



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ÁREA CIENCIAS DE LA TIERRA

“TAXONOMÍA DE LOS EQUINODERMOS DE DOS LOCALIDADES (LA CALZADA Y PUERTO DE STA. GERTRUDIS) DE LA FORMACIÓN CÁRDENAS EN EL MUNICIPIO DE CD. DEL MAÍZ, S.L.P.”

TRABAJO RECEPCIONAL
QUE PARA
OBTENER EL GRADO INGENIERO GEÓLOGO

PRESENTA:

AARÓN ALFREDO MARÍN ÁVILA





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ÁREA CIENCIAS DE LA TIERRA

**“TAXONOMÍA DE LOS EQUINODERMOS DE DOS LOCALIDADES
(LA CALZADA Y PUERTO DE STA. GERTRUDIS) DE LA
FORMACIÓN CÁRDENAS EN EL MUNICIPIO DE CD. DEL MAÍZ,
S.L.P.”**

TRABAJO RECEPCIONAL
QUE PARA
OBTENER EL GRADO INGENIERO GEÓLOGO

PRESENTA:

AARÓN ALFREDO MARÍN ÁVILA





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
DE SAN LUIS POTOSÍ

15 de diciembre de 2011

AL PASANTE AARON ALFREDO MARIN AVILA
P R E S E N T E.-

En atención a su solicitud de autorización de Temario, presentada por el Ing. Guillermo Alvarado Valdez, Asesor del Trabajo Recepcional que desarrollará usted, con el objeto de sustentar su Examen Profesional en la Licenciatura de Ingeniero Geólogo. Me es grato comunicarle que en la Sesión de Consejo Técnico Consultivo celebrada el día 15 de diciembre del presente año, fue aprobado el Temario propuesto:

TEMARIO:

"TAXONOMIA DE LOS EQUINODERMOS DE DOS LOCALIDADES (LA CALZADA Y PUERTO DE STA. GERTRUDIS) DE LA FORMACIÓN CÁRDENAS EN EL MUNICIPIO DE CD. DEL MAÍZ, S.L.P."

INTRODUCCIÓN.

- I. GENERALIDADES GEOLÓGICAS DEL ÁREA DE ESTUDIOS LA CALZADA Y PUERTO DE SANTA GERTRUDIS, MUNICIPIO DE CIUDAD DEL MAÍZ.
- II. CARACTERÍSTICAS TAXONOMICAS DE LOS EQUINODERMOS.
- III. EQUINODERMOS DE LAS LOCALIDADES LA CALZADA Y PUERTO DE STA. GERTRUDIS.
- IV. RESULTADOS.

BIBLIOGRAFÍA.

Ruego a Usted tomar debida nota de que en cumplimiento con lo especificado por la Ley de Profesiones, debe presentar Constancia de Servicio Social como requisito indispensable para sustentar su Examen Profesional.

"MODOS ET CUNCTARUM RERUM MENSURAS AUDEBO"

A T E N T A M E N T E

ING. ARMANDO VIRAMONTES ALDANA
DIRECTOR

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
DE SAN LUIS POTOSÍ
FACULTAD DE INGENIERÍA
DIRECCIÓN



**FACULTAD
DE INGENIERÍA**

Av. Manuel Nava 8
Zona Universitaria - CP 78290
San Luis Potosí, S.L.P.
tel. (444) 826 2330 al39
fax (444) 826 2336
www.uaslp.mx

"2011, Bicentenario del Natalicio del Lic. Ponciano Arriaga Leija, Padre de la Constitución de 1857"



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
DE SAN LUIS POTOSÍ

15 de diciembre de 2011

AL PASANTE AARON ALFREDO MARIN AVILA
P R E S E N T E . -

En atención a su solicitud de autorización de Temario, presentada por el Ing. Guillermo Alvarado Valdez, Asesor del Trabajo Recepcional que desarrollará usted, con el objeto de sustentar su Examen Profesional en la Licenciatura de Ingeniero Geólogo. Me es grato comunicarle que en la Sesión de Consejo Técnico Consultivo celebrada el día 15 de diciembre del presente año, fue aprobado el Temario propuesto:

TEMARIO:

"TAXONOMIA DE LOS EQUINODERMOS DE DOS LOCALIDADES (LA CALZADA Y PUERTO DE STA. GERTRUDIS) DE LA FORMACIÓN CÁRDENAS EN EL MUNICIPIO DE CD. DEL MAÍZ, S.L.P."

INTRODUCCIÓN.

- I. GENERALIDADES GEOLÓGICAS DEL ÁREA DE ESTUDIOS LA CALZADA Y PUERTO DE SANTA GERTRUDIS, MUNICIPIO DE CIUDAD DEL MAÍZ.
 - II. CARACTERÍSTICAS TAXONOMICAS DE LOS EQUINODERMOS.
 - III. EQUINODERMOS DE LAS LOCALIDADES LA CALZADA Y PUERTO DE STA. GERTRUDIS.
 - IV. RESULTADOS.
- BIBLIOGRAFÍA.

Ruego a Usted tomar debida nota de que en cumplimiento con lo especificado por la Ley de Profesiones, debe presentar Constancia de Servicio Social como requisito indispensable para sustentar su Examen Profesional.

"MODOS ET CUNCTARUM RERUM MENSURAS AUDEBO"

A T E N T A M E N T E

ING. ARMANDO VIRAMONTES ALDANA
DIRECTOR

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
DE SAN LUIS POTOSÍ
FACULTAD DE INGENIERÍA
DIRECCION



FACULTAD
DE INGENIERÍA

Av. Manuel Nava 8
Zona Universitaria - CP 78290
San Luis Potosí, S.L.P.
tel. (444) 826 2330 al39
fax (444) 826 2336
www.uaslp.mx

AGRADECIMIENTOS

A mis padres, Alfredo Marín Gonzales y María de los Ángeles Ávila por su apoyo incondicional, por su paciencia y sobretodo por ser mis padres y creer en mí, sólo quiero recordarles que cada instante valió la pena, toda mi vida les estaré agradecido.

A mis hermanas Coral Alicia Marín y Rosa Mariana Marín que estuvieron cerca de mí cuando más las necesité, por su cariño, ustedes y mis padres fueron mi inspiración y mi fuerza cuando estuve lejos en mis prácticas profesionales.

Agradezco al Ing. Guillermo Alvarado Valdéz, al M.C. Cesio Menahén Flores Castillo, a la maestra Arlene Navarro Moctezuma, al Ing. Miguel Mayer Tanguma, al Ing. Pánfilo R. Martínez Macías, al Ing. Javier Orozco Villaseñor y a todos los maestros del área Ciencias de la Tierra en general por su apoyo, paciencia e infinito apoyo que me brindaron durante toda mi carrera.

A mis amigos, Kalid, Bisbal, Fifti, Vitales, Soto, Holm, Aviña, Eli, Hulk, Perla, Jurado, Pinki, Ericso, Insano, Javo, Masita, Termi, Pocos Ksos, etc. por hacer de la carrera algo agradable e inolvidable.

A Dios por cumplirme este sueño que alguna vez soñé y hoy realice, por darme tanta fuerza cuando más me sentía débil, solo, sin esperanza y cuando sentí tan fría y sin sentido esta vida.

NUNCA SE ME MUERAN.

CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN	1
INTRODUCCIÓN	2
Justificación.....	2
Objetivos.....	2
Trabajos previos.....	2
Metodología.....	3
CAPÍTULO 1.- GENERALIDADES GEOLÓGICAS DEL ÁREA DE ESTUDIO, LA CALZADA Y PUERTO DE SANTA GERTRUDIS, MUNICIPIO DE CIUDAD DEL MAÍZ	6
1.1.- Localización.....	6
1.2.- Vías de acceso.....	7
1.3.- Fisiografía y geomorfología.....	8
1.4.- Clima y vegetación.....	8
1.5.- Marco geológico.....	9
1.5.1.- Geología regional del área de la Calzada y Puerto de Santa Gertrudis, municipio de Ciudad del Maíz, S.L.P.....	9
1.5.2.- Geología estructural.....	12
1.5.3.- Estratigrafía regional.....	13
1.5.4.- Estratigrafía local de la Calzada, municipio de Ciudad del Maíz.....	23
1.5.5.- Estratigrafía local del Puerto de Santa Gertrudis, municipio de Ciudad del Maíz.....	24
CAPÍTULO 2.- CARACTERÍSTICAS TAXONÓMICAS DE LOS EQUINODERMOS.	25
2.1.- Generalidades de los equinodermos (Phylum Echinodermata).....	25
2.2.- Características generales y evolución.....	34
2.3.- Ecología y paleoecología.....	35
CAPÍTULO 3.- EQUINODERMOS DE LAS LOCALIDADES LA CALZADA Y PUERTO DE SANTA GERTRUDIS	38
3.1.- Sistemática.....	38
CAPÍTULO 4.- RESULTADOS	48
4.1.- Conclusiones.....	48
BIBLIOGRAFÍA	49

ÍNDICE DE FIGURAS, FOTOGRAFÍAS y LÁMINAS

Fotos.

1.- Levantamiento geológico y paleontológico del área Puerto de Santa Gertrudis, municipio de Ciudad del Maíz, S.L.P.....	4
2.- Identificación y clasificación a detalle de los fósiles encontrados en las localidades de estudio.....	4
3.- Identificación y clasificación taxonómica.....	5

Figuras.

1.- Mapa de ubicación de la zona de estudio La Calzada y Puerto de Santa Gertrudis, municipio de Ciudad del Maíz, S.L.P.....	6
2.- Vías de acceso de la zona de estudio.....	7
3.- Mapa fisiográfico del área de estudio.....	8
4.- Marco geológico y ubicación del área La Calzada y Puerto de Santa Gertrudis, en la Provincia Geológica Plataforma Valles-San Luis Potosí.....	9
5.- Marco geológico del área de estudio, La Calzada y Puerto de Santa Gertrudis, municipio de Ciudad del Maíz, SLP.....	11
6.- Geología estructural del área de estudio.....	12
7.- Columna estratigráfica regional de las localidades La Calzada y Puerto de Santa Gertrudis, municipio de Ciudad del Maíz, S.L.P.....	13
8.- Columna estratigráfica de la localidad La Calzada, municipio de Ciudad del Maíz, S.L.P.....	23
9.- Columna estratigráfica de la localidad de Puerto de Santa Gertrudis, municipio de Ciudad del Maíz, SLP.....	24
10.- Vista lateral del dermatoesqueleto de un erizo de mar de forma globosa.....	25
11.- Sección transversal de un erizo de mar que expone la parte oral y aboral.....	26
12.- Simetría pentameral de un equinodermo, erizo de mar.....	26
13.- Orientación de los equinoideos para un organismo abierto.....	27
14.- Determinación de la orientación de un equinoideo con base en la posición del madreporito (M).....	27
15.- Morfología externa para las placas ambulacrales de un equinodermo regular..	28
16.- Morfología de los equinodermos regulares para el área oral.....	28
17.- Morfología de los equinodermos regulares para el área aboral.....	29
18.- Estructura morfológica para la púa de un erizo de mar situada sobre un mamelón.....	29

19.- Distribución geológica estimada para los diferentes grupos de Equinodermos.	31
20.- Morfología de los equinoideos irregulares en vista oral y aboral.....	32
21.- Fragmento aboral de un equinodermo que expone el sistema periproctal y las placas que lo rodean.....	33
22.- Sistema peristomal de un equinodermo.....	34
23.- Anatomía interna de un erizo de mar regular (Abarcia), expuesto en su vista lateral donde se aprecia la disposición del sistema de tubos y canales.....	35
24.- Representación de la distribución ecológica y paleoecológica para algunos equinodermos (crinoides) respecto de otra biota fósil.....	36
25.- Representación esquemática del tipo de vida para algunos equinoideos limícolas (infaunales profundos), herbívoros o carnívoros (epifaunales) y superficiales.....	37

Láminas.

01.- Ejemplar 334.....	39
02.- Ejemplar 402.....	41
03.- Ejemplar 0090.....	43
04.- Ejemplar 008.....	45
05.- Ejemplar 347.....	47

RESUMEN

La región en donde se localiza el área de estudio La Calzada y Puerto de Santa Gertrudis, pertenecientes al municipio de Ciudad del Maíz, se encuentran ubicadas dentro de la provincia geológica de la Plataforma Valles – San Luis Potosí; ésta última originada por una transgresión marina que inicia en el Jurásico Tardío (Kimmeridgiano) y se prolonga hasta finales del Cretácico (Maastrichtiano). Se caracteriza por una secuencia de evaporitas del Cretácico Temprano que corresponden a la Formación Guaxcamá y un banco arrecifal con un desarrollo progresivo del Albiano al Maastrichtiano, representado por las formaciones Tamasopo y Cárdenas.

Sobre esta última y para la elaboración del presente trabajo, se hizo un caminamiento en la zona de estudio, perteneciente a las localidades La Calzada y Puerto de Santa Gertrudis, municipio de Ciudad del Maíz, donde se recolectó material fósil en dos perfiles de campo, del que se hizo una clasificación e identificación de especies, encontrando un total de 21 ejemplares clasificados en cinco géneros; y de los cuales, debido al grado de intemperismo sólo se describen aquellos en los que sus características morfológicas distintivas son las apropiadas para su catalogación.

INTRODUCCIÓN

Justificación.

Los equinodermos son conocidos como erizos de mar, aparecen en el Ordovícico, durante el Paleozoico son escasos, y en el Mesozoico se vuelven muy abundantes y diversificados, alcanzan su máximo desarrollo durante el Terciario. De estos existen 500 especies vivientes y 2,500 especies fósiles (Buitrón, *et al.* 1968); son importantes geológicamente, porque tanto géneros como especies tienen una estrecha adaptación al medio y un alcance estratigráfico muy corto, que los hace excelentes fósiles índice. Su estudio taxonómico es complicado, ya que la estructura de la testa está constituida por muchos elementos que presentan gran variabilidad, forman parte importante de la fauna fósil, tanto del Mesozoico como del Cenozoico, para México hasta la fecha han sido estudiados en diferentes localidades; dentro de ellas, la localidad tipo de la Formación Cárdenas. Este estudio permitirá establecer una distribución regional más amplia para esta clase a nivel regional.

Objetivos.

Recolección de equinodermos fósiles y elaboración de un documento que contenga su descripción morfológica detallada, clasificación e identificación de especies encontradas en las localidades de La Calzada y Puerto de Santa Gertrudis, correspondientes a la Formación Cárdenas, ambas en el municipio de Ciudad del Maíz, S. L.P.

Trabajos previos.

Böse en 1906 (p. 15, 16 y 17) mencionó haber encontrado equinodermos, en algunos horizontes de la Formación Cárdenas (Cenomaniano), a lo largo de los afloramientos a ambos lados de las vías del tren entre San Luis Potosí y Tampico; este material no fue descrito. Después, Stanton (1918, p.606) en Böse (1906), sólo menciona de la misma manera esta ocurrencia, en dichas capas.

Buitron (1968), publica el artículo titulado "Catálogo de Equinoides Fósiles de México", Revista de Paleontología Mexicana, No. 26, donde muestra que los

Equinoides fósiles tienen una amplia distribución geográfica en México y están presentes en horizontes variados.

_ _ _ (1970), publica el artículo titulado "Equinoides del Cretácico Inferior de la región de San Juan Rayala-Zapotitlán, estado de Puebla, Revista Paleontológica Mexicana, No. 30, este comprende un estudio taxonómico de catorce especies de equinoides, de las que diez son regulares y cuatro irregulares.

_ _ _ (1971), publica el artículo titulado "Equinoides del Cretácico de Norte de México", Revista de Paleontología Mexicana, No. 31, donde describe una serie de equinoideos correlacionables con los encontrados en las localidades de la Formación Cárdenas.

_ _ _ (1974), publica el artículo titulado "Algunos equinoides (Echinoidea) del Oligoceno de Chiapas", Revista Paleontológica Mexicana, número No. 39, donde describen seis especies de equinoides de la familia conulidae (Echinodermata-Echinoidea) del Cretácico Tardío de Ocozocuaula, Chiapas.

Myers (1968), publica "Biostratigraphy of the Cárdenas Formation (Upper Cretaceous) San Luis Potosí, México"; en donde hace una descripción muy breve de sólo 6 especies de equinodermos asignándoles una edad del Maastrichtiano: ? *Epistreptophyllum sp.*, *Trochoseris sp.*, *Synastrea sp.*, *Leptoria sp.*, *Cladocora sp.*, y ? *Lithostrantonoides sp.* Este es hasta la fecha uno de los reportes más importantes.

Metodología.

La metodología consistió de 5 etapas, las cuales se describen a continuación:

1°.- Recopilación de información. En la primera etapa, basados en estudios paleontológicos se recopiló toda la información bibliográfica existente principalmente de la Formación Cárdenas.

2°.- Trabajo de campo. Se realizó el caminamiento y reconocimiento de la Formación Cárdenas en el área de estudio, así como la medición de la columna

estratigráfica y la recolección de las diferentes especies que afloran en ambas localidades (Fotografía 1).



Fotografía 1.- Levantamiento geológico y paleontológico del área del Puerto Santa Gertrudis, municipio de Ciudad del Maíz, S.L.P.

3°.- Trabajo de gabinete. En esta etapa se hizo la limpieza del material fósil, mediante diferentes técnicas, entre las cuales se utilizaron de manera directa agua, ácido clorhídrico diluido al 10% y la herramienta mototool (DREMEL) con sus respectivos y necesarios accesorios para la limpieza adecuada (puntas de diamante o carburo de tungsteno), al final de la limpieza se aplicó una capa de laca para protección del fósil y así proceder con la sesión fotográfica y análisis microscópico (Fotografía 2).



Fotografía 2.- Identificación y clasificación a detalle de los fósiles encontrados en las localidades de estudio.

4°.- Identificación, clasificación y etiquetado (taxonomía). En esta etapa se procedió a identificar, clasificar por géneros y etiquetar el material paleontológico recolectado, asignándole un número a cada ejemplar, seguido de las iniciales AAMA 001 y sus consecutivos (Aarón Alfredo Marín Ávila), ver fotografía 3.

5°.- Descripción (SISTEMÁTICA). Para esta etapa se hizo la descripción de cada ejemplar o grupo de ejemplares de la misma especie. Este trabajo fue realizado en base a las características morfológicas externas de cada especie, tomando como referencia la sistemática de los tratados y enciclopedia en Moore *et al.*, 1952.



Fotografía 3.- Identificación y clasificación taxonómica.

CAPÍTULO 1. GENERALIDADES GEOLÓGICAS DEL ÁREA DE ESTUDIO, LA CALZADA Y PUERTO DE SANTA GERTRUDIS, MUNICIPIO DE CIUDAD DEL MAÍZ.

1.1.- Localización.

