



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

**PRESENCIA DE OPHIURIDOS, IMPORTANCIA DE SU
REGISTRO FÓSIL Y DISTRIBUCIÓN EN LA FORMACIÓN
CUESTA DEL CURA (ALBIANO-CENOMANIANO) EN LA
LOCALIDAD DE MORADOS, MUNICIPIO DE MOCTEZUMA,
S.L.P.**

TRABAJO RECEPCIONAL
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO GEOLÓGO

PRESENTA:
JESÚS HERNÁNDEZ CANELO



San Luis Potosí, S.L.P.

Julio 2013

CONTENIDO

RESUMEN.....	1
INTRODUCCIÓN.....	2
Objetivos.....	3
Objetivo General.	3
Objetivo Particular.	3
Trabajos previos.	4
Metodología.....	5
I.- MARCO GEOLÓGICO DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	7
I.1.- Geografía.	7
I.1.1.- Localización del área de estudio.....	7
I.1.2.- Acceso y vías de comunicación.....	8
I.1.3.- Fisiografía y geomorfología.	9
I.1.3.1 Fisiografía.	9
I.1.3.2 Geomorfología	11
I.2. Geología.....	13
I.2.1. Geología regional.....	13
I.2.2. Geología local	16
I.3. Estratigrafía.....	18
I.3.1 Cretácico.....	18
Formación La Peña (Kip)	18
Formación Cuesta del Cura (Kcc)	20
Formación Indidura (Ksi)	23
I.3.2 Terciario.....	27
Riolita Panalillo (Trp)	27

I.3.3 Cuaternario	27
Conglomerado (Tcg)	27
Aluvión (Qal)	28
I.4 Geología Estructural.....	29
I.5 Tectónica.....	31
II.- ASPECTOS PALEONTOLÓGICOS Y SU REGISTRO FÓSIL.....	35
II.1. Tafonomía	35
II.2. El registro fósil de ofiuroides mexicanos	36
II.2.1 Fm. Ixtaltepec, Oaxaca	36
II.2.2 Fm. Tlayúa, Puebla	37
II.2.3 Fm. Aguja, Chihuahua	37
II.2.4 Fm. Cerro del Pueblo, Coahuila	38
II.2.5 Fm. San Juan, Chiapas.	38
II.2.6 Fm. Cuesta Del Cura, San Luis Potosí	39
II.3 Distribución geológica y evolución	41
III.- REGISTRO ESTRATIGRÁFICO DE LOS OPHIURIDOS.....	43
III.1.- Columna paleontológica local	43
IV.- TAXONOMÍA Y SISTEMÁTICA DE LOS OPHIURIDOS.....	48
IV.1 Generalidades de los equinodermos	48
IV.2 Clase Ophiuroidea	49
IV.2.1 Estructura	50
IV.2.2 Modo de vida	53
PALEONTOLOGÍA SISTEMÁTICA	54
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	70
BIBLIOGRAFÍA.....	71

LISTA DE FIGURAS

1. Mapa auxiliar que sitúa la zona de estudio (tomado de Pérez-Ortiz, 2009).	7
2. Mapa de vías de acceso al área de estudio (tomado de la Carta Estatal Topográfica de San Luis Potosí, escala 1:250000, INEGI 1996).	8
3. Mapa de localización de las Provincias Fisiográficas de México. (Tomado de Raisz, 1959)	10
4. Mapa del área de estudio que muestra el tipo de drenaje dendrítico predominante en la zona; y que presenta los principales afluentes en la superficie cartografiada. (Tomado de la Carta Topográfica MOCTEZUMA, INEGI)	12
5. Unidades paleogeográficas del Mesozoico en el estado de San Luis Potosí y localización del área de estudio (modificado de COREMI, 1992)	15
6. Columna geológica del área de Morados	17
7. Sistema de Fallas San Luis – Tepehuanes, donde se representan las fallas más importantes de la zona	34
8. Distribución de los Ophiuroideos en México durante el Cretácico (tomado y modificado de López- Ramos (1981) y Martin-Medrano (2003)	40
9. Distribución geocronológica de los equinodermos (tomado y de Moore, 1952)	42
10. Columna estratigráfica local, donde se observa el promedio de individuos por m ²	44
11. Vista aboral para la estructura corporal de un Ophiuroideo (tomado de Moore, 1952)	49
12. Vista oral que muestra el disco central (tomado de Moore, 1952)	51
13. Sección transversal de un brazo de Ophiuroideo, (A) vista distal, (B) vista proximal (tomado de Moore, 1952)	52

