, mientras que el segundo cinturón se desarrolló hacia el oeste y suroeste de Norteamérica; a causa de una colisión arco-continente denominada como la Orogenia Antler y Sonoma. Estos cinturones quizá se unieron desde el Devónico al Triásico en Arizona y Nuevo México, EUA y en Sonora ocurrió hasta el Paleozoico tardío (Stewart et al. 1990; Pérez-Ramos, 1992).

Las rocas paleozoicas alóctonas constituyen cuatro cinturones más. El primero está representado por secuencias del Paleozoico Inferior con facies de tipo cuenca oceánica ubicada en las Montañas Roberts, EUA, un segundo cinturón está conformado por el Alóctono de Golcanda de edad Paleozoico tardío. El tercero constituye las secuencias de arco volcánico en la Sierra Nevada y en las Montañas Klamatha, y finalmente se tiene a la secuencia del Paleozoico Superior representadas por los complejos de subducción y acrecionarios (Miller & Stevens, 1992)

Por otro lado, las rocas paleozoicas autóctonas al oeste de la cordillera de Norte América fueron depositadas en dos cinturones distintos, el primero se le denomina como la Provincia del Cratón y el segundo como la Provincia de la Plataforma Miogeosinclinal (Miller, op.cit, Ross, 1986, Ross y Ross, 1987). De acuerdo con Poole et al. 2005 en Sonora la sedimentación durante el Ordovícico estuvo controlada por tres elementos tectónicos que

han sido definidos como, la Plataforma Cratónica de Nuevo México y Arizona adyacente, California y Sonora; la Plataforma al Sur de California-Sonora; la elevación continental de California-Sonora o también denominada como cuenca oceánica marginal.

Anderson and Silver (1981) reportan que el Megashear de Mojave-Sonora es el responsable de trasladar sedimentos del Paleozoico Inferior y del Pérmico-Triásico del noroeste de Norte América como es el caso de los Estados de Nevada y California hasta el noroeste de Sonora. Este último evento tectónico ocasionó una gran dispersión de bloques alóctonos y autóctonos, que involucró el desplazamiento de las cubiertas sedimentarias de edad paleozoica.

Los trabajos de Geología regional, paleontológicos, paleomagnéticos, estructurales, estratigráficos y de análisis de terrenos tectónico-estratigráficos que se han efectuado en Sonora han aportado datos muy valiosos, pero los estudios de carácter sedimentológico y paleontológico no se han realizado con la profundidad que éstos ameritan, por lo que un análisis más profundo de las secuencias sedimentarias del Paleozoico Superior y su contenido biótico, sobre estas regiones debe de ser llevado a cabo, puesto que con este tipo de estudios se estará aportando una serie de datos que contribuirán a dilucidar la historia de la evolución premesozoica de la región (Ross, 1986, Ross y Ross,1987).

En la región centro-oriente de México se presentan facies sedimentarias, una eminentemente calcárea de plataforma y la otra silíceo-clástica de cuenca. Las secuencias calcáreas presentan afloramientos de rocas cuyas edades varían desde el Cámbrico al Pérmico temprano. A partir del año 2000, se ha incrementado el interés por el estudio de la región del centro oriente de Sonora, particularmente de la Sierra Agua Verde, Mendoza et al. (2004); Buitrón, et al. (2004; 2005).

Las algas, fusulínidos y esponjas del Pensilvánico de Sonora muestran afinidades con la biota de Arizona, Nuevo México, Texas y California, EUA. Una posible conexión entre

México y los Urales y/o el Paleo-Tethys fue reportada previamente por Vachard et al. (2000) y Buitrón et al. (2012). El problema geodinámico regional en Sonora resulta más simple debido a que los conjuntos (“asemblages”) son similares tanto en el Cratón Norteamericano como en el Terreno Caborca (González-León, 1986; Sedlock et al., 1993).

El Cratón Norteamericano estaba separado de Gondwana y Sudamérica por un remanente del Océano Rheico, donde hay algunos terrenos separados tectonoestratigráficamente por plataformas carbonatadas, tal como el Mixteco y Oaxaquia, mientras que algunas cuencas se desarrollaban en las partes intermedias de México (Almazán et al. 1989; Buitrón et al., 2007; Gómez et al., 2008)

Estas dos localidades comparten las especies *Liosotella angustata* Cooper, *Dictyoclostus depressus* Cooper, *Wellerella lemasi* Cooper, *Hustedia meekana* Cooper y *Composita grandis* Cooper (Fig 16 – 29).