El área de estudio se localiza en la parte centro-oriental del estado de San Luis Potosí, las coordenadas geográficas que limitan el área en cuestión, son los paralelos $22^{\circ} 40' 53''$ y $22^{\circ} 43' 35''$ de latitud norte y los meridianos $101^{\circ} 05' 37''$ y $101^{\circ} 08' 32''$ de longitud oeste (Figura 1). Geográficamente se encuentra dentro de la hoja F14A-78 (Ciudad del Maíz), escala 1: 250, 000 editada por el INEGI.

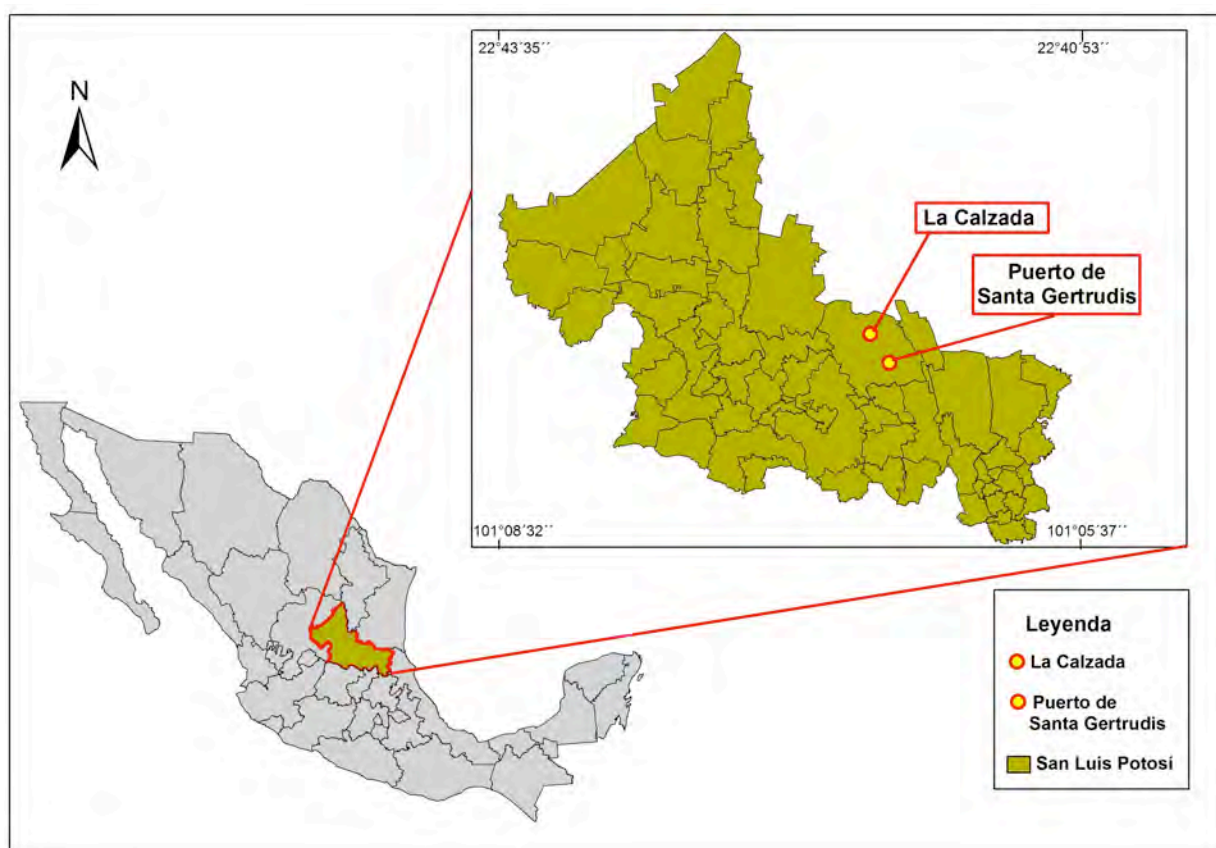


Figura 1.- Mapa de ubicación de la zona de estudio La Calzada y Puerto de Santa Gertrudis, municipio de Ciudad del Maíz, S.L.P.

1.2.- Vías de acceso.

Partiendo de la Ciudad de San Luis Potosí se toma la carretera federal 80, con rumbo a la ciudad de Matehuala – Laredo, y en el cruce denominado Huizache, se toma la carretera que va hacia Mante, Tamaulipas. En el kilómetro 132 se pasa por el poblado de La Calzada, donde se ubica la primera localidad fosilífera. Siguiendo la misma ruta hasta el poblado de Ciudad del Maíz, se toma la carretera estatal que va a la ciudad del Cárdenas San Luis Potosí, y en el kilómetro 13, se ubica la segunda localidad fosilífera conocida como Puerto de Santa Gertrudis (Figura 2).

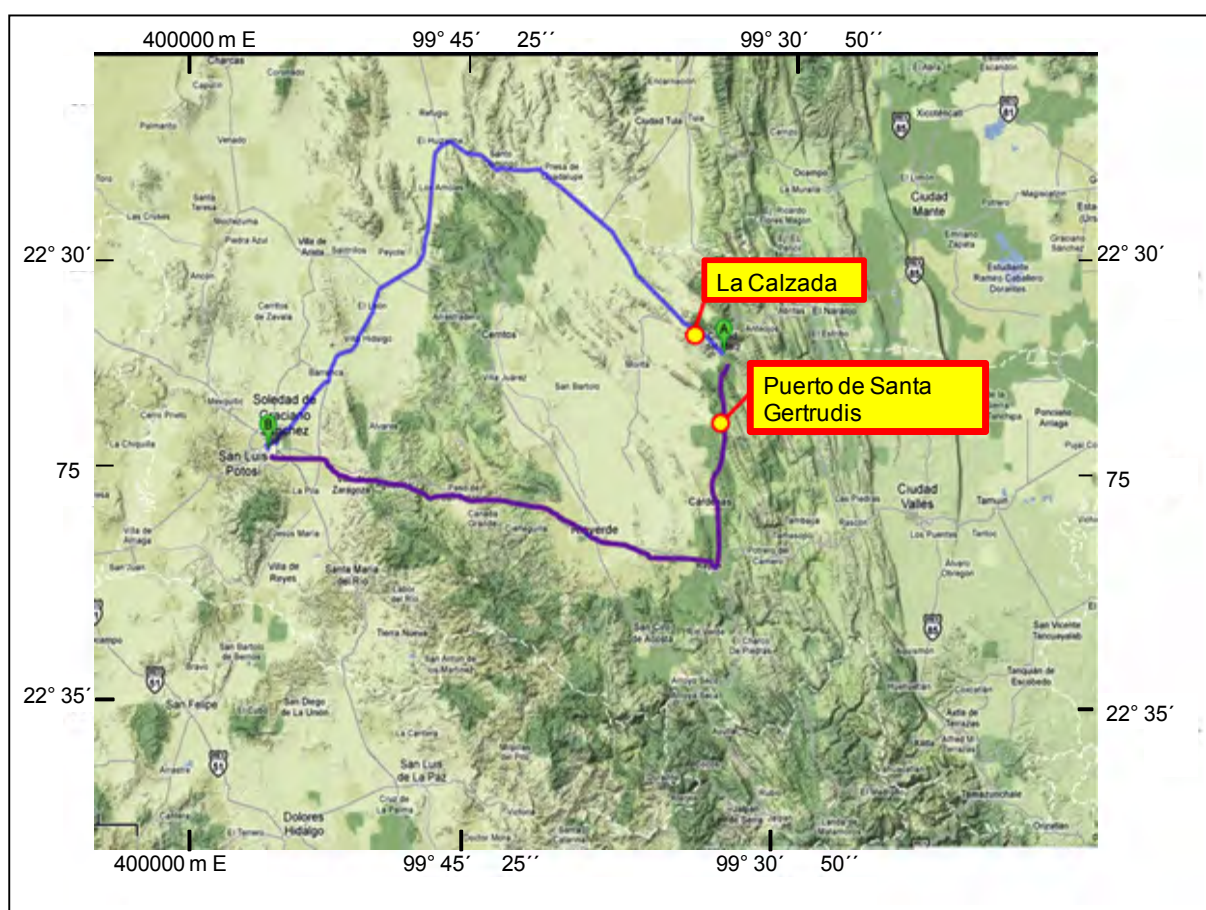


Figura 2.- Vías de acceso de la zona de estudio, modificado de www.google.map, por Marín-Ávila (2012).

1.3.- Fisiografía y geomorfología.

El área de estudio se encuentra situada en la Provincia Fisiográfica de la Sierra Madre Oriental (Figura 3), en los límites entre la Subprovincia de Sierras Altas y la Cuenca hidrográfica del Río Verde, comprendida también dentro de esta provincia. Sus elevaciones varían entre los 1200 m hasta los 1500 m en las partes altas.

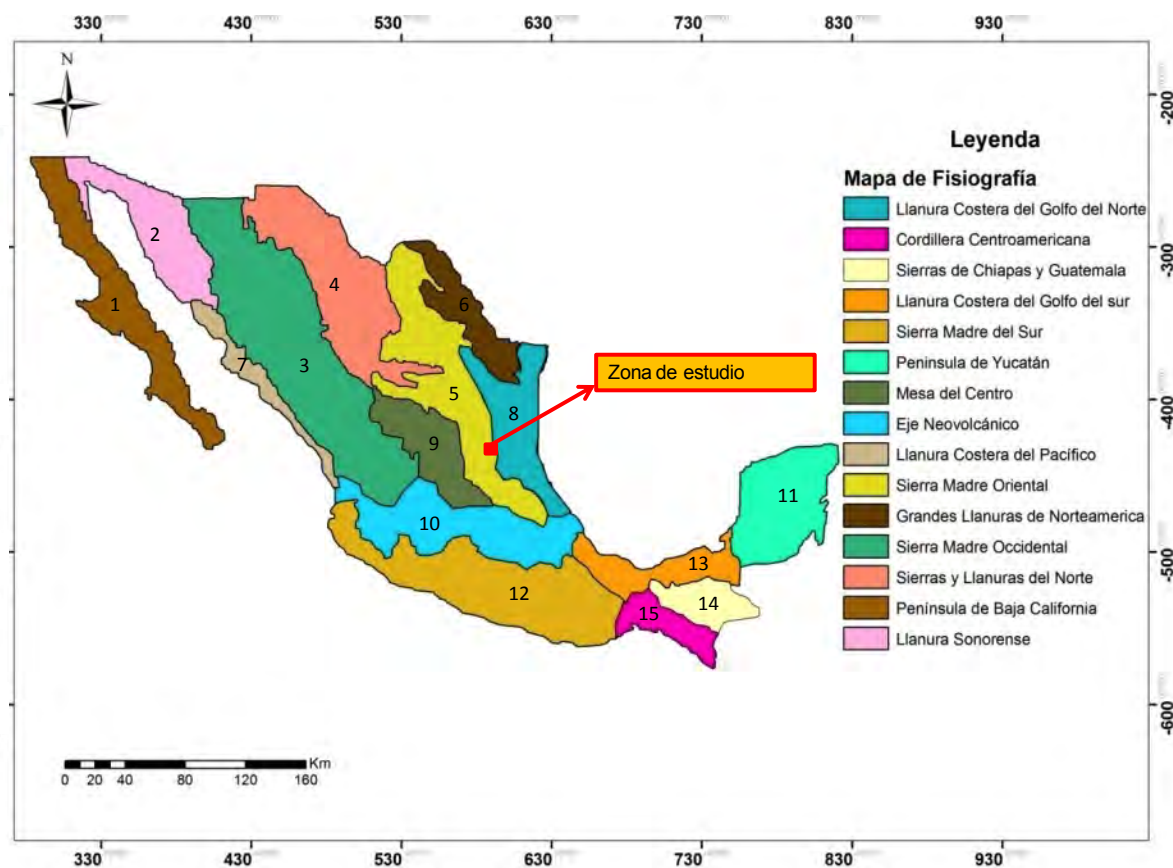


Figura 3.- Mapa fisiográfico del área de estudio. Modificado de www.google.map, por Marín-Ávila, (2012).

1.4.- Clima y vegetación.

En el área de estudio predomina el clima tipo semi-seco, con una temperatura media anual de entre 18° y 25° C, y una precipitación media anual de 410 a 500 mm; con lluvias principalmente en verano y muy escasas en el resto del año. Hacia el oriente de esta misma área predomina el clima cálido, que se caracteriza por abundantes lluvias en verano, con una precipitación pluvial de 600 a 1000 mm y temperatura media anual de 22° C.

1.5.- Marco geológico.

1.5.1.- Geología Regional del área de La Calzada y Puerto de Santa Gertrudis, municipio Ciudad del Maíz, S.L.P.

Paleogeográficamente y de acuerdo con Carrillo - Bravo (1971), la región en donde se localiza el área de estudio, se ubica dentro de la Provincia Geológica de la Plataforma Valles - San Luis Potosí (PVSLP), originada por una transgresión marina que inicia en el Jurásico Tardío (Kimmeridgiano) que se prolonga hasta fines del Cretácico (Maastrichtiano), Figura 4. Se caracteriza por una secuencia de evaporitas del Cretácico Temprano, que corresponden a la Formación Guaxcamá y un banco arrecifal con desarrollo progresivo del Albiano al Maastrichtiano, representado por las formaciones El Abra, Tamasopo y Cárdenas. La Formación Cárdenas inicia su desarrollo en el Jurásico Tardío, como parte de la PVSLP, es una estructura paleozoica, plegada y fallada, que fue cubierta por diferentes tipos de sedimentos, debido a transgresiones y subsidencias a las que fue sometido dicho elemento, a finales del Cretácico (Carrillo–Bravo, 1971).

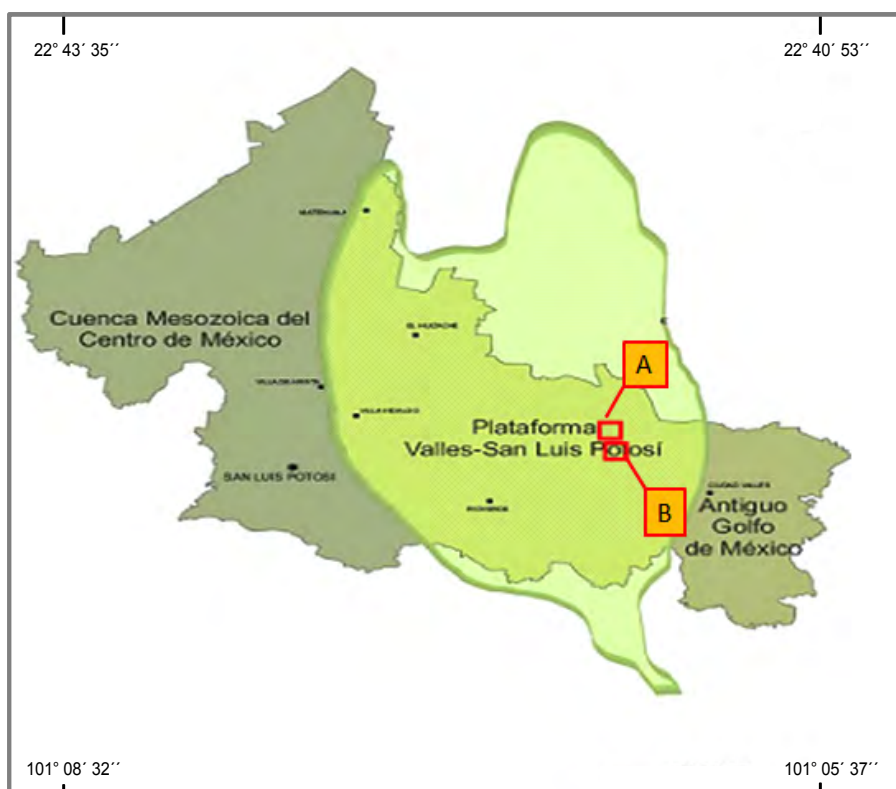


Figura 4.- Marco geológico y ubicación del área La Calzada (A) y Puerto de Santa Gertrudis (B), en la Provincia Geológica Plataforma Valles–San Luis Potosí . Tomado de INEGI 2002 y modificado por Marín-Ávila (2012).

La Plataforma Valles - San Luis Potosí se compone estructuralmente de una serie de anticlinales y sinclinales originados por la Orogenia Laramide, con orientación preferencial NW (Figura 5).

Tectónicamente la localidad se encuentra ubicada al oeste un sinclinal asimétrico en el poblado denominado La Calzada, municipio de Ciudad del Maíz, formado por rocas sedimentarias del Cretácico Tardío, la parte oriente del sinclinal se encuentra hacia el flanco poniente de la Sierra Madre Oriental, que consiste de calizas del Cretácico Medio, perteneciente a la Formación Tamasopo. Al oeste de Cárdenas se encuentran cerros bajos o lomeríos formados por anticlinales y separados por pequeños valles rellenos de aluvión. En esta área la Formación Cárdenas descansa concordantemente y en ocasiones discordantemente con la Formación Tamasopo. La cima de la Formación Cárdenas generalmente está erosionada, con frecuencia se halla cubierta discordantemente por material aluvial.

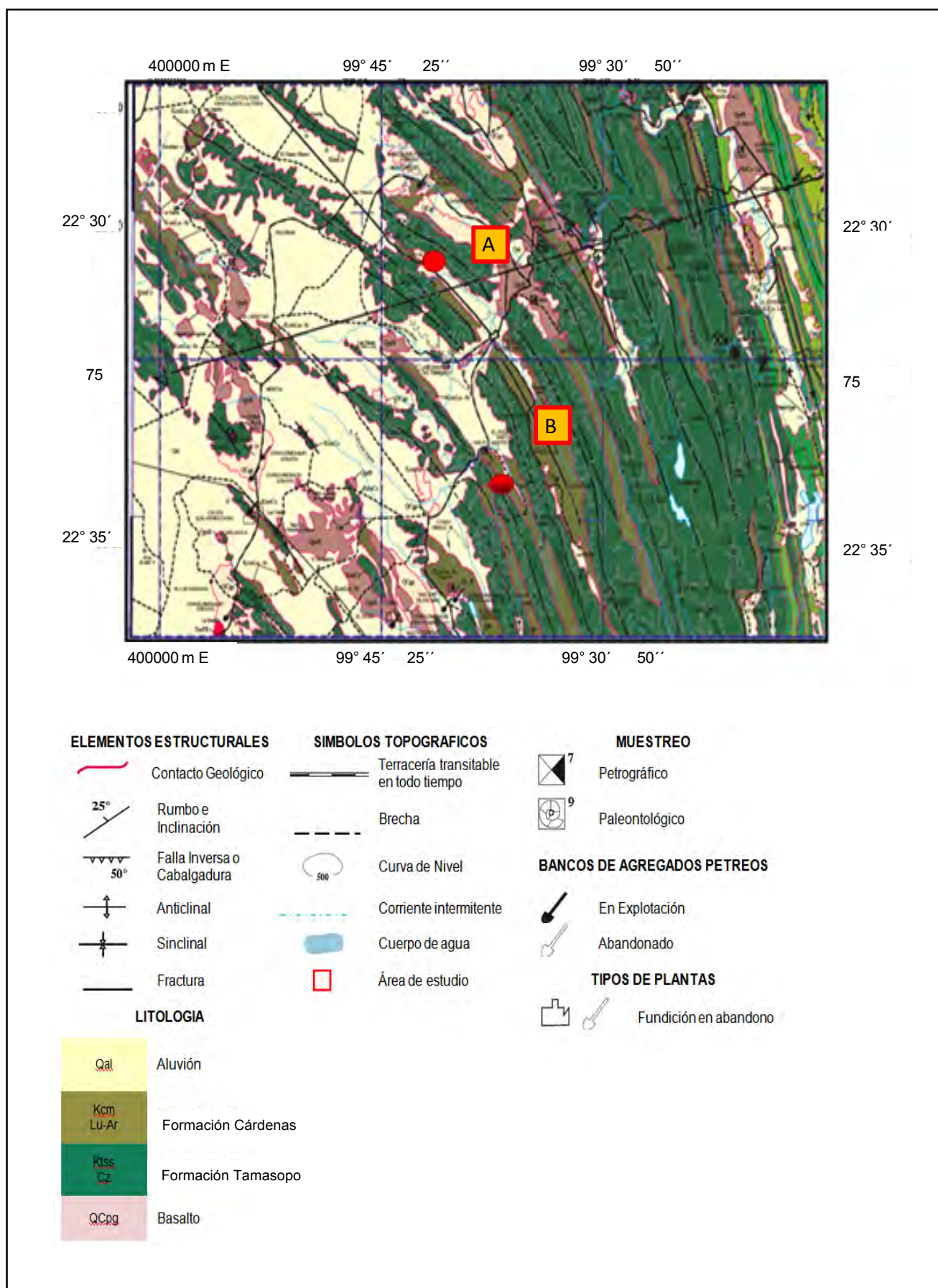


Figura.5.- Marco geológico del área de estudio, La Calzada (A) y Puerto de Santa Gertrudis (B), municipio de Ciudad del Maíz, SLP. Modificado de SGM por Marín-Ávila (2012).