LISTA DE FOTOGRAFIA

1. Vista panorámica de la Formación La Peña.....	19
2. Fauna presente dentro de la Formación La Peña, este fósil pertenece a la Subclase Ammonoidea cuenta con un tamaño de 5 cm, se entra remplazado por mineral calcita	19
3. Formación Cuesta del Cura, observándose la intercalación de estratos de 20 cm de espesor, con bandas de pedernal negro de espesor de 5 cm.....	22
4. Detalle en un fragmento de roca para la Formación Cuesta de Cura, que muestra fauna fósil de la Clase Ophiuroidea	22
5. interestratificación de caliza con caliza arcillosa, en la Formación Indidura.....	25
6. Detalle de la Formación Indidura, observándose fósil de <i>Inoceramus labiatus</i> , fósil índice de esta Formación	25
7. Vista del conglomerado presente dentro del área, donde se observa que contiene clastos de caliza, bandas de pedernal y fragmentos de lutitas	28
8. Vista de pliegue tipo chevron en el Arroyo Los Lobos, orientado hacia el este.....	30
9. Afloramiento de la Formación Cuesta del Cura en el Arroyo Los Lobos, en donde se realizó el levantamiento bioestratigráfico.....	45
10. Ophiuridos <i>in situ</i> , dentro de la Formación Cuesta del Cura.....	46
11. Detalle de un estrato de la Formación Cuesta del Cura, donde se intercalan algunas capas de caliza micrítica con caliza laminar	47

LISTA DE LÁMINAS

1. JHC-001-10x.- Brazo sin ornamentación de Gorgonocephalidae (B). Disco Central de Ophiura (D) (zoom 10x).....	55
2. JHC-002-10x.- Brazo de Ophiactidae donde se aprecian las vértebras (V) y espinas distintivas de esta Familia (E).	57
3. JHC-003-10x.- Disco central de Ophiactidae en vista oral (D), es visible la cavidad oral (O).	59
4. JHC-004-10x.- Brazo de Ophiurida (B) en el cual se aprecian las vértebras, estas se presentan sin ornamentación (V).	61
5. JHC-005-10x-A, JHC-005-10x-B. – Se observan los brazos de Ophiactidae (B), se distinguen las vértebras (V) y parte de las espinas (E)..	65
6. JHC-006-10x.- Brazo grueso y sin ornamentación de Gorgonocephalidae (B) no se aprecia las vértebras.	65
7. JHC-007-10x-A, JHC-007-10x-B. - Brazo delgado de Ophiactidae con espinas largas partiendo de las vértebras (B). Par de Ophiactidae en estado infantil (I).	67
8. EJH-50-10x.- Ophiactidae en estado infantil, es visible su simetría pentámera, disco central bien diferenciado (D), brazos largos y delgados (B).	69

AGRADECIMIENTOS

A mis padres

Alicia Canelo y José Hernández, porque creyeron en mí y porque me sacaron adelante, dándome ejemplos dignos de superación y entrega, porque en gran parte gracias a ustedes, hoy puedo ver alcanzada mi meta, ya que siempre estuvieron impulsándome en los momentos más difíciles de mi carrera, y porque el orgullo que sienten por mí, fue lo que me hizo ir hasta el final. Va por ustedes, por lo que valen, porque admiro su fortaleza y por lo que han hecho de mí.

A mis hermanos

Gerardo, Alicia, Verónica y Oscar Hernández Canelo, gracias por haber fomentado en mí el deseo de superación y el anhelo de triunfo en la vida, mil palabras no bastarían para agradecerles su apoyo, su comprensión y consejos en los momentos difíciles.

A mis compañeros y amigos

Andrés Torres, Carlos Oswaldo Zanella, Daniel Martínez, Enmanuel Avalos, Ludving Fermín Rojano y Emmanuel Almaguer por su amistad y apoyo profesional.

A Irene Pérez, por su ayuda y apoyo en muchos de los procesos que aquí tuvieron lugar.