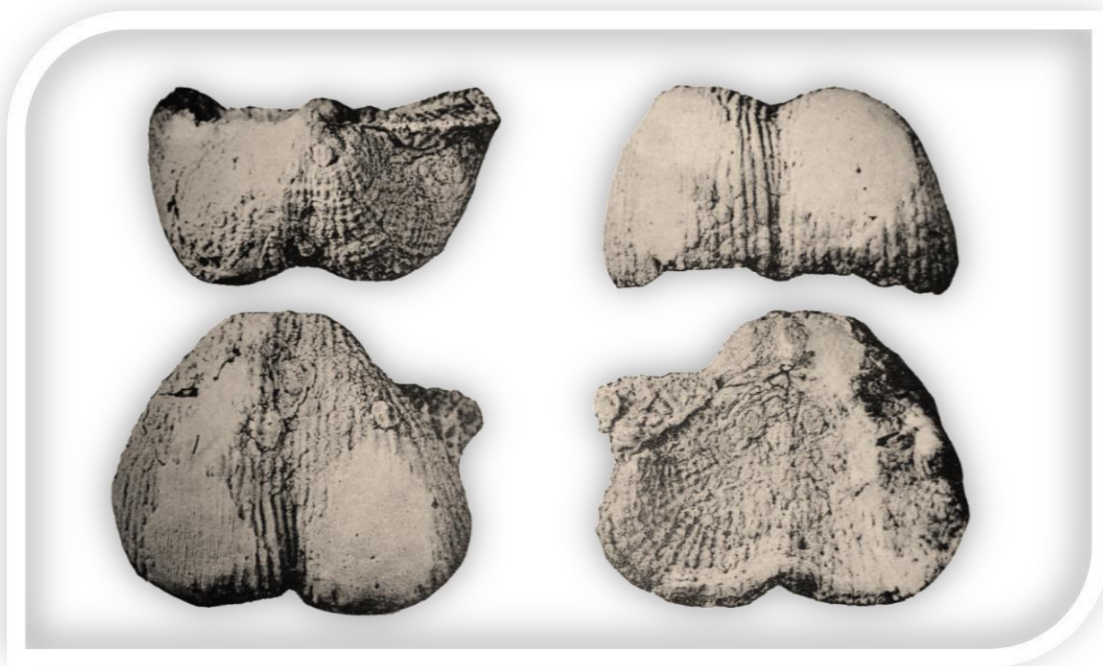


Figura 16. *Dictyoclostus depressus* Cooper

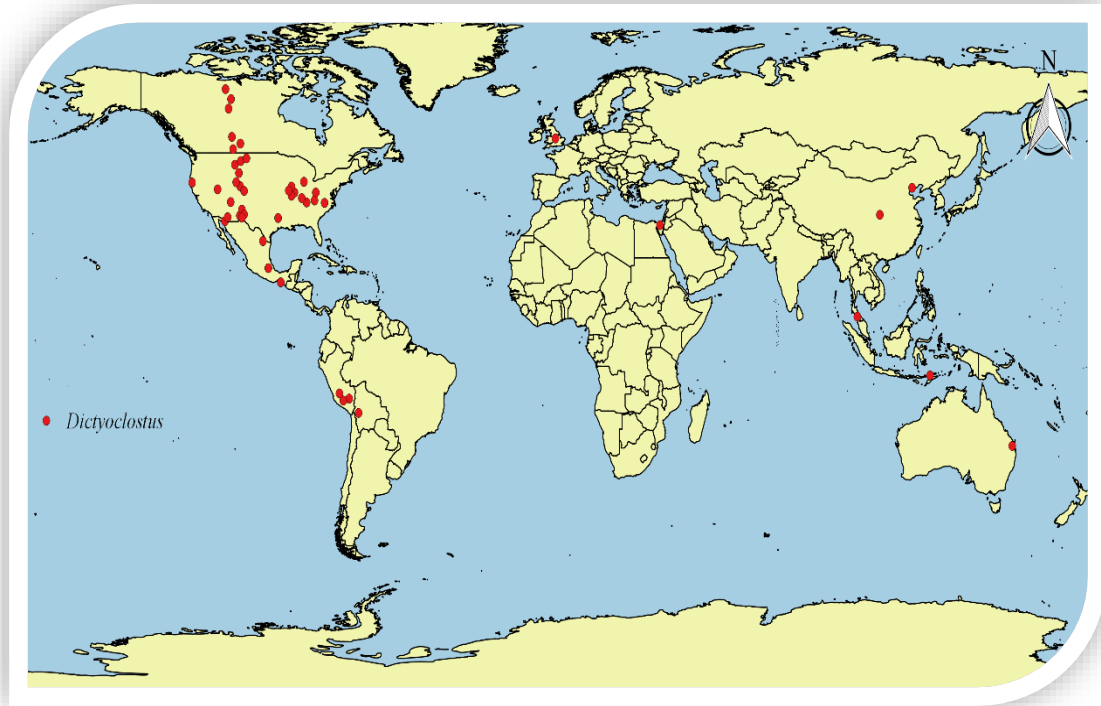


Figura 17. Distribución del Género *Dictyoclostus*



Figura 18. *Liosotella subrugosa* Cooper



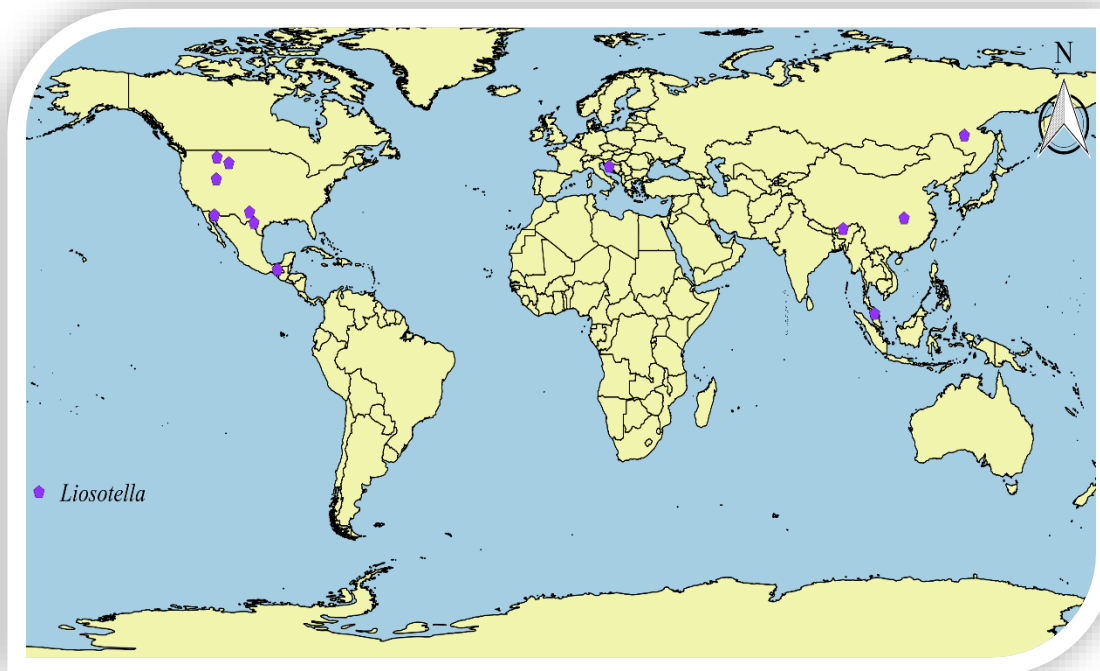


Figura 19. Distribución Género *Liosotella*



Figura 20. *Wellerella lemasi* Cooper