1.5.2.-Geología Estructural.

El Área de estudio está conformada por un sistema de pliegues, los cuales corresponden a la Subprovincia Gran Sierra Plegada que a su vez corresponde a la Provincia de la Sierra Madre Oriental, (Figura 6). De manera general los pliegues de la SMO presentan un rumbo de 20° NW-SE y se extiende desde el sur del Río Bravo hasta unirse con el Eje Neovolcánico, con una longitud aproximada de 1350 Km, se encuentra limitada por las Provincias; Llanura Costera del Golfo Norte al Este, y Mesa del Centro al Oeste. En el Área de estudio los pliegues presentan un rumbo diferente, 50° NW-SE, ubicados en el flanco poniente de la subprovincia Gran Sierra Plegada. La divergencia entre un rumbo y otro, es debido a los esfuerzos que deformaron la SMO, dando origen al Arco de Monterrey. Localmente en el área del presente estudio, estos esfuerzos ocasionaron la formación de pequeños sistemas de estrabaciones de la SMO, con collados muy notables ubicados en Puerto de Santa Gertrudis.

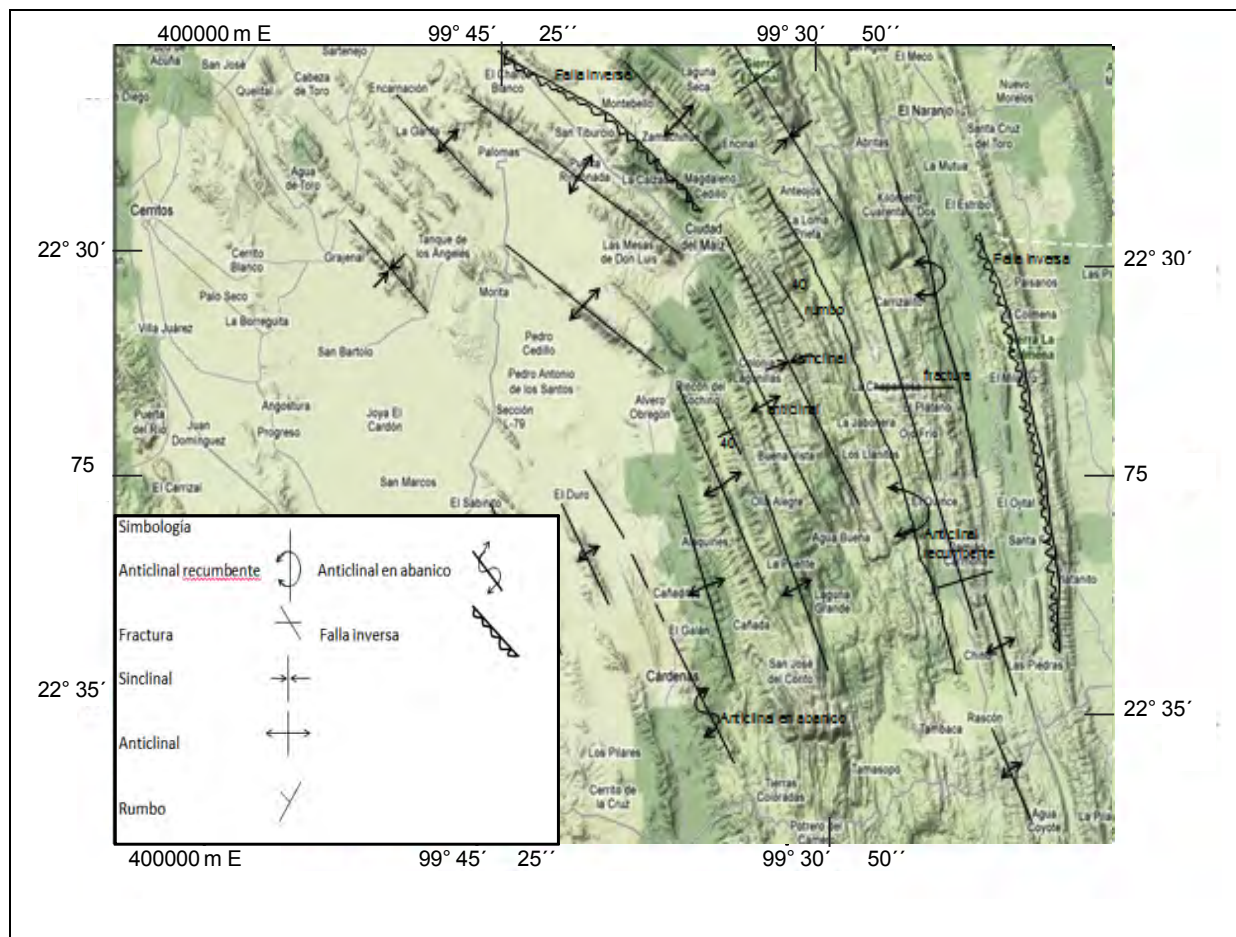


Figura. 6.- Geología estructural del área de estudio. Modificado de www.google.map, por Marín-Ávila (2012).

1.5.3.-Estratigrafía regional.

La secuencia estratigráfica que aflora en el área de estudio está conformada por las formaciones Tamasopo y Cárdenas (Figura 7).

ERA	PERIODO	EPOCA	Litología	Área de estudios la calzada	Ma	
CENOZOICO	TERCIARIO	HOLOCENO		qc / qc		
		PLEISTOCENO			1.68	
	PALEOGENO	PLIOCENO				4.1
		MIOCENO				23.7
		OLIGOCENO				37.0
		EOCENO				55.0
		PALEOCENO				66.4
						66.4
	MESOZOICO	CRETACICO SUPERIOR	Maastrichtiano		Formación Cárdenas (K Lu-Ar)	83.0
			Campaniano			
			Santoniano		Formación Tamasopo (K sCz)	89.0
			Coniaciano			

Figura. 7.- Columna estratigrafía regional de las localidades La Calzada y Puerto de Santa Gertrudis, municipio de Ciudad del Maíz, S.L.P.

**Caliza Tamasopo.
Cretácico Tardío (Turoniano-Santoniano).**

Localidad tipo: Muir (1936) hace referencia a una localidad ubicada en el Cañón Tamasopo, entre las estaciones las Canoas y Tamasopo, San Luis Potosí, sobre las vías del ferrocarril San Luis Potosí; sin embargo, nunca se ha propuesto formalmente una localidad tipo.

Por otro lado Carrillo Bravo (1971) menciona que se puede considerar como localidad tipo a los afloramientos que se encuentran al Este-Noreste de Canoas, San Luis Potosí, sobre la vía del ferrocarril San Luis Potosí-Tampico.

Así como secciones típicas adicionales, la sección expuesta en el Rancho Potrero del Carnero, en el km 204 de la carretera San Luis Potosí-Valles y la sección que se encuentra aflorando en las cercanías de la Labor, sobre la vía del ferrocarril San Luis Potosí - Tampico.

Descripción Litológica.- Bose (1906) fue el primero en mencionar a las rocas que afloran en el Cañón de Tamasopo, sobre la vía del ferrocarril San Luis Potosí - Tampico; en su trabajo se refirió a estas rocas como calizas de la cañada de Tamasopo y consideró que representaban una edad de Turoniano, Emscheriano (Coniaciano) y Senoniano (Santoniano, Campaniano, Maastrichtiano). Posteriormente Belt (1925), utilizó el nombre Caliza Tamasopo para las rocas de edad Cretácico, en alusión al pueblo Tamasopo, San Luis Potosí y fue usado como horizonte productor de hidrocarburo en el distrito Tampico.

Muir (1936) describe a esta unidad como parte de la facies arrecifal de la Formación San Felipe y menciona que se utilizó erróneamente el nombre de Caliza Tamasopo en la zona petrolera de Tampico, ya que se maneja como sinónimo de las formaciones el Abra y Tamaulipas. Entre las unidades el Abra y Tamasopo existe una diferencia de color en las rocas, la variedad de color crema intenso, sin miliolas es difícil distinguirla en la Caliza Tamasopo y recomienda un estudio detallado de microfauna que permita diferenciar ambas unidades. Carrillo-Bravo (1971), utilizó el nombre Formación Tamasopo para la caliza de grano fino, caliza arcillosa granular, caliza bioclástica y caliza arrecifal de color crema que afloran en el área de

Tamasopo y sobre gran parte de la Plataforma Valles-San Luis Potosí; sin embargo, no argumenta el cambio de término caliza por el de formación. Santamaría-Orozco *et al.* (1990), menciona dos miembros para la Caliza Tamasopo: miembro inferior (calcáreo-arcilloso) y miembro superior (calcáreo). Finalmente Basáñez-Loyola *et al.* (1993), también maneja a esta unidad como dos miembros, miembro inferior (Turoniano) y miembro superior (Coniaciano-Santoniano).

En una de las primeras descripciones realizada por Baker (1924, en Muir, 1936), menciona que la caliza Tamasopo es de color café claro e intemperizada, adquiere un color blanquecino, es de grano muy fino, densa y quebradiza; el pedernal está casi ausente, pero localmente ocurre en forma de nódulos irregulares. Belt (1925) la describe como una caliza masiva, de color gris a blanco con presencia de abundantes foraminíferos y rudistas. Palmer (1927) la describe como caliza masiva de color azul grisácea que contiene algunos nódulos de pedernal, los cuales son de tamaño de 5 a 20 cm de forma oval y algunos irregularmente elongados, menciona que el origen del pedernal no es claro pero se atribuye a la segregación de espículas de esponjas y que su presencia la considera como una característica de la parte superior de la Formación Tamasopo. Carrillo-Bravo (1971) menciona que ésta unidad se encuentra integrada por dos facies: una arrecifal y la otra post-arrecifal; la facies arrecifal, en la Sierra Madre Oriental, está constituida por una serie de biostromas y pequeños biohermas de caprínidos, radiolítidos, gasterópodos, corales y algas, en una matriz calcilutítica con bioclastos, arcillo-calcárea, de colores gris crema y pardo claro en capas gruesas y masivas; la facies post-arrecifal consiste de calcarenita y calcarenita biógena, con abundantes fragmentos de macrofauna, ocasionalmente arcillas, de color gris y pardo claro, en capas de espesor medio y grueso, también se observa calcilutita ligeramente arcillosa con marcas fucoidales y caliza oolítica de color gris claro y azulado, la estratificación es delgada a media y fractura nodular; alternando con estas rocas se observan capas delgadas a medianas de lutita calcárea de color amarillo claro, gris claro y café grisáceo.

Santamaría-Orozco *et al.* (1990) describe al miembro inferior como calcáreo-arcilloso, caracterizado por una secuencia de caliza (*mudstone* y *wackestone*) con microfauna planctónica y bentónica en estratos delgados a medianos de color café

grisáceo a café claro y crema, los cuales llegan a presentar caliza arcillosa y horizontes arcillosos en delgadas láminas.

El miembro superior es calcáreo, mucho más potente en espesor y está constituido por caliza (*wackestone*, *packstone* y *grainstone*) con microfósiles, peletoides y fragmentos biógenos (moluscos y corales), los estratos varían de delgados a gruesos y en ocasiones masivos de color gris, café grisáceo y crema.

Espesores: Belt (1925) menciona un espesor aproximado de 2000 pies en una sección cercana a la localidad tipo. En el estado de San Luis Potosí, el espesor registrado es muy variable, en el área de Tamasopo-Tanlacú, varía de 60 a 160 m; en el área de San Nicolás-La Concha, varía de 150 a 500 m; en el área de Río Verde es de 60 a 100 m y en la región de Tula-Albercas-Presa de Guadalupe, el espesor promedio es de 200 m (Carrillo-Bravo, 1971).

Distribución: Palmer (1927) manejaba la idea de que esta unidad tiene una amplia extensión, apareciendo en los estados de Colima, Jalisco, Oaxaca, Guerrero, Morelos, Veracruz, Puebla, estado de México, Hidalgo, Querétaro, San Luis Potosí, Tamaulipas y Nuevo León. Carrillo-Bravo (1971) menciona que esta unidad se depositó sobre la porción central de la Plataforma Valles-San Luis Potosí y que algunos de los afloramientos se encuentran en la Sierra Madre Oriental y en la margen oriental del Altiplano Mexicano; además ha sido cartografiada en las áreas de Tamasopo-Tanlacú, San Nicolás-La Concha, Río Verde-Guaxcamá, Arista-El Huizache, San Luis Potosí y Ocampo-Tula-Palmillas, Tamaulipas. Santamaría-Orozco *et al.* (1990) menciona que dentro del estado de San Luis Potosí, ésta unidad aflora en el Anticlinorio La Pastoriza, en la Sierra El Azul, al noreste del poblado de El Huizache, al sur de Cerritos, en la región de Río Verde, en el Anticlinorio de la Virgen, al norte y este de Ciudad del Maíz, en la región de Cárdenas y Rayón, y en Lagunillas.

En Nuevo León aflora en la porción sur y suroriental del estado, en el Cañón del Coro, al oriente de Mier y Noriega, y en la ranchería Los Nogales al oriente de Zaragoza; también aflora en el extremo sur oriental del estado de Tamaulipas, en los alrededores de los poblados de Ocampo, Tula, Palmillas, al norte de Miquihuana y en el flanco occidental del Anticlinorio de Huizachal-Peregrina, en los arroyos La

Purísima y La Tasajera; asimismo, señalan la distribución que presenta esta unidad con respecto a la distribución de la Formación El Abra notablemente infrayacente.

Basáñez-Loyola *et al.* (1993) menciona que el miembro inferior de esta unidad se encuentra distribuida en la parte central y oeste de la Plataforma Valles-San Luis Potosí, mientras que el miembro superior aflora en la parte central de la plataforma.

Relaciones estratigráficas: descansa discordantemente sobre la Formación el Abra (facies post-arrecifal) y subyace en algunos sitios en discordancia a la Formación Cárdenas, este contacto lo marca un conglomerado basal y ocurre en las áreas de San Nicolás-La Concha, San Luis Potosí; en varios lugares del área el contacto entre las formaciones Cárdenas y Tamasopo es aparentemente concordante (Carrillo-Bravo, 1971). Santamaría-Orozco *et al.* (1990) mencionan que en el arroyo Tasajera, situado en el flanco occidental del Alticlinorio de Huizachal-Peregrina el Miembro Superior de esta unidad descansa sobre rocas de la Formación Tamabra.

Contenido paleontológico: Dentro la microfauna bentónica, Carrillo-Bravo (1971), reporta los siguientes géneros: *Solcuperculina*, *Orbitoides*, *Lepidorbitoides*, *Ayalaina*, *pseudorbitoides*, *dicyclina*, *vaughanina*, *Quinqueloculina*, *Valvulina*; de la microfauna pelágica reporta los géneros: *Globotruncana*, *Heterohelix*, *Calcisphaerula*, *Pithonella*, *Stomiosphaera* y *Sulcuperculina*; asimismo, menciona que la macrofauna es abundante, y está representada principalmente por caprínidos, radiolítidos, gasterópodos, pelecípodos, corales y algas.

Ambiente de depósito: De acuerdo con Carrillo-Bravo (1971), en Rodríguez Hernández (2004), los sedimentos fueron depositados sobre una plataforma, en aguas someras y cálidas, con alta energía y lejos de fuentes de material terrígeno.

Basáñez-Loyola *et al.* (1993) mencionan que el miembro superior corresponde a una facies lateral equivalente al borde arrecifal y el miembro inferior representa una facies lagunar similar a la de la Formación El Abra.

Edad: Palmer (1927) menciona que estas rocas representan una edad del Cenomaniano al Turoniano Tardío. Carrillo-Bravo (1971) asigna una edad de Turoniano Tardío (?)-Senoniano Tardío (Santoniano, Campaniano, Maastrichtiano) con base en sus relaciones estratigráficas y en parte por su contenido faunístico.

Basáñez-Loyola *et al.* (1993) mencionan para el miembro inferior una edad del Turoniano y para el miembro superior Coniaciano-Santoniano.

Correlación: Carrillo-Bravo (1971), refiere que la Caliza Tamasopo se correlaciona con las Formaciones San Felipe y cima de Agua Nueva, en el Valle de Martínez (área de San Nicolás-La Concha, San Luis Potosí). Santamaría-Orozco *et al.* (1990), menciona que esta unidad es correlacionable en tiempo con las formaciones Agua Nueva y San Felipe de la Cuenca Tampico-Misantla, con las formaciones Indidura y Soyatal, y con la porción inferior de la Formación Caracol de la Cuenca Mesozoica del Centro de México. Basáñez-Loyola *et al.* (1993), señalan que el miembro inferior y la Formación Agua Nueva son correlacionables y se encuentran separadas estratigráficamente por el borde arrecifal (parte este de la plataforma) el cual marca un cambio de facies.

Formación Cárdenas.

Cretácico Tardío (Campaniano-Maastrichtiano).

Localidad tipo: En su localidad tipo, consiste de una secuencia de arenisca, marga y caliza arcillosa que afloran a lo largo de la vía del ferrocarril Tampico-Aguascalientes, en las inmediaciones de Cárdenas S. L. P., de donde tomó su nombre y también fue estudiada y definida por vez primera, en el año de 1906, en el trabajo de Emil Böse.