A los doctores Margarito Tristán González, Ramón Torres Hernández y a M.C. Aurora Zavala Monsiváis por cada consejo que me brindaron durante mi carrera

Al M.C. Guillermo Alvarado Valdez, por su asesoramiento en el desarrollo de este trabajo, así como al M.C. Cesio Menahén Flores Castillo y la Ing. Arlene Navarro Moctezuma, por sus comentarios, consejos y conocimientos aportados en este documento.

A todos, espero no defraudarlos y contar siempre con su valioso apoyo, sincero e incondicional.

RESUMEN

La zona a estudiar se localiza al suroriente del Municipio de Moctezuma, San Luis Potosí, México, aproximadamente a 76 km de la capital del estado. Cuenta con una extensión territorial de 25 km², fisiográficamente pertenece a la Provincia Mesa Central (Raisz, 1959) y Paleogeográficamente a la Cuenca Mesozoica del Centro de México (Carrillo-Bravo, 1982). La mayor parte del área está formada por rocas cretácicas marinas que constituyen una porción del anticlinorio de "Santa Catarina", en la cual afloran las formaciones La Peña, Cuesta del Cura e Indidura, ésta estructura presenta pliegues con vergencia al NW. Su parte occidental está formada por rocas extrusivas, (producto de actividad volcánica generada durante el Terciario) que sobreyacen discordantemente a las formaciones cretácicas.

Geocronológicamente las formaciones que comprenden la zona de estudio van desde el Aptiano (La Peña) hasta el Turoniano (Indidura), mientras que cronoestratigráficamente las rocas volcánicas pertenecen al sistema Terciario (Riolita Panalillo).

Dentro de la Formación Cuesta del Cura se identificaron restos de equinodermos de la clase Ophiuroidea, los cuales en este trabajo se describieron y clasificaron sistemáticamente, únicamente determinando su Orden y Familia por falta de elementos diagnósticos, carentes en la estructura corporal de los organismos fósiles.

INTRODUCCIÓN

Los equinodermos son animales cuya piel aparece cubierta por púas (*echinos* = púa y *derma* = piel). Son invertebrados exclusivamente marinos de simetría pentámera.

Este trabajo en particular habla sobre la Clase Ophiuroidea, la cual es un grupo muy próximo a los Asteroideos, se conocen desde el Ordovícico inferior hasta la actualidad.

Se distinguen fácilmente de las estrellas de mar por su disco central, claramente delimitado, y sus largos y finos brazos cilíndricos. Las ofiuras viven en zonas geográficamente diversas, tanto en aguas poco profundas como a varios miles de metros de profundidad, tal es el caso de los organismos presentados en este trabajo.

En México los fósiles de Ophiuroideos son muy raros en comparación a otros equinodermos (Nieto-López y García-Barrera, 2006). Para el 2009 solo se contaba con 3 reportes de Ophiuroideos en México, en Redoma Coahuila, Altares Chihuahua y Tepexi de Rodríguez Puebla (Martin-Medrano, 2006, 2009), este documento aporta una nueva localidad con presencia de estos organismos, con la diferencia de que los primeros corresponden a hábitats de plataforma y los mencionados en este documento pertenecen a cuenca profunda.

Objetivos.

Objetivo General.

En este trabajo se pretende identificar los diferentes organismos de la Clase Ophiuroidea presentes en el área de estudio, así como desarrollar la clasificación taxonómica sistemáticamente, con el fin de determinar las especies que habitaron este ambiente durante el Cretácico Medio (Albiano- Cenomaniano).

Para este análisis se examinan diferentes especímenes recolectados en la localidad de Morados, perteneciente al Municipio de Moctezuma, S.L.P.

Objetivo Particular.

- elaborar un documento que sirva como material de consulta y registro taxonómico para Ophiuroideos localizados en el estado de San Luis Potosí, específicamente para la Formación Cuesta del Cura, en la localidad de Morados, Municipio de Moctezuma, S.L.P.

Trabajos previos.

Aguillón-Robles y Tristán- González (1981), realizan la cartografía geológica de la Hoja Moctezuma, donde definieron por primera vez la estratigrafía de los sedimentos marinos cretácicos y consideraron a la Sierra de Santa Catarina y San Antonio de Rúl como anticlinales recostados, producto de la orogenia Laramide ocurrida en el Cretácico Tardío – Terciario Temprano.