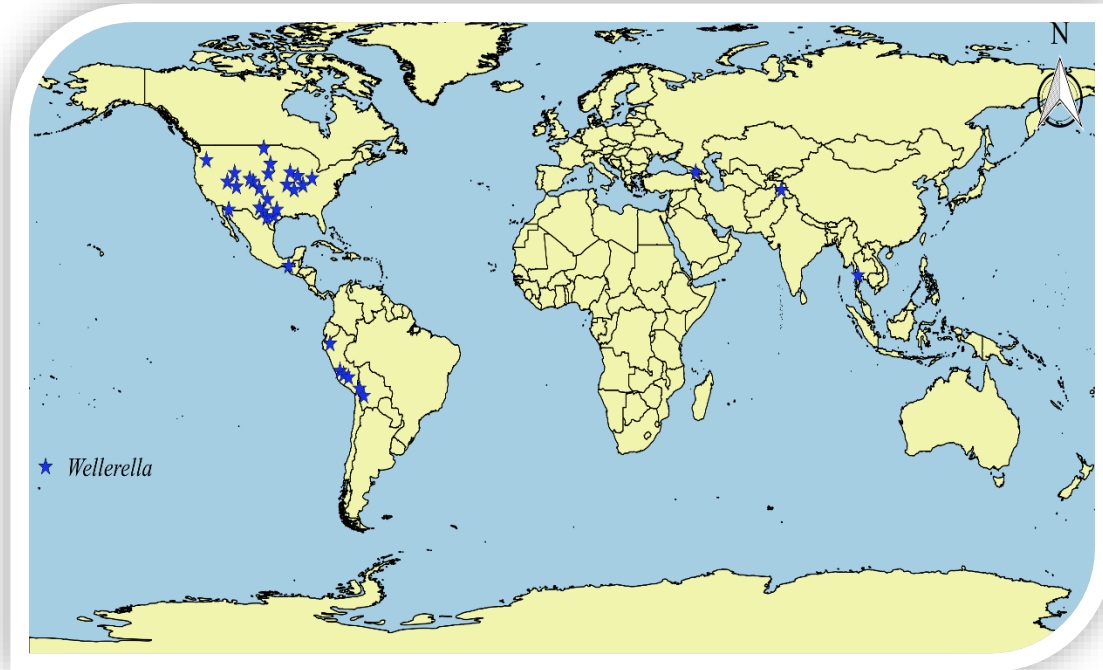


Figura 21. Distribución del género *Wellerella*



Figura 22. *Hustedia meekana* Cooper

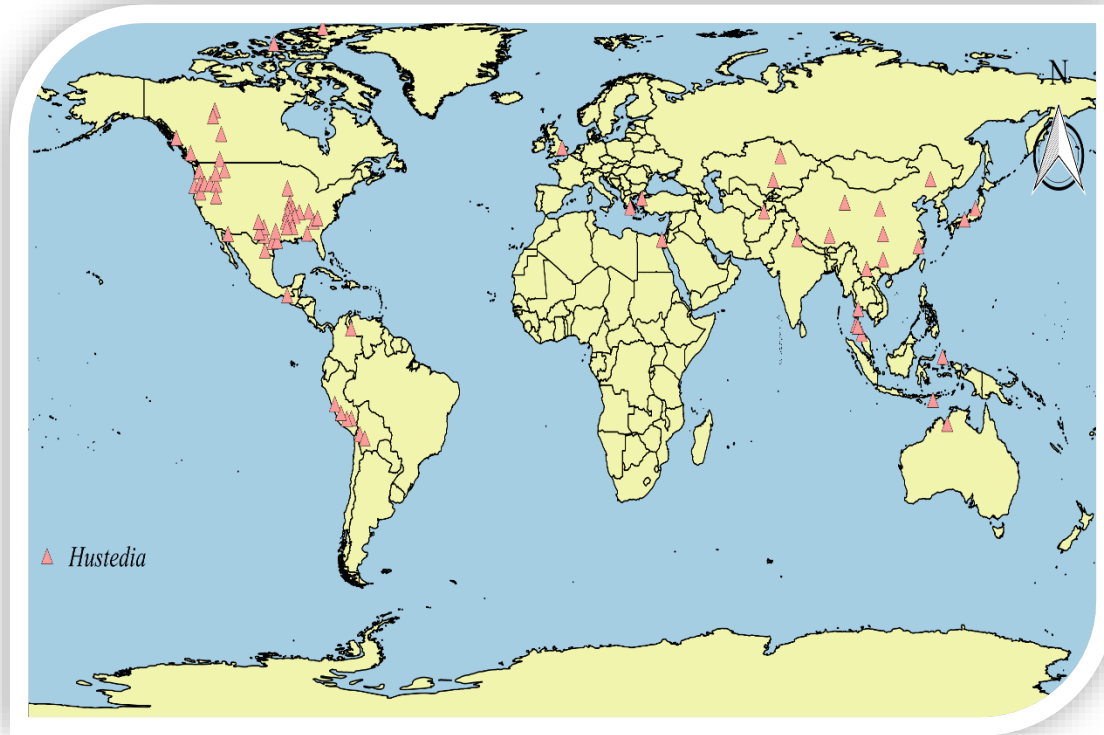


Figura 23. Distribución género *Hustedia*



Figura 24. *Composita grandis* Cooper

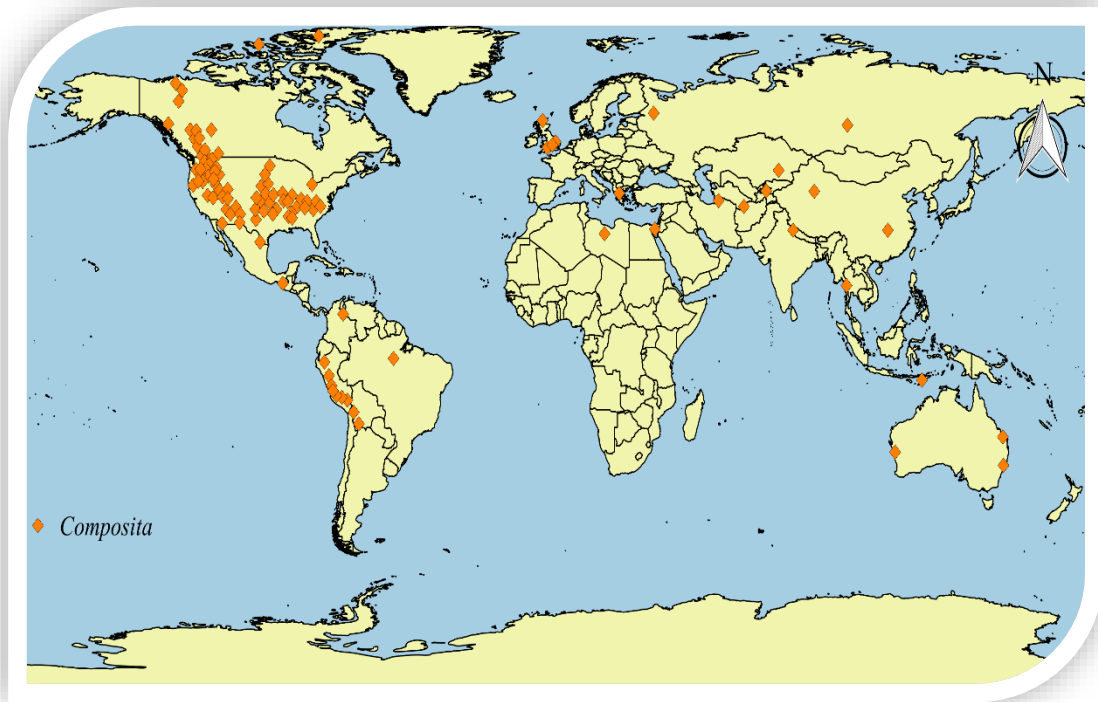


Figura 25. Distribución del género *Composita*



Figura 26. *Spiriferella* sp.