Descripción litológica: Böse (1906, en Carrillo, 1971), describió a la unidad como “sedimentos arcillo-calcáreos y arenosos del Cretácico Tardío, aflorantes en las cercanías de la Estación Cárdenas, S. L. P.”

Myers (1968) define a la Formación Cárdenas como una unidad muy fosilífera de 1050 m de espesor, de rocas sedimentarias clásticas finas que afloran en un sinclinal asimétrico en la plegada Sierra Madre Oriental.

Inmediatamente al oriente de la Estación Cárdenas, S.L.P. Esta unidad litoestratigráfica se divide en tres miembros: el miembro inferior de 180 m de espesor de capas alternantes de lutita, arenisca y biosparita; el miembro medio de 445 m de lutita y limolita; el miembro superior es de 430 m de limolita, arenisca, biosparita. Los miembros superior e inferior de la Formación Cárdenas se caracterizan por contener calizas con rudistas y corales, los cuales están ausentes en el miembro medio de la formación. Carrillo-Bravo (1971), describe cuatro miembros litológicos para ésta unidad: El miembro 1 (inferior) que consta de lutita color gris verdoso y gris oscuro en capas delgadas a gruesas, que intemperizan en color azulado y amarillento, las cuales alternan con arenisca calcárea y calcarenita de color gris, gris verdoso, pardo claro y crema amarillento, presenta intercalaciones de cuerpos medianos a gruesos de calizas biógenas. Con frecuencia se observan capas delgadas de bentonita blanca.

De acuerdo con Rodríguez – Hernández, el miembro 1 tiene un espesor que varía de 50 – 500 m. El miembro 2, es una sección de 200 a 350 m de limolita y lutita calcárea, de color gris verdoso, en capas de espesor medio a grueso, que alternan con estratos de areniscas calcáreas de color pardo grisáceo y gris, presentando algunas capas de calcarenita y caliza con orbitoides. Miembro 3, tiene una potencia de 300 m a más de 500 m, se haya integrado por capas medianas a gruesas de arenisca calcárea color gris verdoso y pardo amarillento, de grano fino a medio que alternan con estratos de lutita calcárea de color gris, la que contiene orbitoides, rudistas y fragmentos de moluscos no identificados. Miembro 4, compuesto por 60 a más de 250 m de capas medianas a gruesas de lutita arenosa y limolita de color pardo rojizo, que alternan con estratos medianos de arenisca color gris, que intemperizan en pardo rojizo; sin fósiles. Este miembro litológico es correlacionable con la Formación Tabaco de Myers (1968). Guzmán (1981) y Ramírez (1982) describen dos miembros en la región de Agua Nueva y Presa de Guadalupe, S. L. P.

El basal o inferior constituido por: “*wackestone*, *packstone* y *grainstone*, con microfósiles bentónicos; intraclastos, oolitos y bioclastos, en estratos que varían de delgados a gruesos y aún a masivos de color gris claro y café claro, parcialmente recristalizados.

El miembro superior constituido por “una secuencia de caliza, lutita arenosa, arenisca, limonita y algunas margas en una alternancia variable en donde los estratos varían de delgados a gruesos de color café grisáceo y amarillento; en los cuales el contenido de microfósiles es escaso. ”Palazuelos (1981) y Betanzos (1984), describen para el miembro inferior al sur de Cerritos, S. L. P., en el Arroyo Salazar y Sierra El Tablón: *wackestone* y *packstone* de microfósiles y peletoides, en capas medianas a gruesas de color café claro y crema, mientras que, en el miembro superior predominan gruesos paquetes de lutita, en ocasiones ligeramente arenosa que intercalan con arenisca en capas delgadas a medianas de color gris verdoso y café amarillento.

IGASA (1983 en Santamaría *et al.*, 1990), describen en la región de Tula, Tamaulipas, el miembro inferior que está constituido por caliza (*packstone* a *grainstone*) con miliólidos, rudistas, y bioclastos en estratos medianos a gruesos de color gris claro y gris oscuro en ocasiones recristalizadas, que presentan algunas intercalaciones de caliza arcillosa en estratos medianos, llegándose a presentar escasos nódulos de pedernal.

El miembro superior está constituido por intercalaciones de lutita y arenisca en estratos delgados a medianos de color gris parduzco amarillento y verdoso, llegándose a presentar algunos paquetes gruesos de lutita algo calcáreas y de aspecto nodular.

Espesores: En el área de la localidad tipo, Carrillo-Bravo (1971) determinó los siguientes espesores: el miembro No. 1, de 50 a más de 500 m; el miembro No. 2, entre 200 y 300 m; el miembro No. 3, de 300 a más de 500 m y el miembro No. 4, de 60 a mas de 500 m. Por otra parte Myers (1968) en la misma localidad tipo determinó un espesor de 1,055 m y 70 para la Formación Tabaco. Carrillo-Bravo (1971) midió en el área de San Nicolás – La Concha y Tamasopo – Tanlacú, S.L.P. espesores completos de la Formación Cárdenas de 1,000 y 1,500 m respectivamente.

Asimismo, en el área de Río Verde, S.L.P., midió un espesor incompleto de más de 350 m, así como de más de 200 m en la región de Tula, Tamaulipas. Finalmente, Carrillo-Bravo (1971) determinó para las inmediaciones de la labor, S.L.P., un

espesor total de 1,026 m., de los cuales 136 corresponden al miembro No. 1; 480 m. corresponden al miembro No. 2; 350 m corresponden al miembro No. 3 y 60 m al miembro No. 4.

Con base en los dos miembros detectados para la Formación Cárdenas por geólogos de PEMEX, en el área de La Escondida – Álvaro Obregón, al oriente de Cárdenas S.L.P., Betanzos (1980) midió 1,804 m, de los cuales 264 m corresponden al miembro inferior y 1,540 al miembro superior. En el anticlinal la boquilla al oriente de Río Verde S.L.P., Hernández (1980) midió 600 m sin especificar a qué miembro correspondían, situación análoga de Arroyo Salazar, al sur de Cerritos S.L.P., donde Betanzos (1984) reportó 850 m en Agua Nueva S.L.P., Ramírez (1982) reportó 450 m para el miembro inferior y 750 para el miembro superior. Asimismo, dicho autor en el área de la Tapona – San Rafael al oeste de Tula, Tamaulipas. Determinó 1,300 m de espesor para el miembro inferior y 300 para el miembro superior, mientras que al oriente del mismo se reportan para el miembro superior 800 metros.

Relaciones estratigráficas: El contacto inferior es concordante y nítido sobre la cima de la Formación Tamasopo, en algunos lugares esta relación puede ser discordante; el contacto superior es discordante con sedimentos aluviales del Terciario, o bien, con Derrames basálticos del Cuaternario. En la región de Ciudad del Maíz la unidad litoestratigráfica yace discordante (con un conglomerado basal) sobre la Formación Tamasopo. Myers (1968), introduce el término formacional Tabaco (que consiste en limolita no fosilífera, arenisca y conglomerados) para las rocas que sobreyacen discordantemente a la Formación Cárdenas.

Contenido paleontológico: El miembro litológico inferior la Formación Cárdenas contiene grupos de foraminíferos: entre algunos, *Textularia* sp., *Globotruncana* sp. De acuerdo con Carrillo-Bravo (1971), se han determinado una variedad de microfósiles. Myers (1968) reconoció tres biozonas: la zona de *Durania ojanchalensis* en la porción inferior, la zona de *Arctostrea aguilerae* en la porción media y la zona más alta con *Tampsia floriformis*. La segunda zona es menos fosilífera y contiene *Arctostrea aguilerae* Böse, *Exogyra costata* Say, *Flemingostrea* sp., *Lima cardenasensis* La tercera zona contiene *Coraliochama gboehmi* Böse, *Anomiacsernai* Myers. en el miembro inferior de la Formación Cárdenas la siguiente

fauna: Macroforaminíferos: *Lepidorbitoides*, Microforaminíferos: *Lenticulina* sp., *Nodosaria* sp., *Globotruncana arca*. pero su relativa abundancia y grado evolutivo de algunos especímenes encontrados sugiere que el conjunto pertenezca a la parte superior de las zonas de *Globotruncana ventricosa* y/o *Rodotruncana calcarata*. Este arreglo faunístico del Cretácico Tardío permite precisar un ambiente de depósito de plataforma marina abierta durante el Campaniano Medio–Tardío para la parte inferior de la Formación Cárdenas, asignado por la presencia de las Zonas de foraminíferos planctónicos *Globotruncana ventricosa* y/o *Globotruncana calcarata* y por la Zona de ostrácodos de *Platycosta lixula*.

Ambiente de depósito: Plataforma con facies arrecifales en los bordes, asociado a una etapa regresiva, que permitió la intercalación de secuencias de clásticos con influencia de plataforma interna y litoral.

Edad: Por su contenido faunístico y posición estratigráfica, Carrillo-Bravo (1971), asigna una edad cretácica del Campaniano-Maastrichtiano.

Correlación: Su correlación corresponde en tiempo con la Formación Méndez de la Cuenca de Tampico-Misantla, Mezcala (Méndez) de la Cuenca Guerrero-Morelos, Caracol de la Cuenca Mesozoica del Centro de México y Parras de la Cuenca de Parras. La Formación Cárdenas representa el equivalente de facies someras de la Formación Méndez. El cambio de facies en las formaciones Cárdenas-Méndez puede ser observado en algunos sitios de La Sierra Madre Oriental (Sinclinorio de Jaumave). Tomado de Rodríguez Hernández (2004).

1.5.4.- Estratigrafía local de La Calzada, Municipio de Ciudad del Maíz.

De estas unidades señaladas con anterioridad, a continuación se esquematiza la columna estratigráfica Local para La Formación Cárdenas en La Localidad de la Calzada, municipio de Ciudad del Maíz (Figura 8).

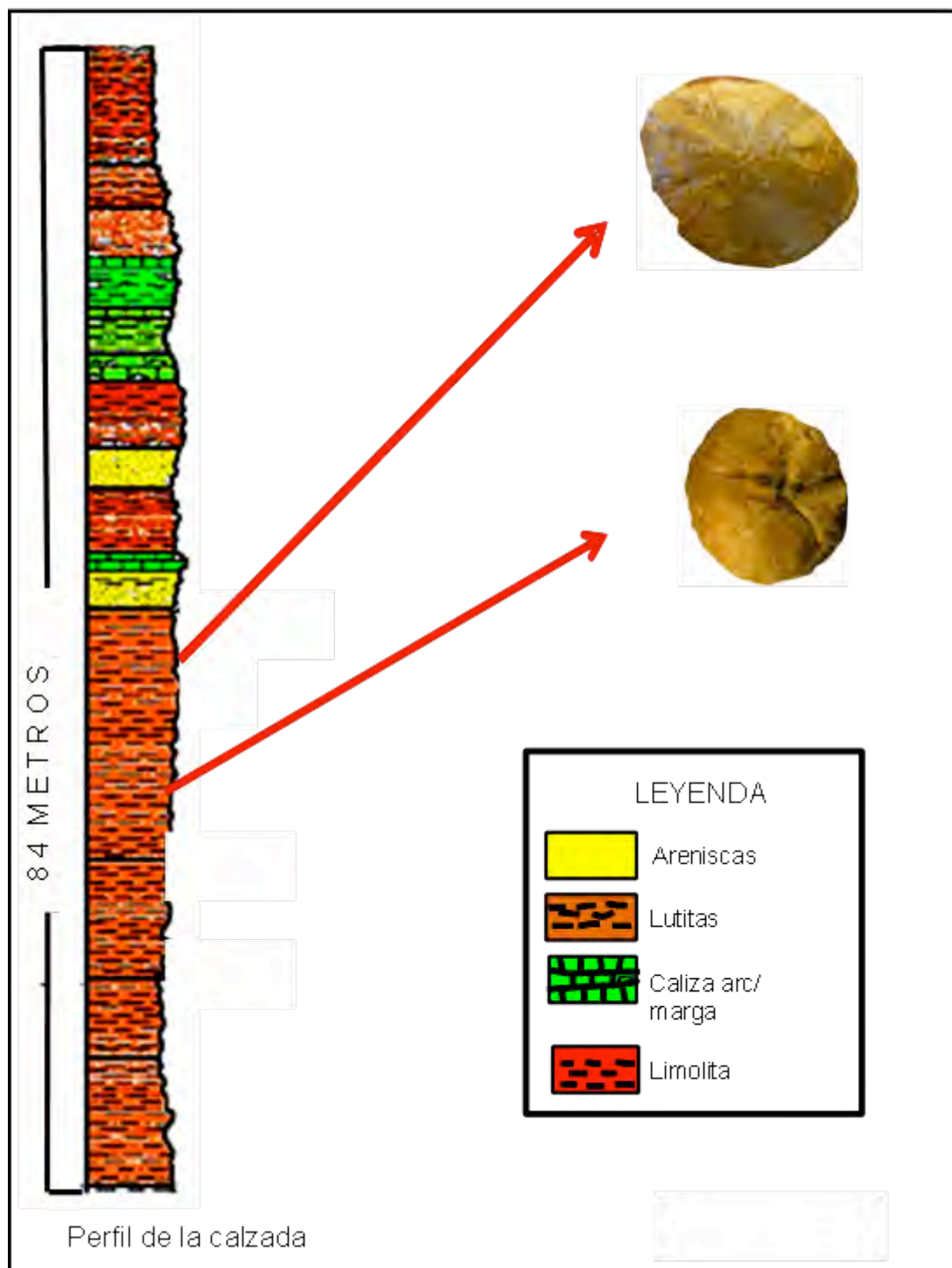


Figura. 8.- Columna estratigráfica de la localidad La Calzada, municipio de Ciudad del Maíz, SLP.

1.5.5.-Estratigrafía local de Puerto de Santa Gertrudis, municipio de Ciudad del Maíz.

De estas unidades señaladas con anterioridad, a continuación se esquematiza la columna estratigráfica Local para la Formación Cárdenas en la localidad de Puerto de Santa Gertrudis, municipio de Ciudad del Maíz (Figura 9).

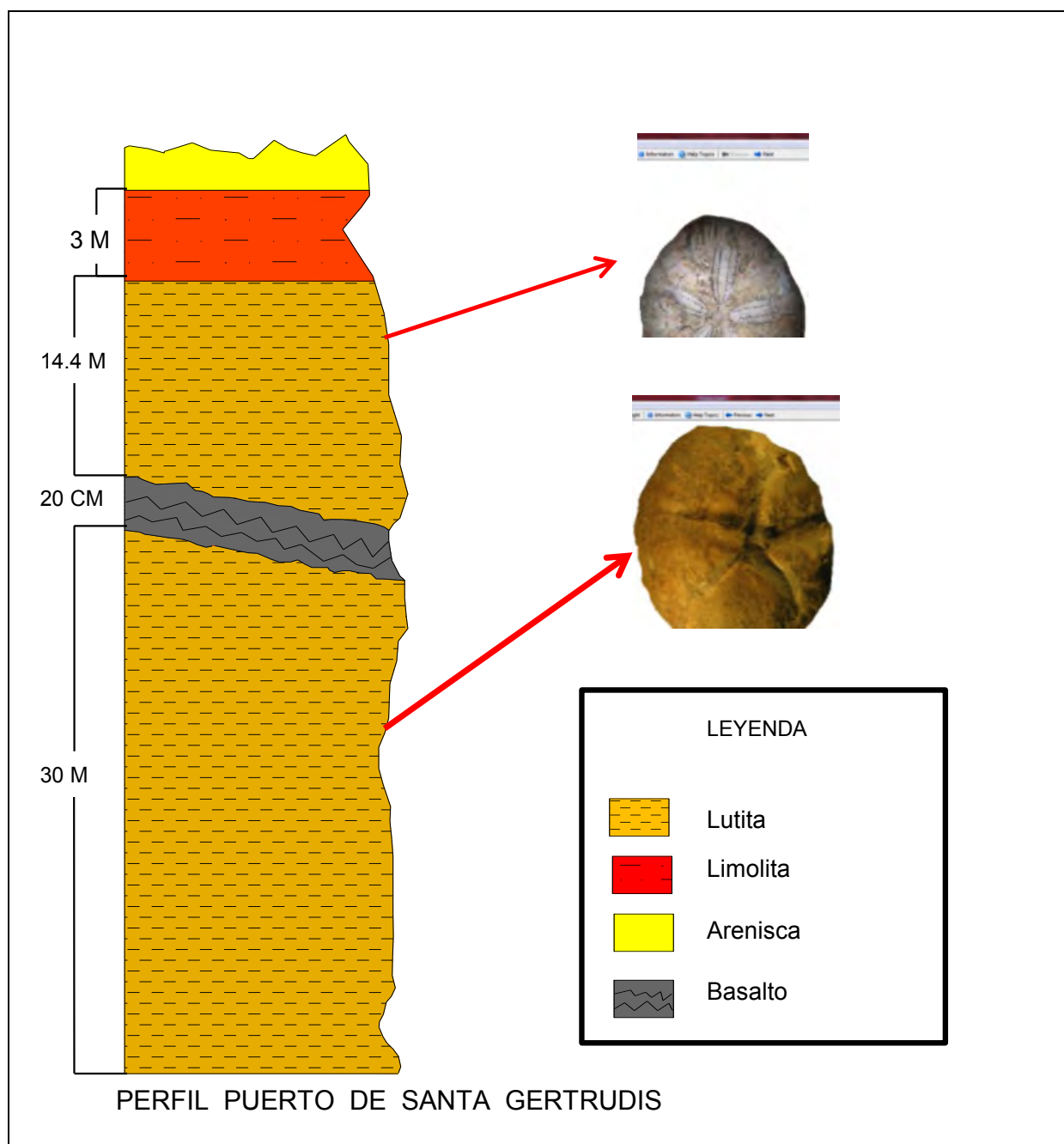


Figura. 9.- Columna estratigráfica de la localidad del Puerto de Santa Gertrudis, municipio de Ciudad del Maíz, SLP.

CAPÍTULO 2.- CARACTERÍSTICAS TAXONÓMICAS DE LOS EQUINODERMOS.

2.1. Generalidades de los Equinodermos (Phyllum Echinodermata).

Los equinodermos son organismos exclusivamente marinos que viven en aguas de todo el planeta, desde la línea de marea hasta profundidades abisales, y la inmensa mayoría de ellos son bentónicos sésiles, casi siempre de sistema radial pentamerale, poseen esqueleto formado por placas calcáreas, generalmente provisto por espinas móviles. Este grupo de invertebrados engloba unas 6000 especies, su nombre Echinodermata, quiere decir “piel con espinas”. Los equinodermos comprenden 4 subphylos: Homaloza, Crinozoa, Asterozoa y Echinozoa; de los que, se subordinan cinco de las clases más conocidas; Equinoideos, Asteroideos, Crinoideos, Ofiuroideos y Holoturoideos. En este trabajo únicamente se exponen algunos ejemplares de la clase Equinoidea.