López-Linares (1983), efectúa la cartografía geológica de la Hoja Moctezuma escala 1: 50000; la cual, describe la secuencia estratigráfica de las sierras de Santa Catarina y Charcas. Estas estructuras las definió como anticlinales buzantes hacia el SE. Ambos anticlinales están constituidos de sedimentos marinos correspondientes al Aptiano hasta el Maastrichtiano, y remanentes aislados de una ignimbrita del Terciario.

Argüelles- Moreno (2006) clasifica estos organismos hasta el Orden en la Formación Indidura papa la localidad de “El Pelón”, en Ahualulco, S.L.P. Sin poder profundizar más allá por ausencia de elementos diagnóstico, debido a una insuficiente preservación fósil e inadecuada conservación.

Martin–Medrano *et al.* (2009) identifican organismos de la Clase Ophiuroidea en la Formación Tlayúa propia del Albiano, específicamente en la Cantera Tlayúa, perteneciente al municipio de Tepexi de Rodríguez (estado de Puebla, México); donde logro describir una nueva especie *Ophiactis applegatei*.

Metodología.

La metodología para desarrollar este trabajo consistió en desarrollar las siguientes etapas acorde con el método científico:

Trabajo inicial (Gabinete).

- Recopilación de información bibliográfica y cartográfica de la Formación Cuesta del Cura e información correspondiente a la clase Ophiurida.
- Digitalización de los mapas de localización, vías de acceso, fisiografía y paleogeografía.

Etapas de campo.

- Recolección de fauna fósil.
- Levantamiento cartográfico del área de estudio.
- Levantamiento de columna estratigráfica en el Arroyo Los Lobos.

Etapas de gabinete.

- Corte y dimensionado de muestras recolectadas para su análisis microscópico.
- Captura de fotografías macroscópicas con equipo digital (Samsung ES90, 14.2 Megapíxeles) y fotografías microscópicas con equipo estereoscópico LEICA MZ 125 y luz reflejada con fuente de luz de fibra óptica con cámara digital Motic (Moticam Pro 252 A).
- Identificación y clasificación de material recolectado.

Software

- Para la digitalización del mapa geológico y columna se utilizó El “*software AutoCAD 2010*”.

- Para edición de imágenes se utilizó el paquete Microsoft Office 2010 (Power Point, Word).
- Como base topográfica se utilizó la Carta Topográfica Moctezuma F14A-63, escala 1:50000 (INEGI), a partir de la cual se digitalizaron las curvas de nivel y toponimia en el programa “*AutoCAD 2010*”.
- La captura de fotografías de campo se realizó con una cámara fotográfica digital marca *Sony Cyber-shot*, modelo DSC-W180 y Samsung ES90 14.2 Megapíxeles.
- Lap top Lenovo, modelo Z470.

I.- MARCO GEOLÓGICO DEL ÁREA DE ESTUDIO

I.1.- Geografía.

I.1.1.- Localización del área de estudio.

La zona a estudiar se localiza al suroriente del Municipio de Moctezuma, San Luis Potosí, México, aproximadamente a 12 km y al noroeste aproximadamente 76 km de la Ciudad de San Luis Potosí, San Luis Potosí, México, con una extensión de 25 km². Se encuentra limitada por los paralelos 22°40'00" y 22°44'00" de latitud norte y los meridianos 101°12' y 101°08' de longitud oeste. Los poblados aledaños a la zona son Los Tajos, San Ignacio, Santa Teresa, Morados y San José del Grito. Administrativamente esta zona pertenece a la jurisdicción de Moctezuma, S.L.P. (Figura 1).