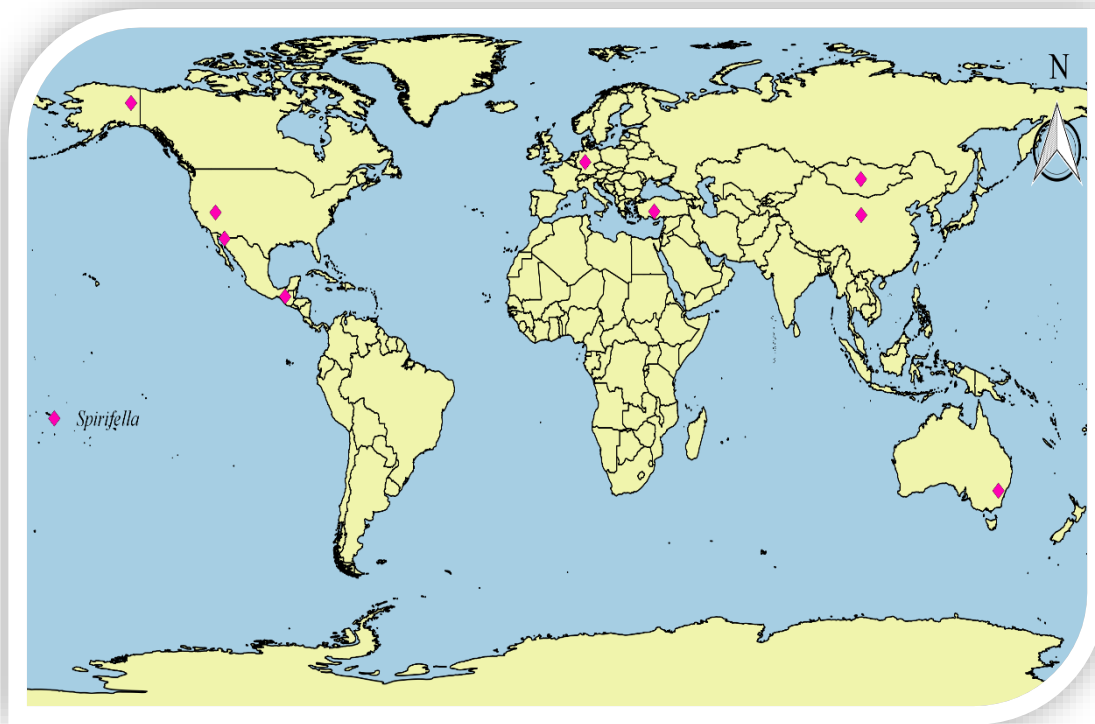


Figura 27. Distribución género *Spiriferella*



Figura 28. *Streptorhynchus* sp.

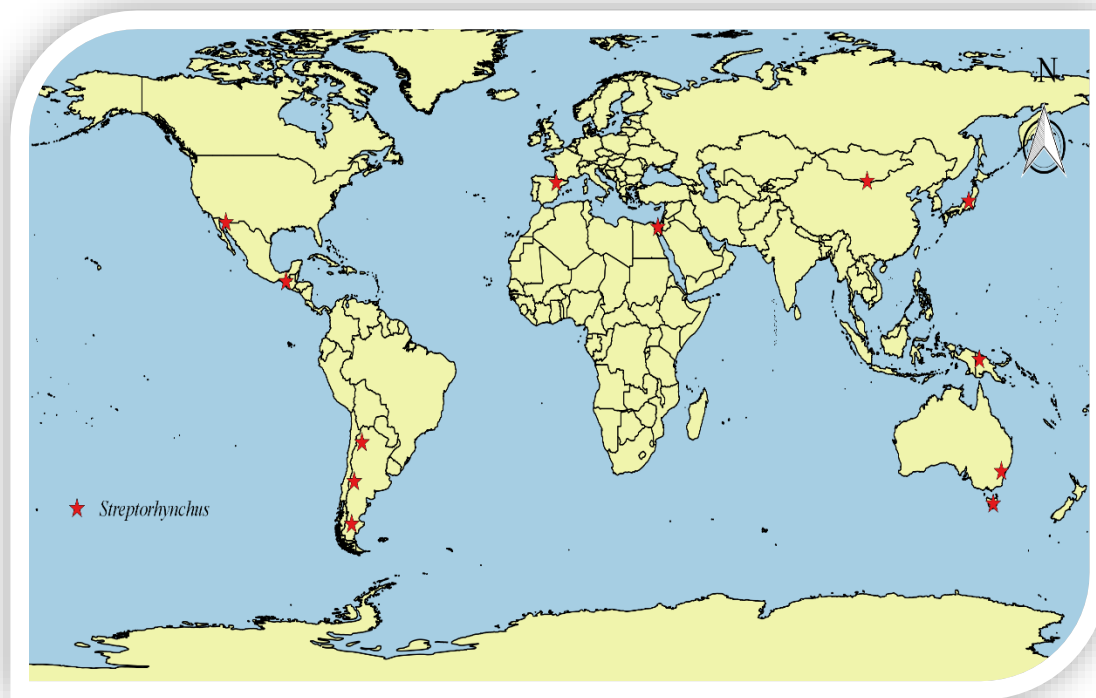


Figura 29. Distribución género *Streptorhynchus*

## CONSIDERACIONES PALEOECOLÓGICAS

Cuando se habla de Paleoecología se habla de una ciencia que trata de la ecología de los organismos fósiles (Van Morkhoven, 1966). Los biólogos realizan trabajos con organismos vivos cuando realizan funciones de Ecología, factores ambientales y procesos de vida. Por medio de los estudios realizados a materiales vivientes que son obtenidos en depósitos es posible conocer con relativa facilidad algunas de las interrelaciones de algún organismo o grupo de organismo con su respectivo ambiente.