Clase Equinoidea (Ordovícico-Reciente).

Se caracteriza por la ausencia de brazos, por lo que tienen forma globosa, más o menos aplanada en su eje oral-aboral (Figura 10). A este grupo Equinoidea pertenecen unas 950 especies de erizos y que presentan púas o espinas en su cuerpo (Figura 11).

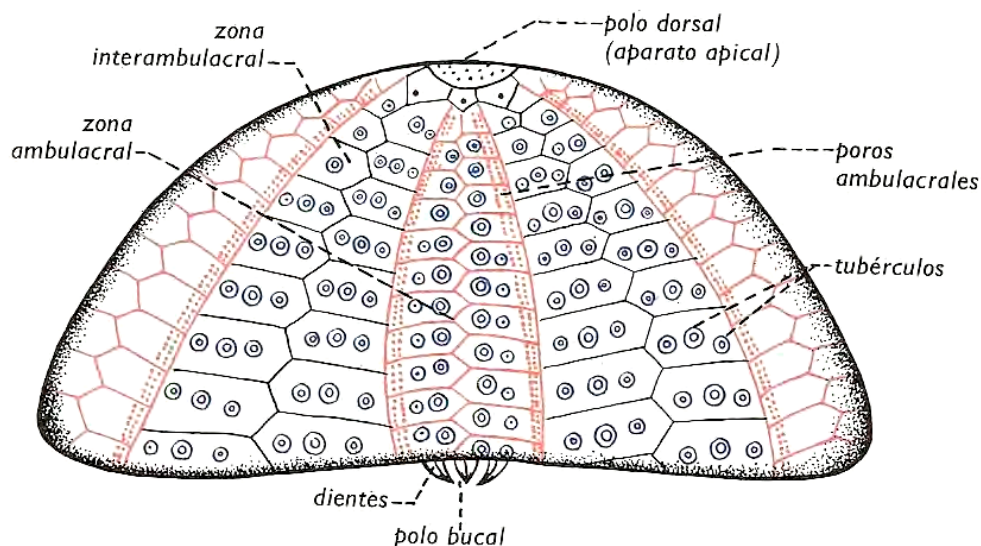


Figura 10.- Vista lateral del dermatoesqueleto de un erizo de mar de forma globosa. Tomado de Désiré, *et al.* (1965).

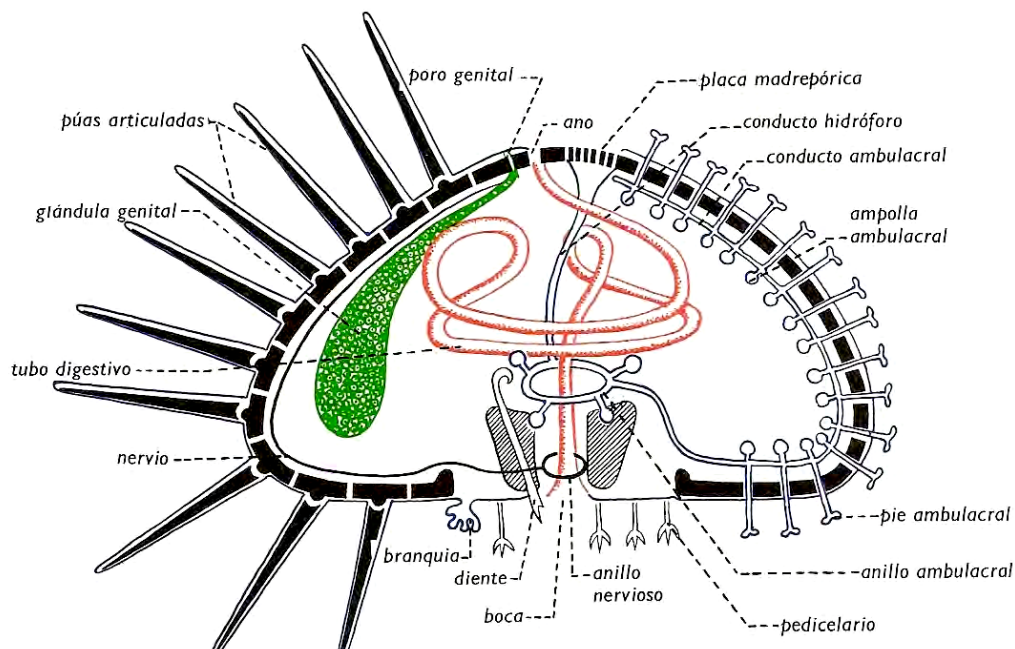


Figura 11.- Sección transversal de un erizo de mar que expone la parte oral (boca) y aboral (ano), en la que se aprecia la posición de las espinas según su esquema organizacional interno. Tomado de Désiré, *et al.* (1965).

A pesar de tener un cuerpo casi esférico mantienen la simetría pentameral característica de los Equinodermos (Figura 12).

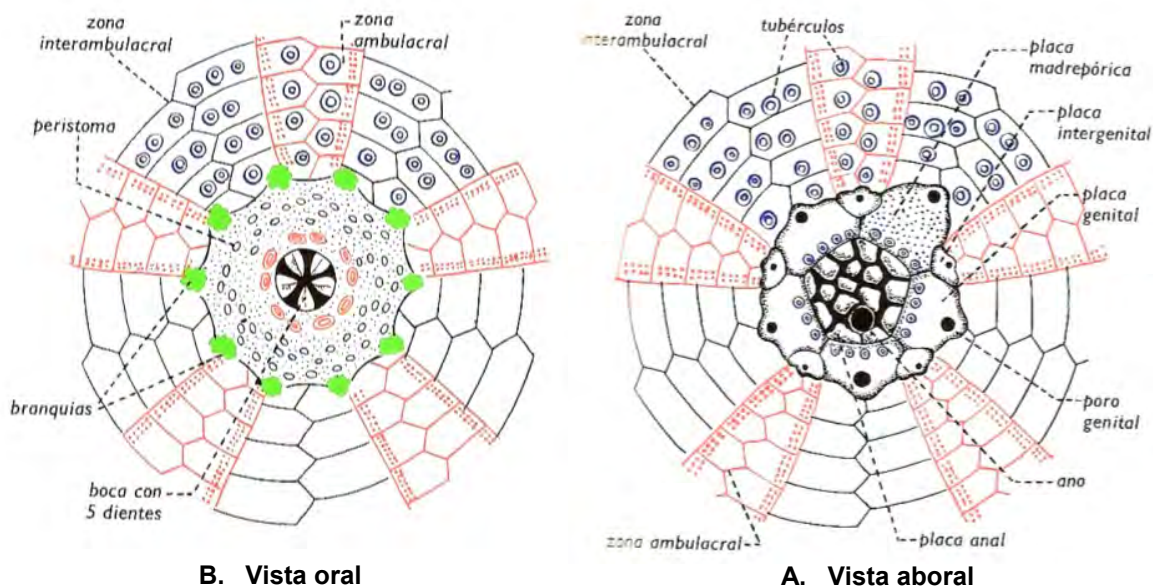


Figura 12.- Simetría pentameral de un equinodermo, erizo de mar. A. Vista oral, B. Vista aboral. Tomado de Désiré, *et al.* (1965).

El esqueleto está formado por centenares de piezas diferentes, en general podemos considerar a la concha o teca dividida en 10 áreas meridionales constituidas por 10 ó más filas de placas, de las cuales 5 corresponden a los 5 ambulacros. Se diferencian

porque las placas presentan poros y los otros 5 son los interambulacros, que no tienen poros. De este modo, el radio posterolateral derecho se designa con el número romano I y a partir de ahí el resto de ambulacros se llamarán II, III, IV y V, en sentido contrario a las manecillas del reloj. Las placas oculares que se hallan en sus extremos serán la I, II, III, IV y V (Figura 13). Los interradios, los interambulacros y las placas genitales que se sitúan en sus extremos, se designan con los números arábigos del 1 al 5. El interambulacro entre los ambulacros I y II, se designa como 1, y así sucesivamente. De acuerdo con esto, la placa madreporica es siempre la número 2, esto se usa como referencia (Figura 14).

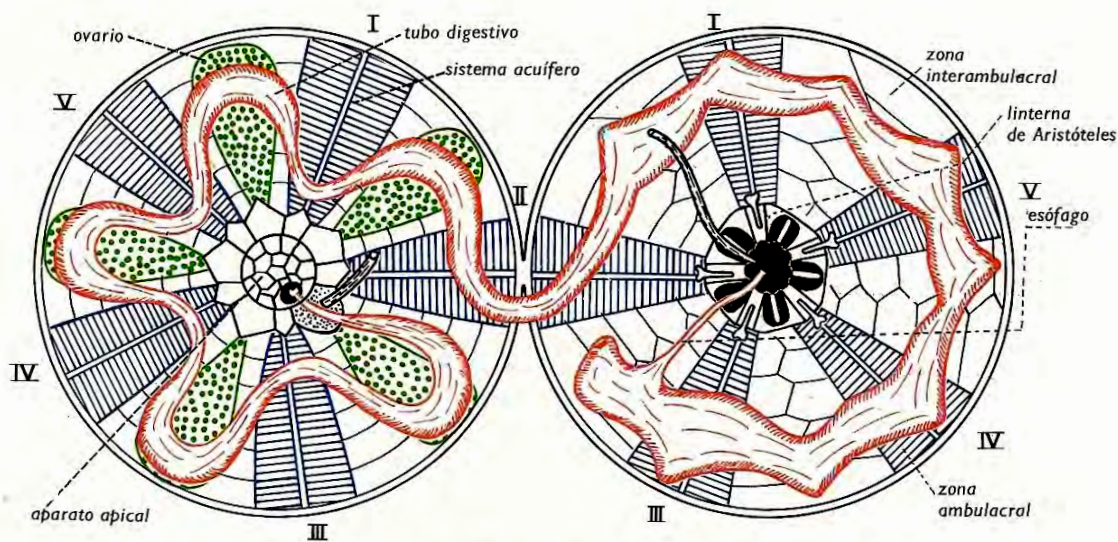
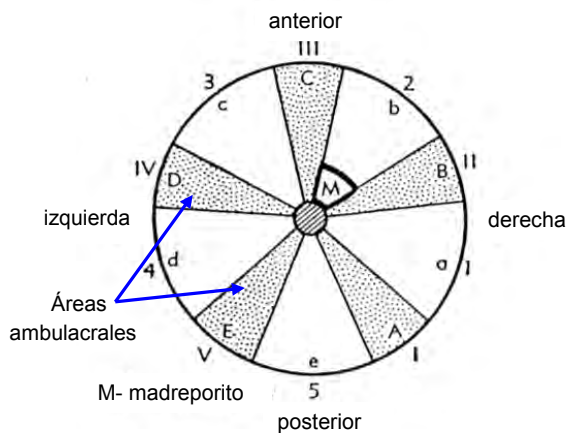


Figura 13.- Orientación de los equinoideos para un organismo abierto. Radio posterolateral derecho en el que se exponen los órganos en su lugar, numerado del I al V (imagen derecha) en sentido contrario a las manecillas del reloj. Tomado de Désiré, *et al.* (1965).



Vista aboral

Figura 14.- Determinación de la orientación de un equinoideo con base en la posición del madreporito (M). El eje antero-posterior está dibujado en el área ambulacral (anterior) a la izquierda del madreporito, y a través del área (posterior) o lado opuesto interambulacral. Los números o letras se usan para designar las áreas ambulacrales e interambulacrales, las zonas también pueden ser designadas por referencia a su posición, como anterior, lateral derecha, izquierda, o posterior. Tomado de Moore *et al.* (1952).

Los individuos de esta clase poseen pies ambulacrales que atraviesan a la concha por unos poros geminados, ordenados a lo largo de cinco ambulacros, que configuran la simetría pentámera radial (véase Figura 11). Además poseen una concha muy compacta, constituida por placas poligonales de calcita muy apretadas unas contra otras (Figura 15).

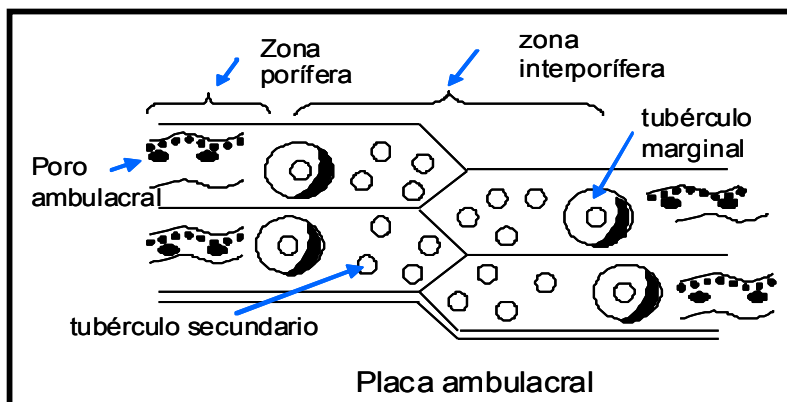


Figura 15.- Morfología externa para las placas ambulacrales de un equinodermo regular. Tomado de Navarro-Moctezuma (2006) en Moore *et al.* (1952).

Tienen un polo oral donde se ubica la boca (Figura 16), y un polo opuesto o aboral que puede o no alojar el ano (Figura 17), Está compuesto por púas móviles (radiolas) las cuales pivotan independientemente sobre mamelones o tubérculos situados sobre las placas (Figura 18).

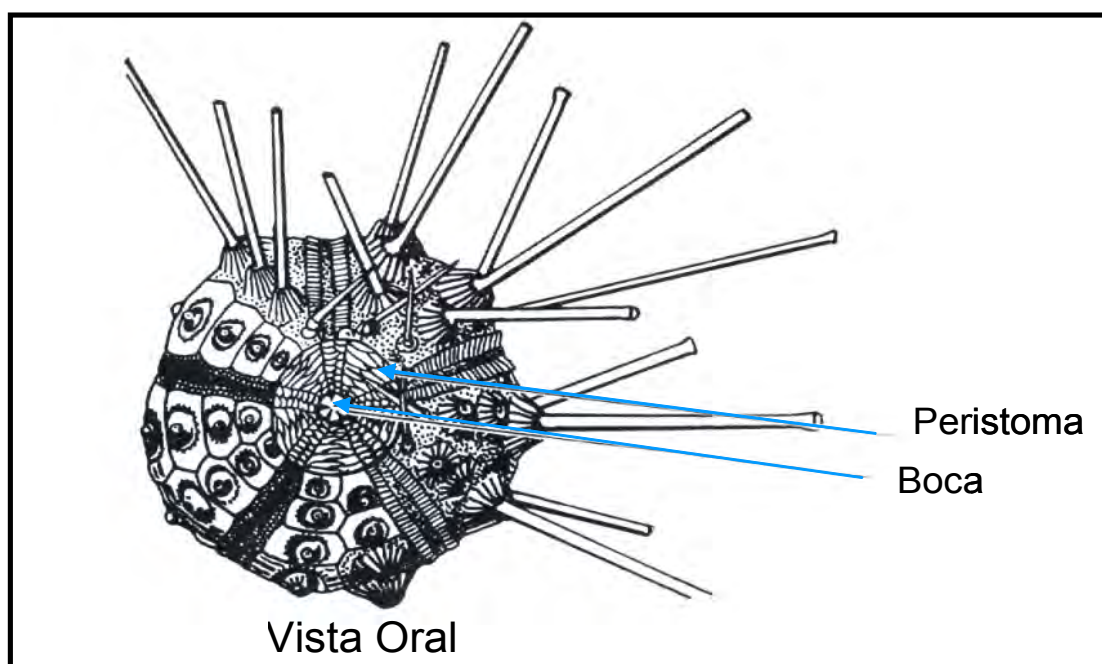


Figura 16.- Morfología de los equinodermos regulares para el área oral. Tomado de Navarro-Moctezuma (2006) en Moore *et al.* (1952).

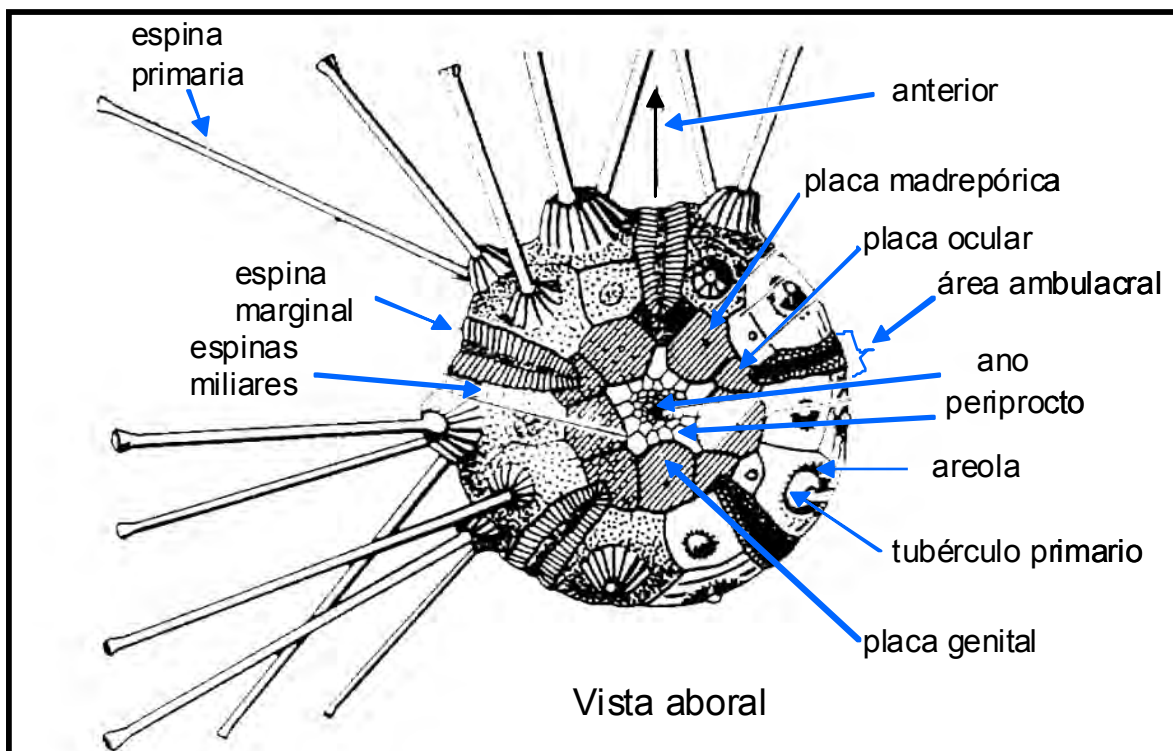


Figura 17.- Morfología de los equinodermos regulares para el área aboral. Tomado de Navarro-Moctezuma (2006) en Moore *et al.* (1952).