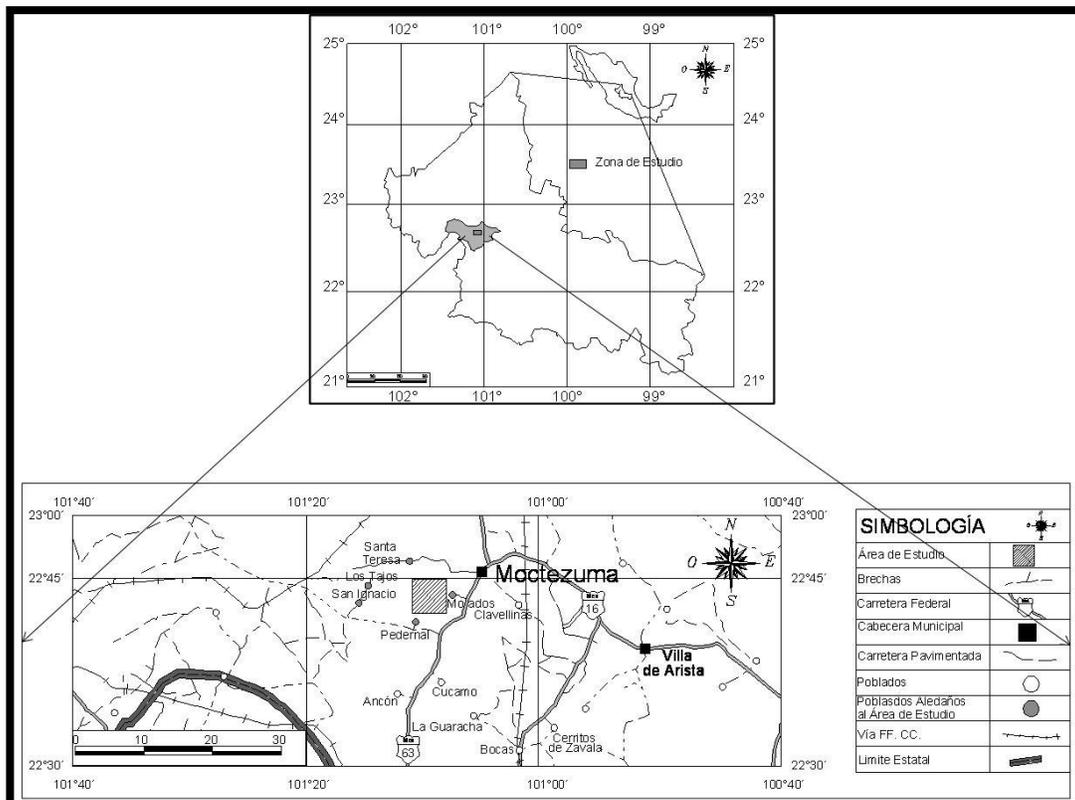


Figura 1. Mapa auxiliar que sitúa la zona de estudio (tomado de Pérez-Ortiz, 2009).

I.1.2.- Acceso y vías de comunicación.

Se tiene acceso al área de estudio partiendo de la Ciudad de San Luis Potosí, por la Carretera Federal N° 49, pasando el Municipio de Mexquitic, donde en el km 29 se entronca con la Carretera Federal N° 63 que va al poblado de Moctezuma, enseguida, continuando por el municipio de Ahualulco y siguiendo sobre la misma vía, aproximadamente a 8.6 km se toma el camino que va al ejido de Morados, S.L.P, pasando el poblado, se tiene un caminos de terracería, aproximadamente de 2.5 km hacia el noroeste de dicho municipio. (Figura 2).