Contrario a esto, para los paleontólogos tratar de establecer la ecología de los grupos fósiles resulta ser de un grado mayor de dificultad por los escasos conocimientos, en general, del medio ambiente que se desarrollaba en el pasado (paleoambientes). Al salir a realizar recolecciones el paleontólogo no cuenta con material viviente y la gran mayoría de los

factores ambientales que ocurrieron anteriormente no pueden llegar a cuantificarse del todo. Al realizar un estudio destinado a paleoecología, una de las grandes fuentes de información que permiten saber cuál era la verdadera disposición e interacción de los organismos son los sedimentos en los que se encuentran. Tanto fósiles como sedimentos son los encargados de aportar datos respecto a los factores ambientales en el muestreo localizado en el tiempo de deposición.

Los trabajos paleontológicos que se realizan con estos fósiles representan una tanatocenosis para lo cual se propuso (Van Morkhoven, 1966) el término paleotanatocenosis, ya que una fauna fósil generada a través de un muestreo no puede representar totalmente la tanatocenosis de esa localidad. Sin embargo, es parte de ella en el tiempo de deposición por las siguientes razones:

- Existen condiciones desfavorables que pudieron haber impedido la fosilización de una cantidad determinada de organismos o fragmentos de ellos.
- Algunos de los elementos que se presentan en la tanatocenosis, ya no se presentan, por ejemplo, organismos sin partes duras que en si el ambiente no permite la formación de icnofósiles, no completan este proceso de fosilización y por tal motivo desaparecieron de la tanatocenosis.
- Procesos como la diagénesis, pudieron haber causado la pérdida de ciertas partes de la tanatocenosis o generaron alteraciones dentro de las estructuras morfológicas de los organismos.

Los braquiópodos son fósiles que presentan un gran potencial evolutivo, estos organismos aparecen durante el Cámbrico Inferior y se preservan hasta la actualidad, son reconocidos como fósiles vivientes, se han estudiado en diversas ocasiones por los paleontólogos mexicanos y extranjeros. Particularmente la reconstrucción paleoambiental del Pensilvánico

de Cerros Los Monos corresponde a una comunidad formada por braquiópodos, fusulínidos, esponjas hipercalcáreas, briozoarios, equinoideos y crinoideos.

Tienen una gran importancia a nivel Paleontológico, ya que son índices que permiten realizar reconstrucciones paleoambientales debido a que permanecen fijos al sustrato, es decir son de carácter bentónico. Es necesario considerar en los estudios actuales, no solamente la presencia de organismos vivos, sino también los datos que proporcionan los organismos fósiles o parte de ellos, y en el caso de esta especie hacer aún más énfasis ya que la mayor variedad que han presentado estos organismos se dio a en los periodos Cámbrico y Pérmico y no en la actualidad, en la actualidad se cuenta aproximadamente con el 2% de las especies totales de estos invertebrados, al hacer uso de esto se estaría haciendo uso del motivo del estudio de la Paraecología, término propuesto por (Van Morkhoven, 1966).

## CONCLUSIONES

Los afloramientos del Paleozoico marino en México y en especial del Pérmico son escasos respecto a la extensión del territorio nacional, debido a que fue cubierto en gran parte por una gruesa secuencia de sedimentos mesozoicos y cenozoicos por esto existen pocos lugares en los que aflora. Sin embargo, se tienen localidades de rocas marinas, sedimentarias de edades pertenecientes al Carbonífero que presentan contenido fósil, estas localidades tienen crinoideos tanto del Misisípico como del Pensilvánico. De igual manera localidades de edades pérmicas en las que los braquiópodos se extendieron de manera importante. En México, los afloramientos donde se encuentran se localizan principalmente en la región norte del país en los Estados de Sonora y Tamaulipas, en algunas zonas del centro del país en los Estados de Hidalgo y Puebla y finalmente en la región sur en los Estados de Guerrero, Oaxaca y Chiapas.



Existe una abundante biota identificada en la Formación Los Monos, compuesta por briozoarios, abundantes braquiópodos, algunas variedades de fusulínidos, así como esponjas, corales, gasterópodos, amonites y crinoideos. En la Formación Gruperá se localizaron de igual manera amplias variedades de plantas marinas y continentales, fusulínidos, corales, briozoarios, braquiópodos, pelecípodos, gasterópodos, crinoideos y ostrácodos.

Los braquiópodos localizados están representados por las especies: *Orbiculoidea*, *Derbyia*, *Streptorhynchus*, *Chonetes*, *Heteralosia*, *Canocrinella*, *Anidanthus*, *Dictyoclostus*, *Marginifera*, *Liosotella*, *Muirwodia*, *Waagenoconcha*, *Leirhynchoidea*, *Rhynchopora*, *Wellerella*, *Stenoscisnia*, *Composita*, *Pseudomartinia*, *Neospirifer*, *Spiriferella*, *Hustedia*, *Punctospirifer*, *Spiriferellina*, *Heterelasma*, *Glossothyropsis*, *Dielasma* y *Martiniopsis*.

Con este estudio se corrobora la relación que existió en el Pérmico entre las localidades de monte Redondo, Chiapas y Caborca Sonora, así como una reconstrucción de un posible paleoambiente durante el periodo Pérmico. Se demuestra que por la edad de los estratos sonorenses y los del sureste de Chiapas las biotas se pueden correlacionar.

Los ejemplares de los fósiles que conforman a la biota se encontraron en afloramientos en los cuales los depósitos ocurrieron en lugares cercanos a la costa, esta interpretación se generó debido a la presencia de diversos afines organismos agua somera, marina normal y cálida.

Los braquiópodos que existen en ambas localidades son: *Liosotella*, *Dictyoclostus*, *Wellerella*, *Hustedia*, *Composita*, *Streptorhynchus* y *Spiriferella*. Con ello, son más del 85% del total de organismos que se localizan en la localidad de Chiapas, lo cual apunta a que con mayores estudios podría encontrarse una mayor cantidad de especies que amplíen las coincidencias entre estas dos regiones.

El coeficiente de similitud de Sorensen arrojó valores que permiten relacionar de forma directa estas localidades, dando así, mayor validez a los estudios previos que proponen que no existía una barrera geográfica entre estas localidades, que compartían litologías, climas, temperaturas, y todas las condiciones necesarias para ubicarlas en el mismo ambiente.

El índice de similitud permitió generar una relación más cuantitativa respecto a las faunas localizadas en estas regiones, y muestra que siete de las ocho variedades de braquiópodos encontradas en Chiapas se ubican también en Sonora, con lo cual la reconstrucción ambiental de la región podrá ser usada como punto de comparación con otros afloramientos pérmicos de características similares.