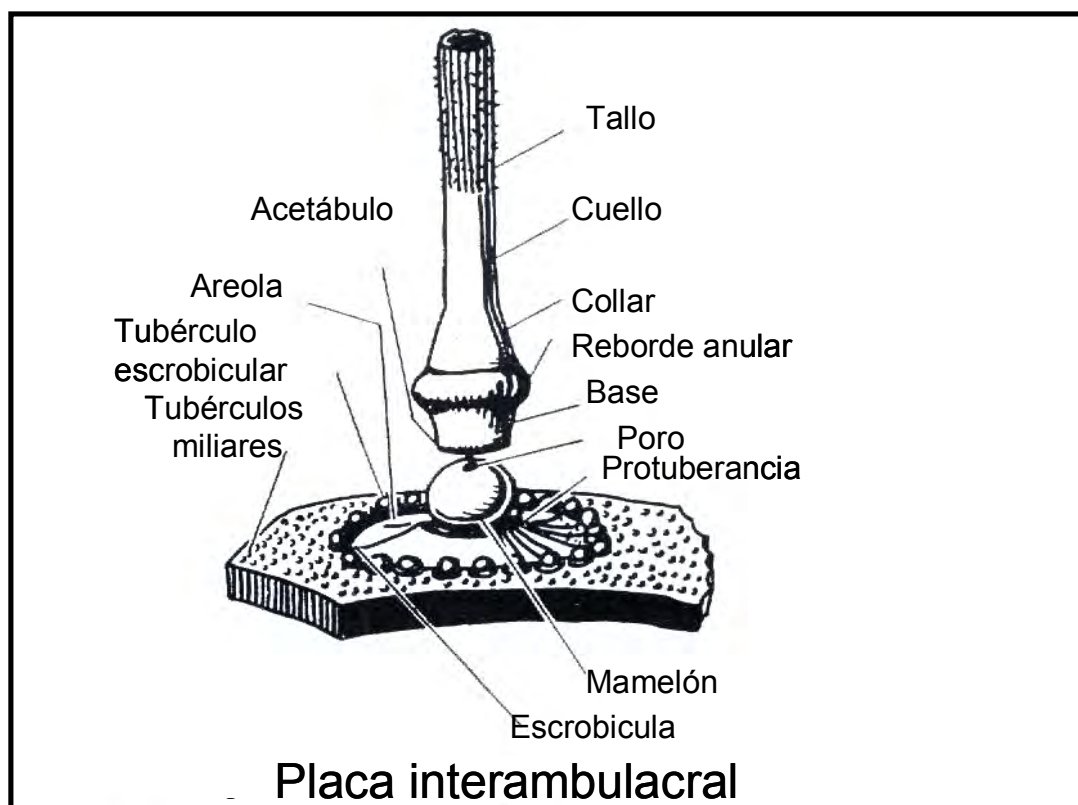


Figura 18.- Estructura morfológica para la púa de un erizo de mar situada sobre un mamelón. Tomado de Navarro-Moctezuma (2006) en Moore *et al.* (1952).

Esta clase se encuentra dividida en 16 órdenes que forman 2 subclases:

Endocíclicos o Regulares

Orden: Echinothurioida

Diadematoïda

Pedinoida

Pygasteroida

Salenoida

Hemicidaroida

Phymosomatoida

Arbacioida

Temnopleuroïda

Echinoida

Exocíclicos o Irregulares

Orden: Hololectypoida

Clypeasteroida

Cassiduloida

Holasteroida

Spatangoida

Neolampadoida

Los equinodermos aparecen desde el Cámbrico Temprano-Ordovícico y se extienden hasta la actualidad (Figura 19). Los equinodermos endocíclicos o regulares son equinodermos de vida libre, en ellos la concha es globosa con placas en mosaico; la boca está hacia el suelo y ocupa una posición central, el ano está en la región aboral primitivamente, rodeado de unas placas (sistema apical), Figuras 16 y 17. A lo largo de la evolución el ano migra a otras posiciones, pasa a ocupar una posición lateral en la teca y abandona el sistema apical, se habla entonces de equinoideos exocíclicos, que es propio de los equinodermos irregulares (Figura 20).

La simetría es típicamente radial y pentameral, pero en los equinodermos irregulares se superpone una simetría bilateral. Respecto a un plano llamado eje anteroposterior que pasa por la boca, el ano y el sistema apical, tomando en cuenta que los

equinodermos se desplazan con la boca hacia adelante y el ano hacia atrás; éste plano se utiliza para orientar a los equinodermos irregulares.

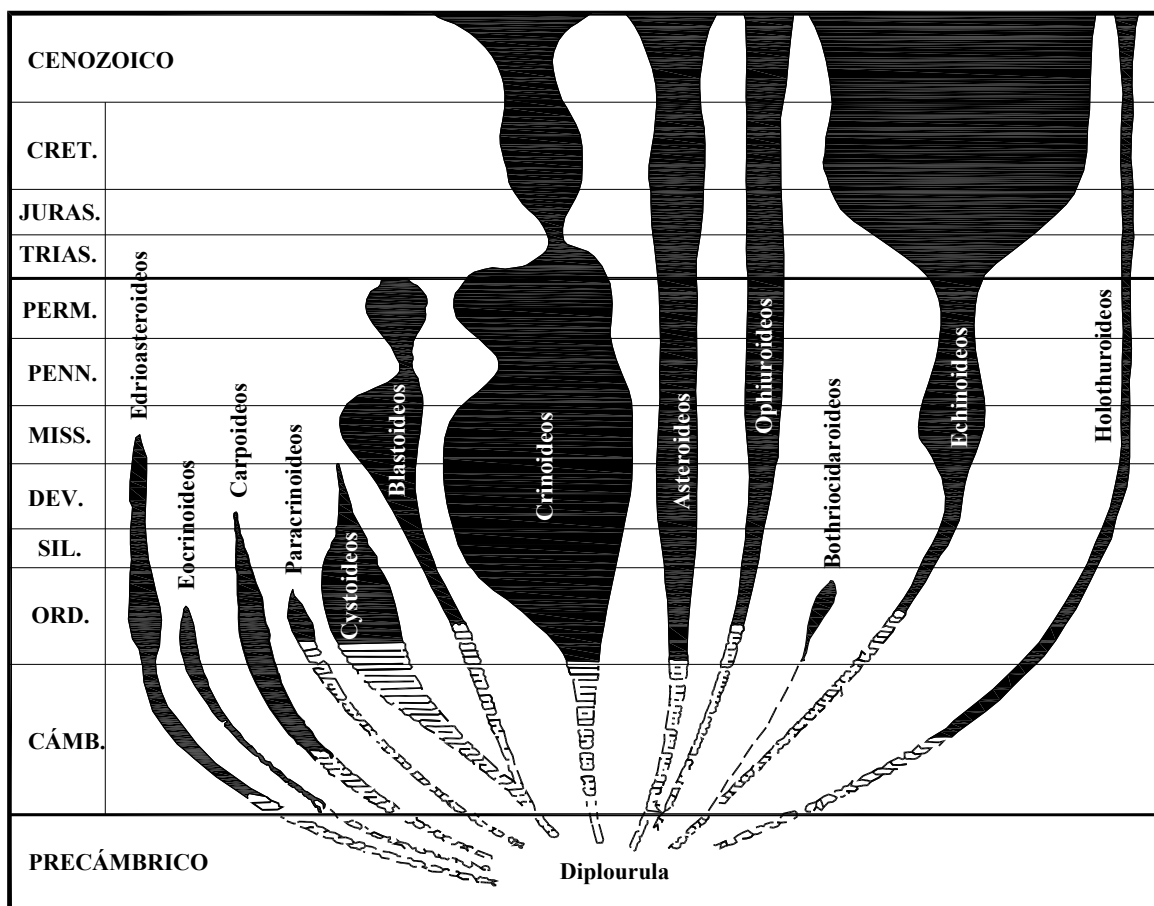


Figura 19. Distribución geológica estimada para los diferentes grupos de Equinodermos. Tomado de Moore *et al.* (1952).

Las placas de la concha se agrupan en sistemas, que son el apical, el coronal, el periproctal y el peristomal. De ellos son importantes por su valor sistemático, los dos primeros.

Sistema apical.- Se ubica en el polo aboral de la teca y está formado por una serie de placas: cinco de ellas oculares y otras cinco o menos, genitales. Las placas oculares son de menor tamaño que las genitales y presentan un pequeño poro para salida de tentáculos. Las placas genitales están perforadas por uno o más poros genitales (gonoporos), a través de los cuales las gónadas se ponen en contacto con el exterior. La placa genital de mayor tamaño se encuentra perforada además por uno o más hidroporos (placa madreporica o madreporito).

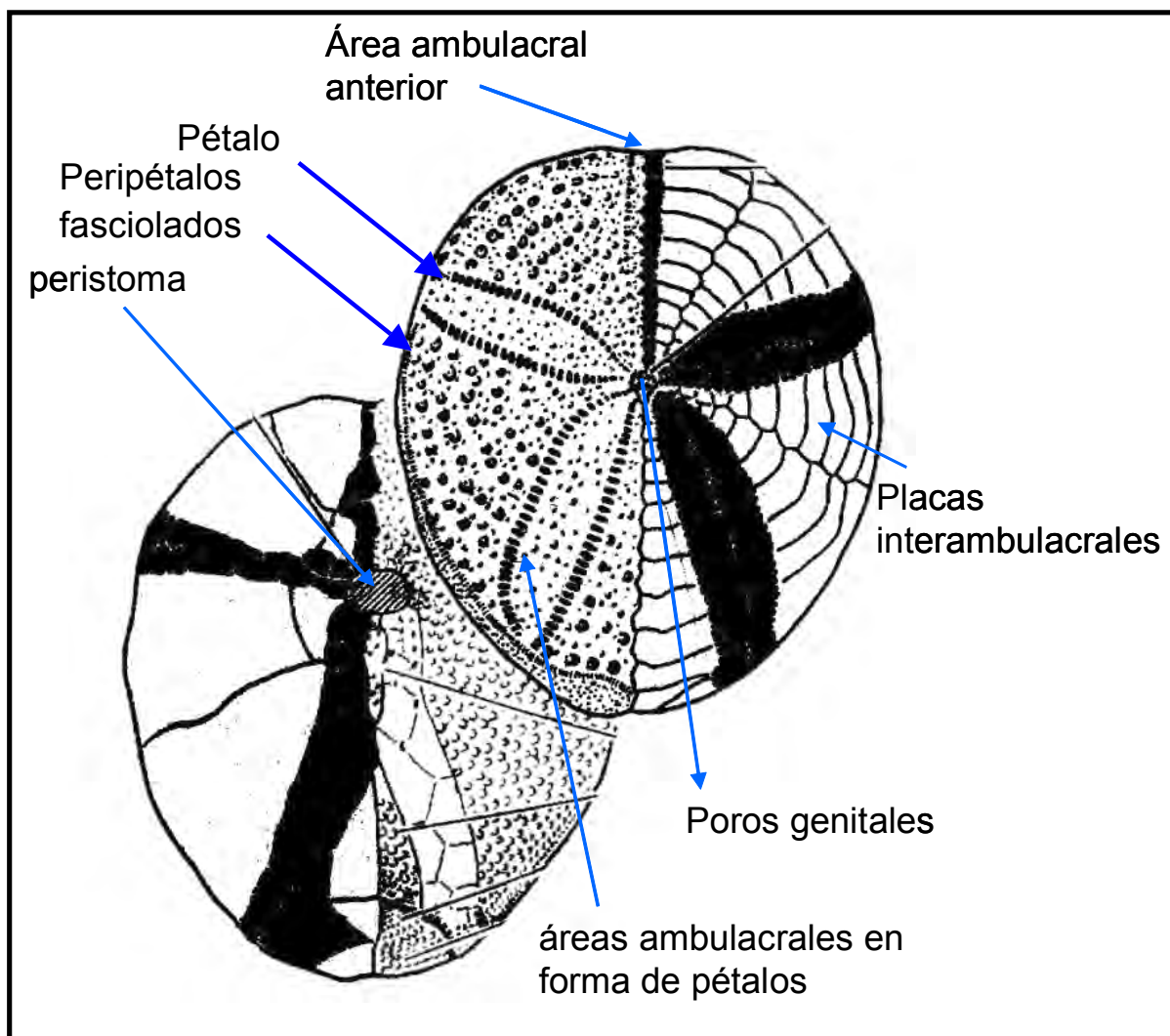


Figura 20.- Morfología de los equinoideos irregulares en vista oral y aboral. Tomado de Navarro-Moctezuma (2006) en Moore *et al.* (1952).

Sistema coronal de placas.- Está formado por todo el conjunto de ambulacros e interambulacros de la teca. La región ecuatorial de máximo diámetro del sistema se denomina ámbito. En los ambulacros e interambulacros existen unas columnas meridianas de placas que varían en número.

En los equinodermos del Paleozoico es muy variable el número de columnas, pero a partir del Triásico el número de columnas se fija en 20, 2 por cada ambulacro y 2 por cada interambulacro. Las placas del sistema están ornamentadas por tubérculos y gránulos, en los tubérculos de mayor tamaño se sitúan unas espinas móviles, llamadas radiolas, con funciones defensivas. Las radiolas presentan en su base una

concauidad por la que encaja en un mamelón del tubérculo, alrededor de este hay un anillo de músculos que permite que la radiola se mueva (véase Figura 18).

Los ambulacros se extienden desde el margen del sistema apical hasta la región donde se encuentra la boca, las placas de los ambulacros están perforadas por 2 poros, por donde salen los pies ambulacrales, mientras que las placas de los interambulacros no las tienen (véase Figura 11). En los equinodermos irregulares los ambulacros forman bandas continuas desde el sistema apical hasta la boca. En estos equinodermos los ambulacros se diferencian de los interambulacros porque tienen forma de pétalos (véase Figura 20). Tomado de Navarro-Moctezuma (2006).

Sistema periproctal.- Está formado por el periprocto, que es el área donde se abre el ano y está cubierta por una membrana y placas (Figura 21).

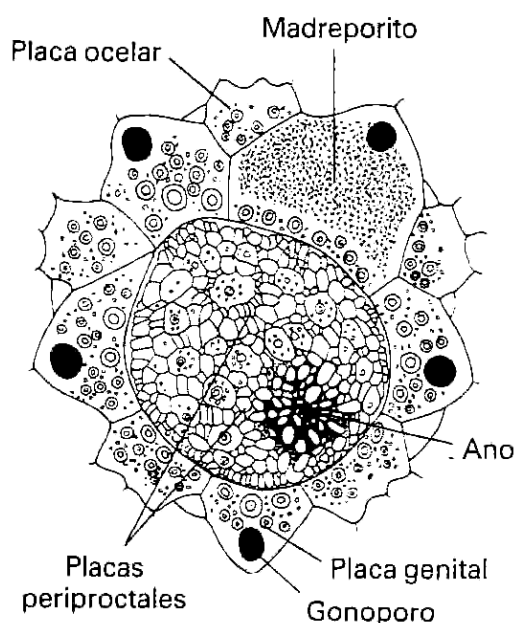


Figura 21.- Fragmento aboral de un equinodermo que expone el sistema periproctal y las placas que lo rodean. Tomado de Ruppert, *et al.* (1996).

Sistema peristomal. El peristoma es el área donde se abre la boca, en esta área hay una membrana que suele estar cubierta de placas, dentro de este sistema hay un sistema mandibular complejo, formado por la “Linterna de Aristóteles” (Figura 22), que consiste en 5 mandíbulas, con forma de pirámide, dentro de cada una existe un solo diente. Existen diferentes tipos de linternas con diferente complejidad.

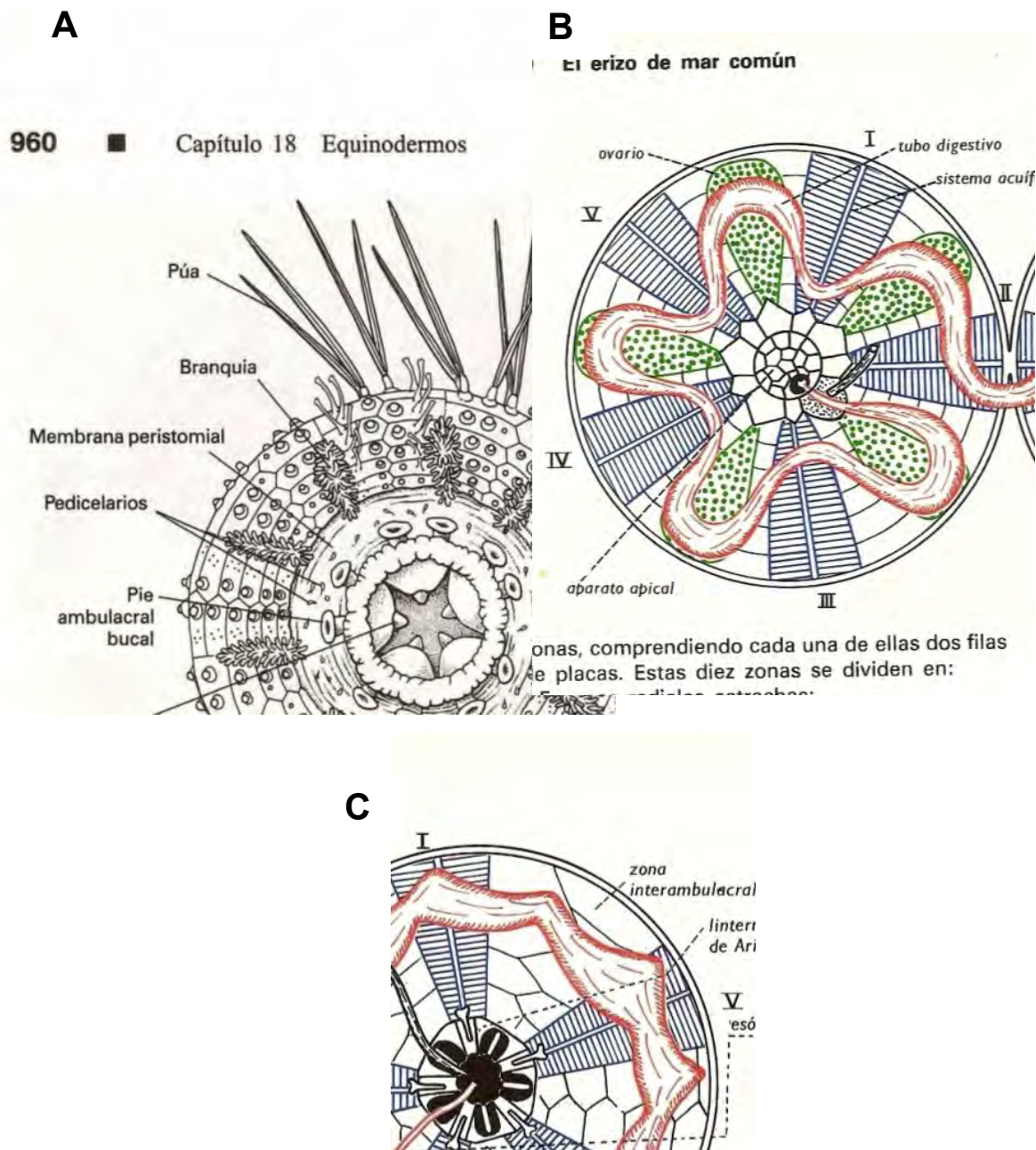


Figura 22.- Sistema peristomal de un equinodermo. A. Visto en su posición oral (modificado de Ruppert, *et al.*, 1996 por Marín-Ávila, 2012); B. Linterna de Aristóteles (Tomado de Désiré, *et al.*, 1965) y C. Detalle de una mandíbula y su diente (Tomado de Désiré, *et al.*, 1965).