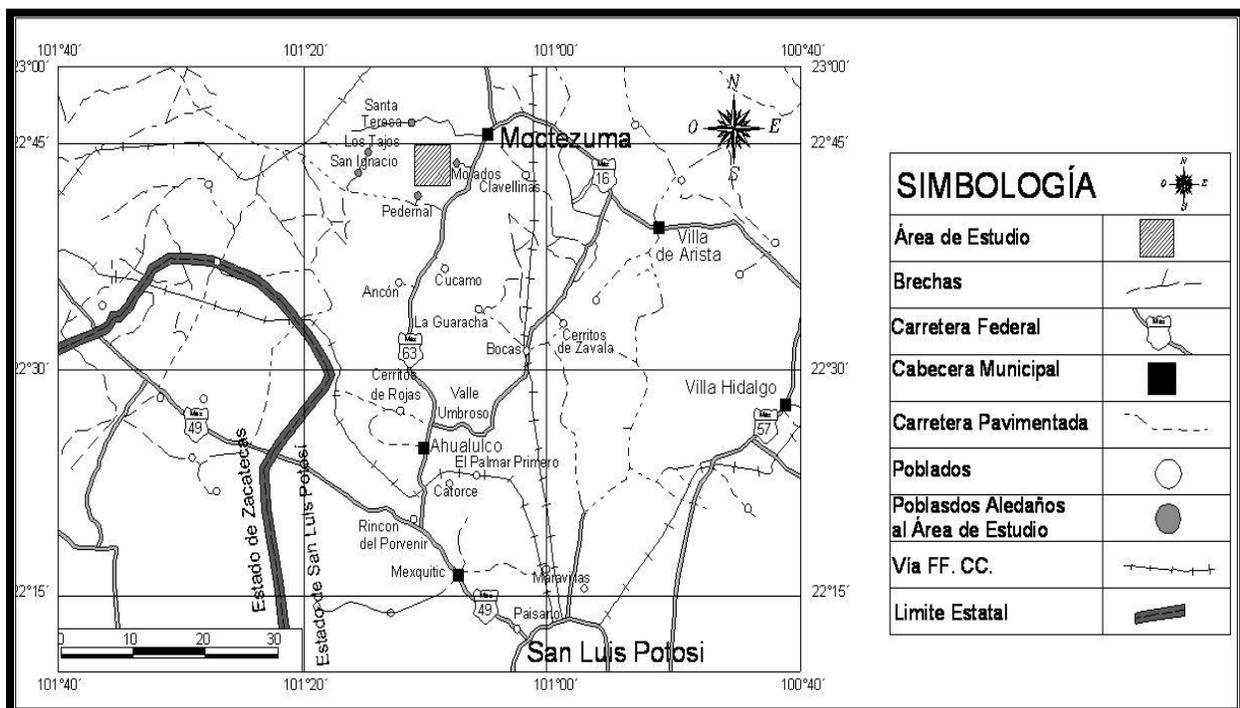


Figura 2. Mapa de vías de acceso al área de estudio (tomado de la Carta Estatal Topográfica de San Luis Potosí, escala 1:250000, INEGI 1996).

I.1.3.- Fisiografía y geomorfología.

I.1.3.1 Fisiografía.

El área de estudio se encuentra en la porción oriental de la Provincia Fisiográfica de la Mesa Central (Raisz, 1959) (Figura 3). Esta provincia se localiza en la región central de la República Mexicana y se extiende hacia el sur desde el Río Nazas, en el Estado de Durango, hasta su colindancia con la Faja Volcánica Transmexicana. La Mesa Central está limitada al poniente por la Sierra Madre Occidental y al oriente por la Sierra Madre Oriental. Comprende parte de los estados de Durango, Zacatecas, San Luis Potosí, Aguascalientes y Guanajuato. La región fue afectada principalmente por vulcanismo Terciario, cuyas rocas al erosionarse, propiciaron el relleno de las depresiones dando origen a llanuras y mesetas amplias, interrumpidas por elevaciones prominentes que sobresalen sobre los llanos formados por rocas sedimentarias y algunas metamórficas. En el área estudiada la altitud es variada, en la parte sur, la elevación en las porciones más bajas es de los 1900 m.s.n.m. y 2050 en las más altas. En el surponiente se encuentran dos llanuras aluviales de cierta extensión, donde se localizan los relieves más bajos con una altitud aproximada de 1900 msnm en la parte baja, alcanzando 1980 msnm en la parte alta. Dentro de esta parte se puede observar un paquete de rocas ígneas félsicas extrusivas de edad terciaria las cuales están discordantes con las rocas sedimentarias marinas, alcanzando una altura máxima de 1980 msnm. En el extremo norte de la zona, se localiza un conjunto de sierras de rocas sedimentarias marinas, es dentro de esta parte donde se encuentran las mayores altitudes dentro del área.