La reconstrucción paleoambiental en la cual se muestran ambas localidades muy cercanas y delimitadas por el océano Pantalásico, permite sugerir que los organismos coexistían entre sí, e interactuaban en un paleoambiente formado por ambas localidades.

Los resultados de este trabajo también apoyan a que la ubicación del territorio nacional durante el Pérmico se encontraba en una región más ecuatorial, delimitada al oeste por el océano Pantalásico, al sur prácticamente en contacto con Sudamérica, y al noreste en contacto con el Cratón Norteamericano.

## BIBLIOGRAFÍA

- Ager, D. (1967). Brachiopod Palaeoecology. *Earth Science Reviews*(No. 1), p. 157-179.
- Almazán, V. (1989). el Cámbrico-Ordovícico de Arivechi, en la región centro oriental del estado de Sonora. *Revista Instituto de Geología, UNAM, Vol. 8*(No. 1), 56-66.
- Almazán, V., Buitrón, B., Vachard, D., Mendoza-Madera, C., & Gómez-Espinosa, C. (2007). The Late Atokan (Moscovian, Pennsylvanian) chaetetid accumulations of Sierra Agua Verde, Sonora (NW Mexico): composition, facies and palaeoenvironmental signals. *Geological Society London, Special Publications, Vol. 275*, p. 189-200.
- Almazán, V., In Álvaro, J. J., Aretz, M., Boulvain, F., Munnecke, A., Vachard, D., & Vennin, E. (2007). Paleozoic Reefs and Bioaccumulations: Climatic and evolutionary controls. *Geol. Soc. London Special Publication, 275p*.
- Álvarez, M. (1949). Notas sobre el paleozoico mexicano. *Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros, Vol. 1*, p. 47-56.
- Anderson, T., & Silver, L. (1981). An overview of Precambrian rocks in Sonora. *Revista del Instituto de Geología, Vol. 5*, p.131-139.
- Ávila, A. (1987). Consideraciones Geológicas y estratigráficas de la porción NW de Hermosillo. *Universidad de Sonora, Departamento de Geología, Tesis Profesional, 78 p*.
- Baldis, A., & Bordonaro, O. (1981). Vinculación entre el Cámbrico del Noroeste de México y la Precordillera Argentina. *Anales II Congreso Paleont. Latinoamericano, Puerto Alegre, Brasil, 1-10 p*.
- Baldis, B., & Bordonaro, O. (1981). Vinculación entre el Cámbrico del Noreste de México y la Precordillera Argentina. *II Congreso Latinoamericano de Paleontología*(No. 1), p. 1-10.
- Brunner, P. (1975). Estudio estratigráfico del Devónico en el área de El Bisani, Caborca, Sonora. *Revista del Instituto Mexicano del Petróleo, Vol. 7*(No. 1), p. 16-45.
- Brunner, P. (1984). Los conodontos de México. *Tercer congreso latinoamericano de paleontología, México, p. 84-91*.
- Buitrón, B. (1977). Invertebrados (Crinoidea y Bivalvia) edl Pensilvánico de Chiapas. *Revista del Instituto de Geología, UNAM*(No. 1), p. 144-150.
- Buitrón, B. (1989). El Paleozoico Inferior de México. *Revista de Correlación Geológica*(No. 5), p. 131-136.

- Buitrón, B. (1992). Las rocas sedimentarias marinas del Paleozoico inferior de México y su contenido biótico. *Programa Internacional de Correlación Geológica*, p. 193-201.
- Buitrón, B., Almazán, E., & Vachard, D. (2004). Benthic Invertebrates of Carboniferous-Permian age from Sonora. Their paleogeographic implications. *32nd International Geological Congress*, 202 p.
- Buitrón, B., Almazán, V., Vachard, D., & Ochoa, G. (2003 a). Chaetetes, corales tabulados del Pensilvánico de Sonora. *Semana Cultural de Geología XXVIII Aniversario Resúmenes*, p. 15.
- Buitrón, B., Almazán, V., Vachard, D., & Mendoza, M. (2003 b). Crinoides del Pérmico Temprano del Cerro Los Monos, Caborca, Sonora. *Semana Cultural de Geología XXVIII Aniversario Resúmenes*, p. 15-16.
- Buitrón, B., Almazán, V., Vachard, D., & Palafox, J. (2012). Una secuencia cratónica completa del carbonífero al Pérmico inferior expuesta en los cerros El Tule, noreste de Sonora, México. *Revista de Ciencias Geológicas*, 29, 39-62.
- Buitrón, B., Gómez, C., Almazán, E., & Vachard, D. (2007). A late Atokan regional encrinura (early late Moscovian, Middle Pennsylvanian) in the Sierra Agua Verde, Sonora state NW México. *Geol. Soc. London ELSEVIER Special Publication*, p. 201-209 275p.
- Buitrón, B., Gómez-Espinosa, C., & Vachard, D. (2010). Análisis tafonómico del gasterópodo cf. *Donaldina robusta* (Heterobranchia Streptacidae) de Pensilvánico Medio de la Formación La Joya, Sierra Agua Verde, Sonora, México. *Revista de Biología Tropical*, Vol. 58(No. 1), p. 183-194.
- Buitrón, B., Silva, P., Flores, A., & Vachard, D. (2005). New Permian macrofauna and macroflora from the Olinala region, Guerrero state, Mexico. *Annales de la Société Géologique du Nord, Lille. Francia, Tomo 11(2ème Serie)*, p. 169-176.
- Buitrón, B., Silva-Pineda, A., Arellano, J., Vachard, D., & Ramírez, J. (2003). Permian continental and marine biota of South-Central Mexico: A synthesis. *American Association of Petroleum Geologist, AAPG*, p. 462-475.
- Camacho, H. (1966). Invertebrados Fósiles. *Universidad de Buenos Aires*, 707 p.
- Clarkson, E. (1979). *Invertebrate Paleontology and Evolution*. London, Boston, & Sydney.
- Cocks, L. (1967). Llandovery stropheodontids from the Welsh Borderland. *Paleontology*, Vol. 10, p. 245-267.