2.2.- Caracteres generales y evolución.

Una característica importante es la presencia de un sistema de tubos o canales derivados del celoma que llevan asociados una serie de apéndices superficiales que constituyen el sistema vascular acuífero o sistema ambulacral (Figura 23). El equinodermo más antiguo aceptado universalmente procede del cámbrico (hace

unos 540 ma.), se acepta mayoritariamente debido a la existencia de larvas con simetría bilateral. Los ancestros de los equinodermos fueron bilaterales con el celoma formado por tres regiones (trímeros). Algunas hipótesis sostienen que la simetría pentarradial de los equinodermos apareció en un ancestro de movimiento libre y que los grupos sésiles derivaron varias veces de dicho ancestro.

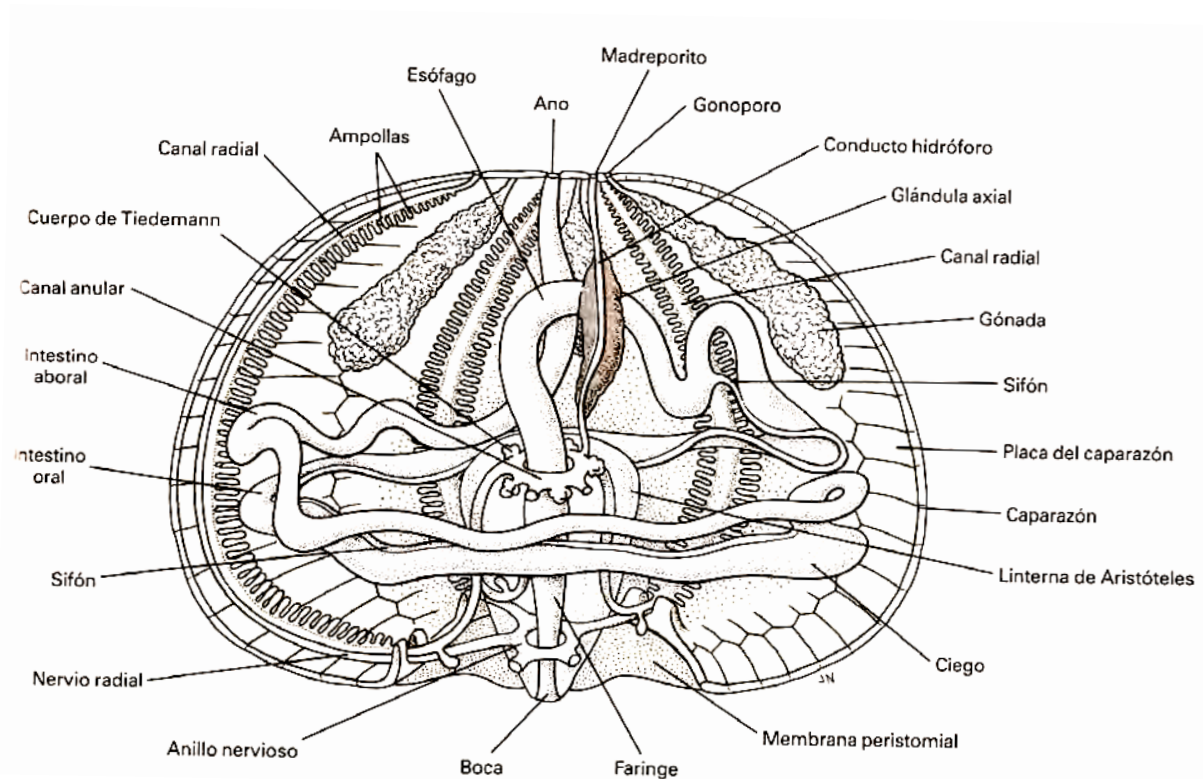


Figura 23.- Anatomía interna de un erizo de mar regular (*Abarcia*), expuesto en su vista lateral donde se aprecia la disposición del sistema de tubos y canales. Tomado de de Ruppert, *et al.* (1996).

2.3.-Ecología y paleoecología.

Los equinodermos son animales bentónicos (que viven en el fondo marino) presentan poca movilidad aunque pueden permanecer fijados a las rocas u otras superficies. Sus formas pueden ser globosas, como el erizo de mar; estrelladas como la estrella de mar y ofiura; plumosas como la comátula (crinoideos de los géneros antenodón y leptometra). Pueden encontrarse a profundidades variadas, pero su mayor importancia está en medios marinos someros (Figura 24).

Son elementos muy importantes en la trama alimenticia marina, por ser fuente de alimento de algunos vertebrados (como los peces); y de la misma manera, son

consumidores primarios, pudiéndose alimentar de material orgánico como algas (macro y microscópicas); y además, pueden tomar el alimento que encuentran en el fondo como organismos limícolas (Figura 25) o en suspensión en el agua, pueden ser carnívoros y emplear muchos medios para obtener su alimento, como muchas estrellas de mar que se alimentan principalmente de moluscos, o sea son depredadores.

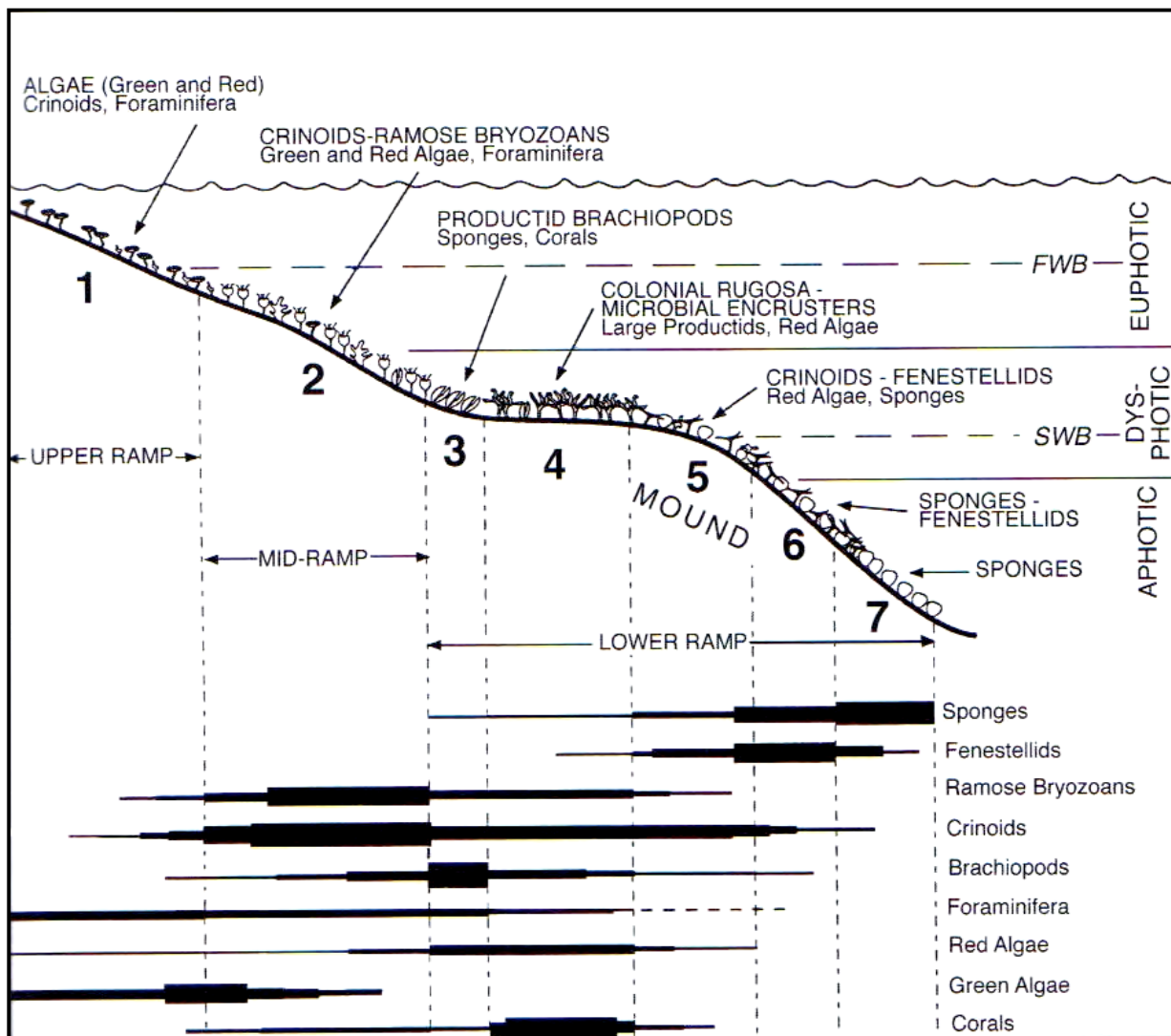


Figura 24.- Representación de la distribución ecológica y paleoecológica para algunos equinodermos (crinoides) respecto de otra biota fósil. Tomado de Flügel, 2004 (p637).

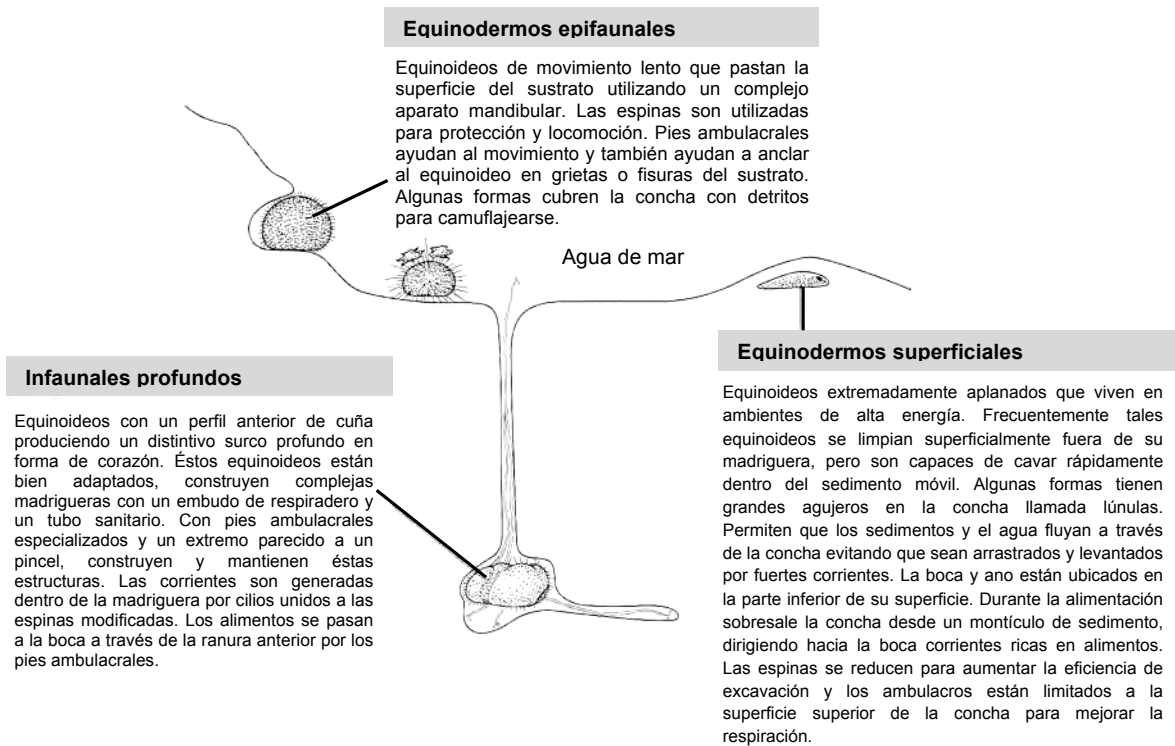


Figura 25.- Representación esquemática del tipo de vida para algunos equinoideos limícolas (infaunales profundos), herbívoros o carnívoros (epifaunales) y superficiales.

CAPÍTULO 3. EQUINODERMOS DE LAS LOCALIDADES LA CALZADA Y PUERTO DE SANTA GERTRUDIS.

3.1.- Sistemática.

El material en estudio que a continuación se muestra, se encuentra bajo resguardo en el Laboratorio de Paleontología del Área Ciencias de la Tierra, Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí.

Ejemplar 334 (Lámina 1).

Phylum: Echinodermata

Clase: Echinoidea

Subclase Irregular

Orden: Holoctypoida

Familia: Holoctypoidae

Género: *Microaster*

especie: *testudinario*

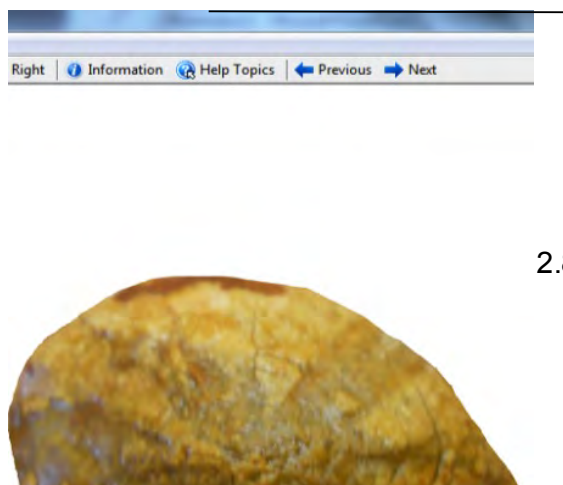
Dimensiones (cm)

Ancho	Alto	Largo
2.3	1.6	2.8

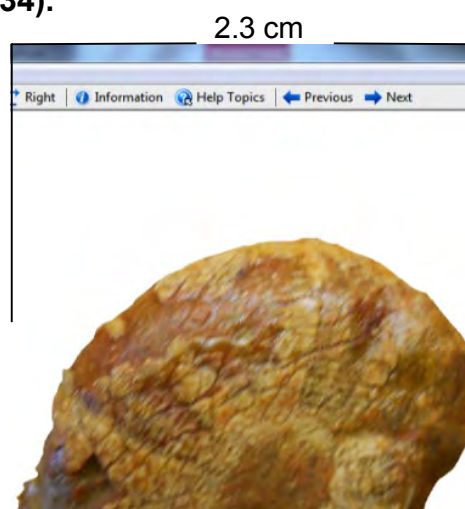
Descripción: Concha regular con el periprocto localizado fuera del punto central de la parte dorsal, presenta cinco pétalos definidos (Lámina 1-A), zona oral ubicada en el centro de la parte inferior (Lámina 1-B) hasta donde coinciden los cinco pétalos, la zona ambulacral está perfectamente dividida por estos cinco pétalos y cinco zonas interambulacrales (Lámina 1-C), conformada por dos líneas de placas simétricas madreporicas sin tubérculos visibles y con la presencia de poros ambulacrales. La zona de pétalos o ambulacral está dividida por dos líneas paralelas estriadas y perpendiculares a estos (Lámina 1-D). En la zona oral (inferior) se marca perfectamente la boca (Lámina 1-E) mientras que la zona aboral se encuentra erosionada. En la parte dorsal se ubica perfectamente el ano así como la presencia de los poros genitales simétricamente colocados correspondientes a cada uno de los pétalos (Lámina 1-A).

LÁMINA 1

(Ejemplar 334).



A.- Vista aboral



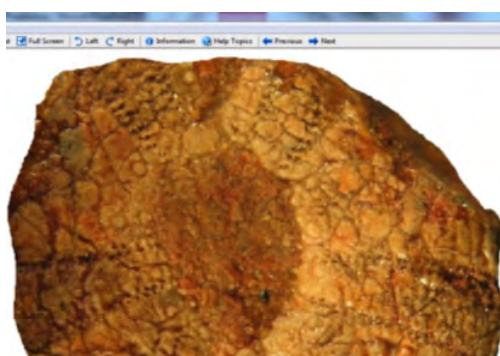
B.- Vista oral



C.- Acercamiento oblicuo lateral



D.- Acercamiento lateral que muestra la zona ambulacral



E.- Detalle del polo bucal



F.- Detalle de un tubérculo vista lateralmente en la zona ambulacral

Ejemplar 402 (Lámina 2).**Phylum:** Echinodermata**Clase:** Echinoidea**Subclase** Irregular**Orden:** Holoctypoida**Familia:** Holoctypoidae**Género:** Hemiaster**especie:** *whitei***Dimensiones (cm)**

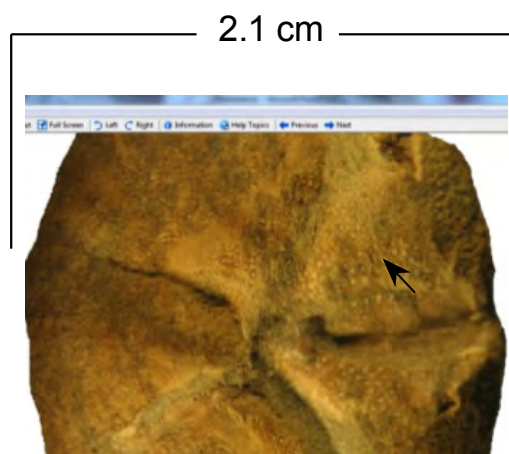
Ancho	Alto	Largo
2.1	1	1.7

Descripción: Concha irregular de forma semielíptica (Lámina 2-C), ligeramente aplanada, dividida por cinco áreas ambulacrales y cinco interambulacrales (Lámina 2-A), la placa madreporica se extiende desde la zona aboral hasta la parte media de la concha conformada por dos líneas simétricamente intercaladas a estas placas, cada una de ellas posee un tubérculo marginal y numerosos tubérculos secundarios así como la presencia de poros ambulacrales en número de dos en cada una de las placas (Lámina 2-B). De la parte media hasta la zona oral la placa madreporica está compuesta por placas de forma hexagonal y cada una de ellas contiene un tubérculo marginal, en la zona aboral el ano se ubica ligeramente desfasado del centro (indicado por flecha en Lámina 2-A), pero no se les observan sus poros genitales.

LÁMINA 2
(Ejemplar 402).