- Cooper, G. A., & Arellano, A. (1946). Stratigraphy near Caborca, Northwestern Sonora, Mexico. *American Association of Petroleum Geologist Bulletin*, 30(4), p. 606-611.
- Cooper, G., Arellano, A., Johnson, J., Okulitch, V., & Stoyanow, A. &. (1952). Cambrian stratigraphy and paleontology near Caborca, north western Sonora, México. *Smithsonian Misc. coll.*, 1-35.
- Cooper, G., Arellano, A., Johnson, J., Okulitch, V., & Stoyanow, A. &. (1954). Geología y Paleontología de la región de Caborca, norponiente de Sonora. *Bol. Inst. Geol. UNAM*, 1-259.
- Cooper, G., Dumbar, C., Duncan, H., Miller, A., & Knight, J. (1965). Fauna permica de El Antimonio, oeste de Sonora, México. *Boletín del Instituto de Geología*(No. 58), 122 p.
- Debrenne, F., Gandin, A., & Rowland, S. (1989). Lower Cambrian bioconstructions in Northwestern Mexico (Sonora). Depositional setting, Paleoecology and Systematics of Archaeocyaths. *Geobios*, Vol. 22(No. 2), p. 137-195.
- Dollfus, A., & Montserrat, E. (1868). Voyage géologique dans les Républiques de Guatemala et de Salvador. *Mission Scient Francaise au Mexique et l'Amérique Centrale*, Geol., 539 p.
- Emig, C. C. (2018). *BrachNet*. Obtenido de BrachNet: <http://paleopolis.rediris.es/BrachNet/index.htm>
- Esquivel-Macias, C. (2000). *Braquiópodos y crinoides del Paleozoico Tardío de las Formaciones de Olinalá, Guerrero, Platanoaya y Cuxtepeque, Puebla*. México: UNAM, Facultad de Ingeniería.
- Furnish, F., & Hurst, J. (1974). Environmental factors determining the distribution of Brachiopods. *Palaeontology*, Vol. 17(No. 4), p. 879-900.
- Fürsich, F. T., & Hurst, J. M. (1974). Environmental factors determining the distribution of brachiopods. *Palaeontology*, Vol. 17(No. 4), p. 879-900.
- Gomez-Espinosa, C., Vachard, D., Buitrón, B., Almazán-Vázquez, E., & Mendoza-Madera, C. (2008). Pennsylvanian fusulinids and calcareous algae from Sonora (northwestern Mexico), and their biostratigraphic and paleobiographic implications. *Proyecto ECOS (Science Citation Index)*, Vol. 7(No. 5), p. 259-268.
- González-León, C. (1982). Bioestratigrafía del Paleozoico de la Sierra del Tule, Norte de Sonora. *VI Convención Geológica Nacional, México, D.F.*, p. 40-41.
- Gonzalez-León, C. (1986). Estratigrafía del Paleozoico de la Sierra del Tule, norese de Sonora. *Revista del Instituto de Geología, UNAM*, p. 117-135.

- González-León, C. (1986). Estratigrafía del Paleozoico de la Sierra del Tule, Noreste de Sonora. *UNAM Revista del Instituto de Geología*, Vol. 6(No. 2), p. 117-135.
- González-León, C. (1997). Sequence stratigraphy and paleogeographic setting of the Antimonio Formation (Late Permian-Early Jurassic), Sonora, Mexico. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, Vol. 14(No. 2), p. 136-148.
- Hernández-García, R. (1973). Paleogeografía del Paleozoico de Chiapas, México. *Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros*, Vol. 25(No. 1-3), p. 77-134.
- Hinojosa-Gómez, A. (1964). Área Chicomuselo, Chiapas, México. *Petroleos Mexicanos Informe Inedito*.
- INEGI, I. (2018). *INEGI*. Obtenido de INEGI: <https://www.inegi.org.mx>
- Jiménez-López, J. (2014). Braquiópodos del Carbonífero Tardío de Sierra Agua Verde, Sonora, NW de México Sistemática e implicaciones paleoecológicas y paleogeográficas. *Tesis de Maestría*, 98 p.
- Kaesler, R. (1997;2006). Treatise on Invertebrate Paleontology, Part. H. Brachiopoda (Revised.). *Geological Society of America and University of Kansas Press, Vol. 1 Introduction*, 539 p.
- King, R. (1939). Geological Reconnaissance of Central Sonora. *American Journey Set.*, Vol. 28(Num. 164).
- King, R. (1940). Paleozoic Stratigraphic of Mexico. *VIII Amer. Sci. Congr. Washington*, 109-119.
- Longoria, J., & Pérez, V. (1979). Bosquejo geológico de los cerros Chino y Rajón. Cuadrángulo Pitiquito-La Primavera (NW de Sonora). *Universidad de Sonora, Boletín del Departamento de Geología*, Vol. 1, p. 119-144.
- Longoria, J., González, M., Mendoza, J., & Pérez, V. (1979). Consideraciones estructurales en el Cuadrángulo Pitiquito-La Primavera (NW de Sonora). *Universidad de Sonora Boletín del Departamento de Geología*, Vol. 1, p. 61-67.
- López-Ramos, E. (1971). Rocas Paleozoicas marinas de México. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, Vol. 32(No. 1), p. 15-44.
- McMenamin, M. (1985). Basal Cambrian Small shelly fossils for the La Ciénega Formation, Northwestern Sonora, Mexico. *Journal of Paleontology*, Vol. 59(No. 6), p. 1414-1425.
- McMenamin, M. (1987). Lower Cambrian trilobites, zonation and correlation of the Puerto Blanco Formation, Sonora, Mexico. *Journal of Paleontology*, Vol. 61(No. 4), p. 738-749.