A.- Vista aboral



B.- Acercamiento
vista aboral



C.- Vista lateral

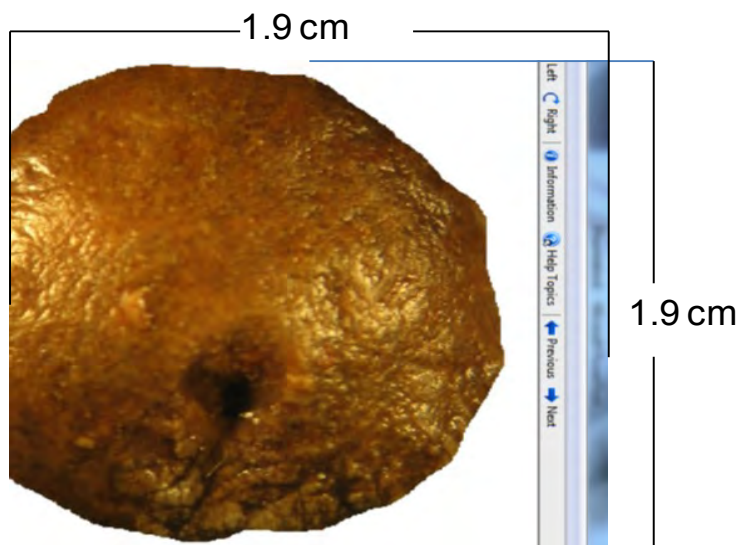
Ejemplar 0090 (Lámina 3).**Phylum:** Echinodermata**Clase:** Echinoidea**Subclase** Irregular**Orden:** Clypeasteroidea**Familia:** Cassidulae**Género:** Cassidulud**especie:** *gauldii***Dimensiones (cm)**

Ancho	Alto	Largo
1.9	0.7	1.9

Descripción: Concha subcónica a plana (Lámina 3-D), con la zona oral cargada hacia la parte inferior (Lámina 3-C) y en la cara opuesta, se unió en la zona aboral (Lámina 3-A).

Por el alto grado de erosión que presenta el ejemplar de estudio, no fue posible realizar más observaciones debido a la pérdida de rasgos morfológicos, sobre todo hacia el área del polo bucal (Lámina 3-C).

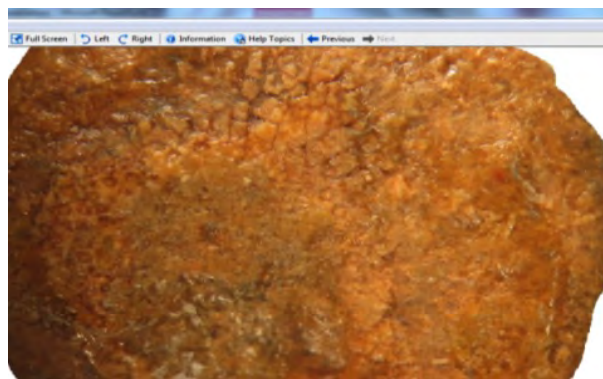
LÁMINA 3
(Ejemplar 0090).



A.- Vista aboral



B.- Detalle del polo
 aboral



C.- Detalle del polo bucal



D.- Vista lateral

Ejemplar 008 (Lámina 4).**Phylum:** Echinodermata**Clase:** Echinoidea**Subclase** Irregular**Orden:** Holoctypoida**Familia:** Holoctypoidae**Género:** Tetragramma**especie:** *streeuwitzi***Dimensiones (cm)**

Ancho	Alto	Largo
4.5	2.2	3.8

Localidad y posición estratigráfica: La Calzada, municipio de Ciudad del Maíz, miembro superior de la Formación Cárdenas.

Descripción: Concha de tamaño medio, de contorno ligeramente pentagonal (Lámina 4-A), ambas caras superior e inferior aplanadas (Lámina 4-B). Las áreas ambulacrales son estrechas (Lámina 4-C), con pares de poros simples y se multiplican en la proximidad del peristoma (Lámina 4-E), las placas ambulacrales presentan un gran tubérculo central mamelonado, granuloso y perforado rodeado de escasas granulaciones pequeñas (Lámina 4-D), las áreas inter ambulacrales son amplias con dos hileras de tubérculos primarios, mamelonados, granulados y perforados que van desde la zona aboral a la zona oral. Las placas cercanas al área aboral presentan cuatro tubérculos primarios cuyo número disminuye gradualmente hacia la región aboral y oral rodeando a los tubérculos primarios con escasos tubérculos secundarios.

LÁMINA 4
(Ejemplar 008).



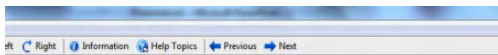
A.- Vista vertical



B.- Vista lateral



C.- Detalle de la vista lateral



D.- Detalle que expone los tubérculos



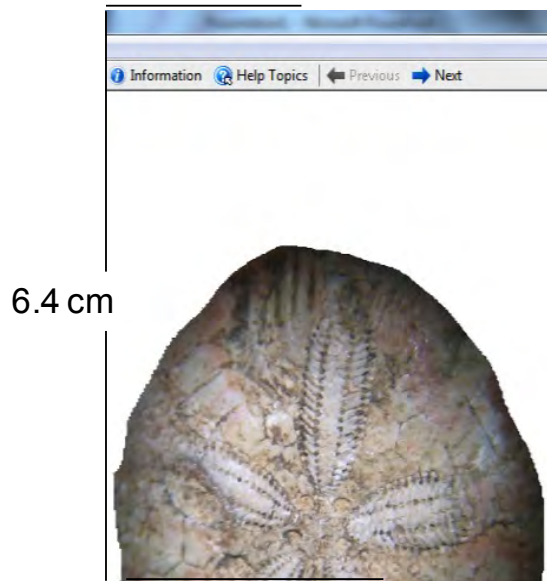
E.- Detalle vista lateral que expone los tubérculos de la zona ambulacral

Ejemplar 347 (Lámina 5).**Phylum:** Echinodermata**Clase:** Echinoidea**Subclase** Irregular**Orden:** Holoctypoida**Familia:** Holoctypoidae**Género:** Linthia**especie:** *eumiidula***Dimensiones (cm)**

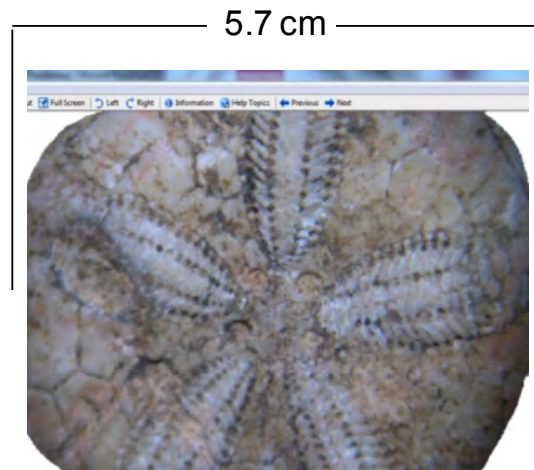
Ancho	Alto	Largo
5.7	2.7	6.4

Descripción: Concha elíptica semi-aplanada en forma de corazón, los pétalos van desde la zona aboral hasta la zona oral en la parte inferior, ésta se encuentra cercana a la línea marginal de la faciola en la parte posterior, los pétalos están ligeramente hundidos, compuesta por dos líneas de placas interdigitadas simétricamente una respecto de la otra sin la presencia de tubérculos (Lámina 5-A), la zona interambulacral está compuesta de placas rectangulares alineadas simétricamente (Lámina 5-B y C); un tanto en forma tangencial a los pétalos con tubérculos marginales de gran tamaño cada una de ellas (Lámina 5-D). La zona oral es claramente visible en la parte inferior (Lámina 5-E).

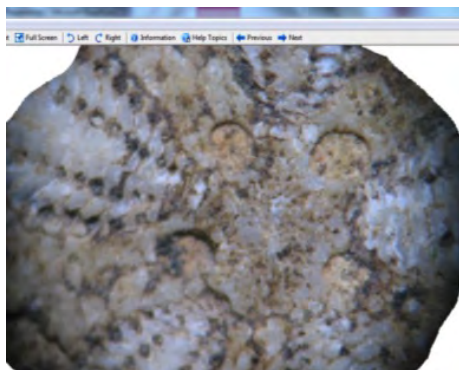
LÁMINA 5
(Ejemplar 347).



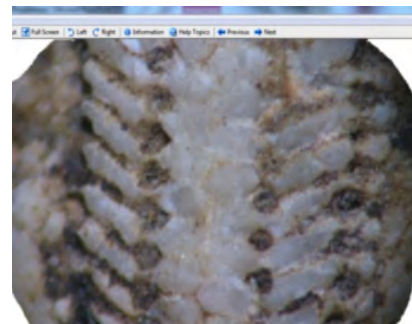
A.- Polo aboral



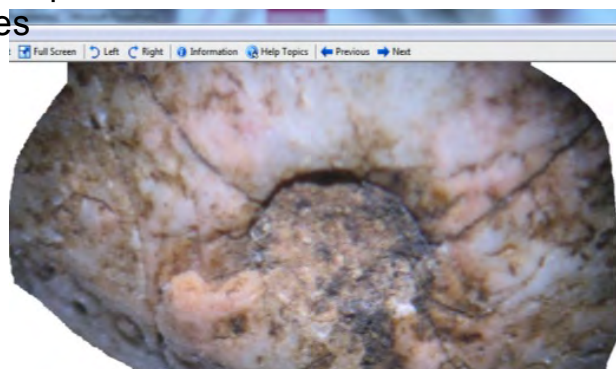
B.- Detalle de polo
 aboral



C.- Detalle de polos
 genitales



D.- Detalle de área
 ambulacral



E.- Detalle del polo oral

CAPÍTULO 4. RESULTADOS.

Se realizó un diagnóstico morfológico de equinodermos fósiles hallados en la zona de estudio, concerniente a las localidades de La Calzada y Puerto de Santa Gertrudis, pertenecientes al municipio de Ciudad del Maíz, S.L.P.

En el transcurso de la investigación se identificaron 21 ejemplares que fueron divididos en 5 grupos, clasificados todos al nivel de género y especie, de acuerdo con la descriptiva sistemática en Moore *et al.* (1952) y Buitron (1971).

4.1.- Conclusiones.

Los 5 géneros analizados en este trabajo pertenecientes a la Formación Cárdenas, corresponden a la subclase irregular, clase echinoidea y phylum echinodermata, siendo ubicados en el periodo Cretácico (Cenomaniano), de ellos a continuación se refiere la siguiente tabla en la que se agrupa el resto de la sistemática:

Ejemplar	Orden	Familia	Genero	Especie
334	Holectypoida	Holoctypoidae	Microaster	<i>M. testudinario</i>
402	Holectypoida	Holoctypoidae	Hemiaster	<i>whitei</i>
0090	Clypeasteroida	Cassidulae	Cassidulud	<i>gauldii</i>
008	Holectypoida	Holoctypoidae	Tetragramma	<i>streeuwitzi</i>
347	Holectypoida	Holoctypoidae	Linthia	<i>eumiidula</i>

Con este estudio es posible establecer que los equinoideos anteriormente citados, territorialmente alcanzan una distribución más amplia dentro del ámbito paleontológico para el depósito de la Formación Cárdenas. Sin embargo, los organismos sólo representan una pequeña porción de las biofacies que ostenta dicha unidad, por lo que a futuro se recomienda un análisis exhaustivo en el que se pueda precisar las condiciones faunísticas que aporten información para la reconstrucción paleoecológica del área de estudio.

BIBLIOGRAFÍA.

- Basáñez-Loyola, M.A., Fernández-Turner, R., Rosales-Domínguez, C., 1993, Cretaceous platform of Valles-San Luis Potosí, northeastern central Mexico, en Toni-Simo, J.A., Scott, R.W., Masse, J.P. (eds), Cretaceous Carbonate Platforms: Tulsa, American Association of Petroleum Geologists, Memoir 56, 51-59.
- Belt, B.C., 1925. "Stratigraphy of the Tampico District of Mexico", *Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol.*, v.9, 1, p. 136-144.
- Betanzos, G. A., 1980. Estudio de Detalle Geológico del "Prospecto Rayón." IG – 606. PEMEX. México. Informe inédito.
- Betanzos, G. A., 1984. Detalle Geológico Estructural – Estratigráfico del "Prospecto Guadalcázar." IG – 651. PEMEX. México. Informe inédito.
- Böse, E. 1906a, La fauna de moluscos del Senoniano de Cárdenas, San Luis Potosí: Boletín del Instituto Geológico de México, 24, 95p.
- Böse, E., 1906. Excursión de San Luis Potosí a Tampico, Guide excurs., X Congreso Geológico Internacional, México, no. 11.
- Buitron, B. E., 1968, Catálogo de Equinoides fósiles de México, Paleontología Mexicana No. 26, instituto de geología, UNAM, 3-49p.
- Buitron, B. E., 1970, Equinoides del Cretácico inferior de le región de San Juan Raya- Zapotitlan, estado de Puebla, paleontología mexicana No. 30, instituto de geología, UNAM, 3 -64p.
- Buitron, B. E., 1971, Equinoides del Cretácico del norte de México, Paleontología Mexicana No. 31, Instituto de Geología, UNAM, 3 - 73p.
- Buitron B. E., 1974. Algunas especies de la familia conulidae Lambert, 1911 Equinoides del Cretácico superior de Chiapas, Paleontología Mexicana No. 39, instituto de geología, UNAM, 3 – 68p.

- Burckhardt, C., 1930. Etude Synthétique sur le Mésozoïque Mexicain, *Mem. Soc. Paleont. Suisse*, Vol. 49-50.
- Carrillo-B., J., 1971, La Plataforma de Valles-San Luis Potosí, *Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros*, 23 (1-6) 1-102.
- Caus E., Tambareau Y., Colin J-P., Aguilar M., Bernaus J-M., Gómez-Garrido A., Brusset S., 2002, Upper Cretaceous microfauna of the Cárdenas Formation, San Luis Potosí, NE, Mexico. Biostratigraphical, paleoecological, and paleogeographical significance, *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, V. 19, num. 2, 2002, 137-144.
- Cruz-Piña, L.F., 1981, Estudio fotogeológico del Valle Norte de Tula, Municipio de Tula, Tamaulipas: San Luis Potosí, México, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Escuela de Ingeniería, Área de Ciencias de la Tierra, Trabajo Recepcional, 39 p.
- Désiré, Ch.; Villeneuve F., 1965, *Las Ciencias Naturales, Zoología*, (Tomo 6): Barcelona, España, Segunda Edición, 1979, Editorial Montaner y Simon, S.A., 338p.
- Flügel, E., 2004, *Microfacies of Carbonate Rocks, Analysis, Interpretation and Application*: Berlin, Germany, first edition 1965, editorial springeronline.com, 1000p.
- Guzmán, R.M.J., 1981, Detalle Geológico del "Prospecto Presa de Guadalupe." IG – 631. PEMEX. México. Informe inédito. BUSCAR-UNAM
- Heim, A., 1925, Tectonical Sketok of a seven days trip to the Sierra Madre Oriental between Victoria, Tula and Aramberri: Geological Report 264 Compañía Petrolera La Corona (inédito).
- Hernández, C. J. L., 1980, Estudio de Detalle Geológico del "Prospecto Boquilla." IG – 612. PEMEX. México. Informe inédito. BUSCAR-UNAM
- Ifrim, C., Stinnesbeck, W., Schaufhauser, A., 2005, Maastrichtian shallow-water ammonites of northeastern Mexico, *Revista Mexicana de Ciencias*

- Geológicas, 22 (1), 48-64. IGASA, 1983. Semidetalle Geológico del "Prospecto Tula", San Luis Potosí-Tamaulipas. IG – 623. PEMEX. México. Informe inédito.
- IGASA, 1983, Semidetalle geológico del "Prospecto Tula", San Luis Potosí-Tamaulipas. IG – 623. PEMEX. México. Informe inédito.
- Imlay, R.W., 1944, Cretaceous Formations of central America and Mexico: Bulletin of the American Association of petroleum Geologists, 28 (8), 1077-1195.
- Moore, R.; Laliker, C.; Fischer, A., 1952, Invertebrate Fossils, United States of America, 1952, Copyright McGraw-Hill Book Company, 776p.
- Moreira-Rivera, F., Flores-Aguillón, G., Martínez-Rodríguez, L., Palacios-García, R. Chiapa-García, R., 1997, Carta geológico-minera y Geoquímica, Hoja San Luis Potosí F14-4, escala 1: 250, 000: Pachuca, Hidalgo, México, Consejo de Recursos Minerales, 1 mapa con informe complementario.
- Muir, J. M., 1936. Geology of the Tampico Region. *Am. Assoc. Petrol. Geol. Bull.*, Tulsa, Oklahoma, U.S.A., 280 p.
- Myers, R.L., 1968, Biostratigraphy of the Cárdenas Formation (Upper Cretaceous) San Luis Potosí, México: Revista de Paleontología Mexicana No. 24, Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, 24.BUSCAR-UNAM
- NACSN, 2005, North American Stratigraphic Code, North American Commission on Stratigraphic Nomenclature (NACSN), American Association Petroleum Geologist Bulletin , 89 (11), 1547-1591.
- Palazuelos, C. R., 1981. Estudio de Detalle Geológico del "Prospecto Cerritos." IG – 620. PEMEX. México. Informe inédito.
- Palmer. R. H., 1927. "Geology of Eastern Hidalgo and Adjacent parts of Veracruz, México". *Bull. Assoc. Petrol. Geol.*, vol. 11, No. 12, pp. 1, 321-28. 3 figures.
- Palos-Navarro, J. S., 1978, Formaciones Geológicas Reconocidas en el Altiplano del estado de San Luis Potosí, Compilación De Descripciones Originales: San

- Luis Potosí, México, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Trabajo Recepcional, 183 p.
- PEMEX, Petróleos Mexicanos, 1988, Estratigrafía de la República Mexicana: Mesozoico, Subdirección de Producción Primaria, Coordinación Ejecutiva de Exploración, Informe inédito, 229 p.
- Ramírez, R. C., 1982. Estudio de Detalle Geológico del “Prospecto Calzada.” IG – 630. PEMEX. México. Informe inédito.
- Rodríguez-Hernández, E.I., 2004, Actualización Estratigráfica de la Porción Centro-Septentrional del estado de San Luis Potosí: San Luis Potosí, México, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Facultad de Ingeniería, Área Ciencias de la Tierra, Trabajo Recepcional, 95 p.
- Ruppert, E. E.; Barnes, R. D., 1996, Zoología de los Invertebrados, sexta edición: Madrid, España, Facultad de Biología, Departamento de Biología Animal I (Invertebrados), Universidad Complutense de Madrid, Editorial McGraw Hill interamericana, 136p.
- Santamaría-Orozco, D., Arenas-Partida, R., Escamilla-Herrera, A., 1990, Normalización de la nomenclatura estratigráfica en las cuencas mesozoicas de México (Etapa I: Zona Norte. Cretácico). *Inst. Mex. Petr.* Proyecto CAO-3052, 140 p. Inédito.
- Schafhauser, A.; Götz, S.; Baron-Szabo, R. & Stinnesbeck, W. 2003. Depositional environment of coral – rudist associations in the Upper Cretaceous Cardenas Formation (Central Mexico). *Geologica Croatica*, 52/2, 11 figs. 1 tab. P. 187-198.
- Vega, F.J., Feldmann, R.M., Sour-Tovar, F., 1995, Fossil Crabs (Crustacea: Decapoda) From the Late Cretaceous Cardenas Formation, East-Central Mexico: *Journal of Paleontology*, 69 (2), 340-350.
-