- Mendoza-Madera, C., Almazán, V., Buitrón, B., & Vachard, D. (2004). Bioestratigrafía de la secuencia del Pensilvanico en la Sierra Agua Verde, en la porción central del estado de Sonora. *Universidad de Sonora, Semana Cultural XXIX Resúmenes*, p. 9-10.
- Mexicanos, S. d. (1969-1970). Estudios Geofísicos regionales de magnetometría y gravimetría. *PEMEX*.
- Miller, a., & Stevens, C. (1992). Late Paleozoic Paleogeography and tectonic evolution of the Western USA Cordillera. *GSA*, p. 57-105.
- Muelleried, F., Miller, A., & Furnish, W. (1941). Middle Permian of Chiapas, southernmost México, and its fauna. *American Journal Science, Vol. 239*, p. 297-406.
- Muir-Wood, H., & Cooper, G. (1960). Morphology classification and life habits of the Productoidea. *Geological Society of America, Memoir 81*, 447 p.
- Mullerried, F., Miller, A., & Furnish, W. (1941). The middle Permian of Chiapas, southernmost Mexico, and its fauna. *American Journey of Science, Vol. 239*(No. 6), p. 397-405.
- Peiffer, R., Echeverri-Pérez, A., Salas, G., & Rangin, C. (1980). Sur la présence del Ordovicien supérieur à graptolites dansle nord-ouest du Mexique. *C. R. Acad. Sci. Paris, Vol. 290*, p. 13-16.
- Pérez-Ramos, O. (1992). Permian Biostratigraphy and correlation between Southeast Arizona and Sonora. *Universidad de Sonora, Boletin del Departamento de Geología, Vol. 9*, p. 1-74.
- Pérez-Ramos, O. (2001). Bioestratigrafía del Pérmico en Sonora y consideraciones paleobiogeográficas. *Instituto de GEología, UNAM, Tesis de Doctorado*, 173 p.
- Pérez-Ramos, O., & Nestell, M. (2002). Permian Fsulínids from Cobachi, central Sonora, México. *Revista mexicana de ciencias geológicas, Vol. 19*(No. 1), p. 25-37.
- Poole, F., & Rivera, E. (1988). Consideraciones paleoambientales de depósito de las formaciones del área de Caborca, Sonora. *Revista del Instituto de Geología UNAM*(No. 7), p. 22-27.
- Poole, F., Perry, W., Madrid, R., & Amaya, R. (2005). Tectonic synthesis of the ouachita-Marathon-Sonora orogenicmargin of Sother Laurentia: Stretigraphic and structural implicantions for timing of deformational events and plate tectonic model. In Anderson (Eds). *GEological Society of America, Special Papers, 393*, 543-596 p.
- Raup, D., & Stanley, S. (1978). Principios de paleontología. 456 p.
- Riba, J., & Ketner, K. (1989). Ordovician Graptolites from the Northern Sierra de Cobachi, Sonora, México. *Trans. Royal Society Edinburgh, Earth Science, Vol. 80*, p. 71-90.

- Rivera-Carranco, E. (1988). Consideraciones Paleambientales del depósito de las Formaciones del área de Caborca, Sonora. *UNAM, Revista del Instituto de Geología*(No. 1), p. 22-27.
- Ross, C. (1986). Paleozoic evolution of southern margin of Permian basin. *Geological Society of America, Bulletin* 97, 536-554 p.
- Ross, C., & Ross, J. (1987). Late Paleozoic sea-level and depositional sequences. *Cushman Foundation for Foraminiferal Research. Special Publication*(24), 137-149 p.
- Rudwick, M. (1962). Notes on the ecology of brachiopods in New Zealand. *Transactions of the Royal Society of New Zealand, Zoology, Vol. 1*(No. 25), p. 327-335.
- Rudwick, M. (1970). Living and fossil brachiopods. *Hutchinson University Library*, 199 p.
- Sedlock, R., Ortega-Gutierrez, F., & Speed, R. (1993). Tectonostratigraphic terranes and tectonic evolution of Mexico. *Geological Society of America, Special paper*(No. 56), 153 p.
- Sorensen, T. (1957). A method of establishing groups of equal amplitude in plant sociology based on similarity of species and its application to analyses of the vegetation on Danish commons. *A method of establishing groups of equal amplitude in plant sociology based on similarity of species and its application to analyses of the vegetation on Danish commons*, p. 1-34.
- Sørensen, T. (1957). A method of establishing groups of equal amplitude in plant sociology based on similarity of species and its application to analyses of the vegetation on Danish commons. *Kongelige Danske Videnskabernes Selskab, Vol. 5*(No. 4), 1-34.
- Stevens, C. (1966). Paleocologic implications of early Permian fossil communities in eastern Nevada and western Utah. *Geological Society of America Bulletin*(No. 77), p. 1121-1130.
- Stewart, J. (1982). Regional relations of Proterozoic and lower Cambrian rocks in the western United States and Northern Mexico. In Cooper J. D.; Troxel, B. W. y Wright L. A. (eds). Guidebook Geology of selected areas in the San Bernardino Mountain, Western Mojave Desert. *Geological Society of America*, p. 171-186.
- Stewart, J., & Poole, F. (2002). Inventory of Neoproterozoic and Paleozoic Strata in Sonora, México. *USGS Open-File Report, 02-97*, 50 p.
- Stewart, J., Poole, F., Harris, A., Repetski, J., Wardlaw, B., Mamet, B., & Morales, J. (1999). Neoproterozoic (?) to Pennsylvanian inner-shelf miogeoclinal strata in Sierra Agua Verde, Sonora, México. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, Vol. 16*(No. 1), p. 35-62.
- Stewart, J., Poole, F., Ketner, K., Madrid, R., Roldan-Quintana, J., & Amaya-Martinez, R. (1990). Tectonics and stratigraphy of Paleozoic and Triassic Southern margin of north America,



- Sonora, Mexico in Gehrels, G. H., Spencer, J. E. (eds). Geological Excursions through the Sonora Desert region, Arizona and Sonora. *Arizona Geological Survey*.
- Taliaferro. (1933). An occurrence of Upper Cretaceous Sediments in Northern Sonora Mexico. *Jour. Geol.*, Vol. 41(No. 91), p. 12-37.
- Thompson, M. (1956). Rocas paleozoicas del sur de México. *Congreso Geológico Internacional*, p. 61-68.
- Thompson, M., & Miller, A. (1944). The Permian of Southernmost Mexico and its Fusulinids faunas. *Journal of Paleontology*, Vol. 18(No. 6), p. 481-504.
- Vachard, D., Vidaurre-Lemus, M., Fourcade, E., & Requena, J. (2000). New Early Permian fusulinid assemblage from Guatemala. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences - Series IIA - Earth and Planetary Science*, Vol. 331(No. 12), p. 789-796.
- Van Morkhoven, F. (1966). The concepts of paleoecology and its practical application. *GCAGS Transactions*, Vol. 16.
- Viveros, M. (1965). *Estudio geológico de la sierra de Cabullona, municipio de Agua Prieta, Estado de Sonora*. México: UNAM Facultad de Ingeniería.
- Williams, A., & Rowell, A. (1965). Classification. In R. C. Moore, ed., *Treatise on Invertebrate Paleontology. Part H, Brachiopoda. The Geological Society of America and The University of Kansas Press*, p. 214-234.
- Williams, A., Carlson, S., & Brunton, C. (2000). *Treatise in Invertebrate Paleontology. Part H. Brachiopod (Revised). Rhynchonelliformea (Part)*. . *The Geological Society of America and University of Kansas*, 919 p.