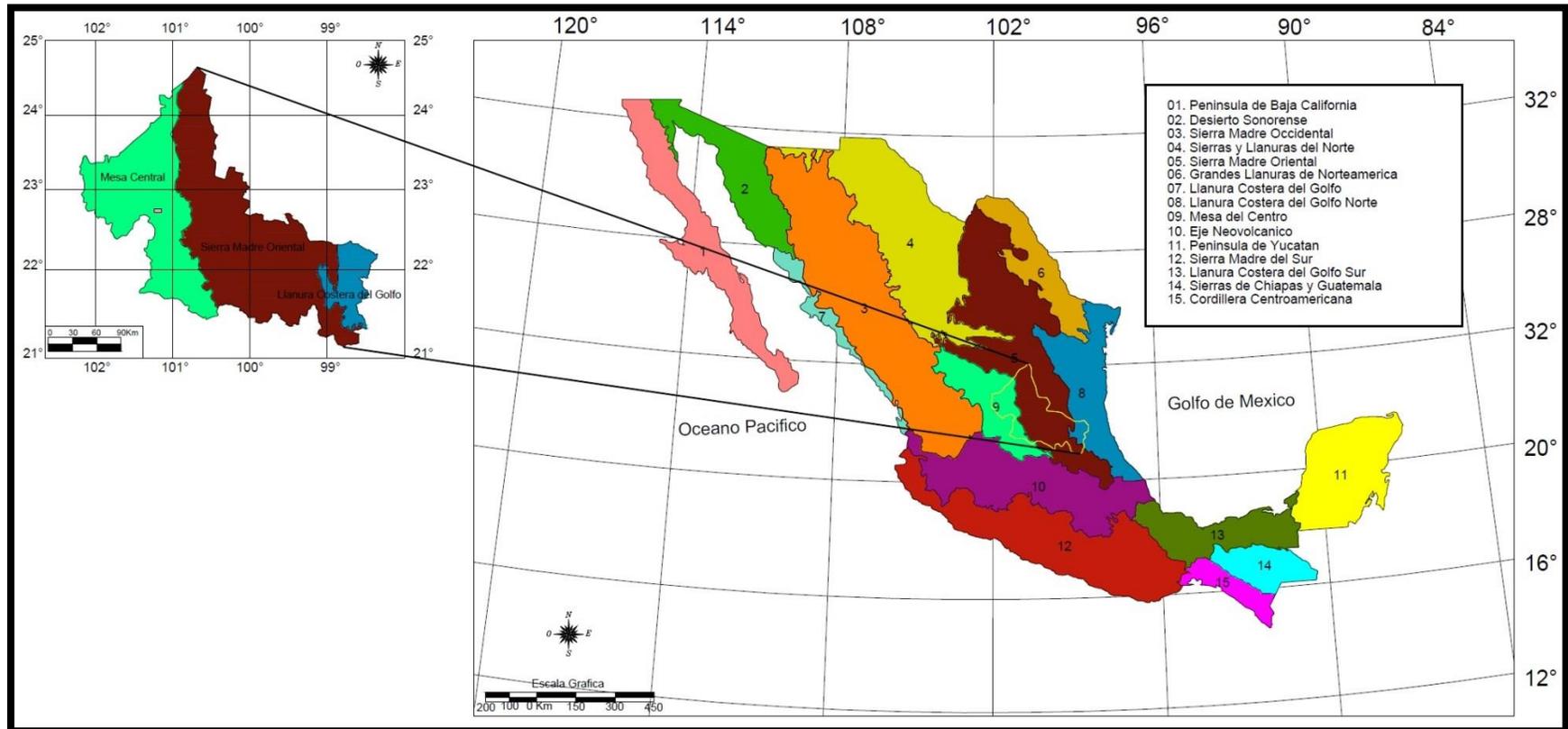


Figura 3. Mapa de localización de las Provincias Fisiográficas de México. (Tomado de Raisz, 1959)

I.1.3.2 Geomorfología.

El área estudiada está conformada por un conjunto de serranías, principalmente de rocas sedimentarias marinas de edad cretácica, plegadas intensamente con orientación de sus estructuras N-NW, exhibe una morfología de contornos suaves arredondados dando como resultado un ciclo de erosión avanzado.

El tipo de drenaje que presenta esta zona es de tipo dendrítico hasta de tercer orden, sus principales arroyos son Los Lobos, El Pelotazo y El Membrillo, (Figura 4). Los arroyos son intermitentes llevando agua únicamente en épocas de lluvia, la cual se pierden por infiltración y evaporación, drenando hacia la parte suroriente de la zona de estudio. La porción correspondiente a la Sierra de Santa Catarina, se caracteriza principalmente por un conjunto de sierras alargadas, separadas por valles intermontanos estrechos, rellenos por depósitos de grava y aluvión. Las orientaciones de estas sierras es N-S a N-NW, están constituidas por sedimentos cretácicos plegados.

En las laderas de los principales cerros que son La Cebolla, El Membrillo, La Orilla, Loma el Pelotazo y Loma Blanca (Figura 4), se ha desarrollado un sistema de drenaje nuevo (cárcavas) que se está labrando sobre las cubiertas de gravas y caliche, lo que representa una actividad erosiva retrograda.

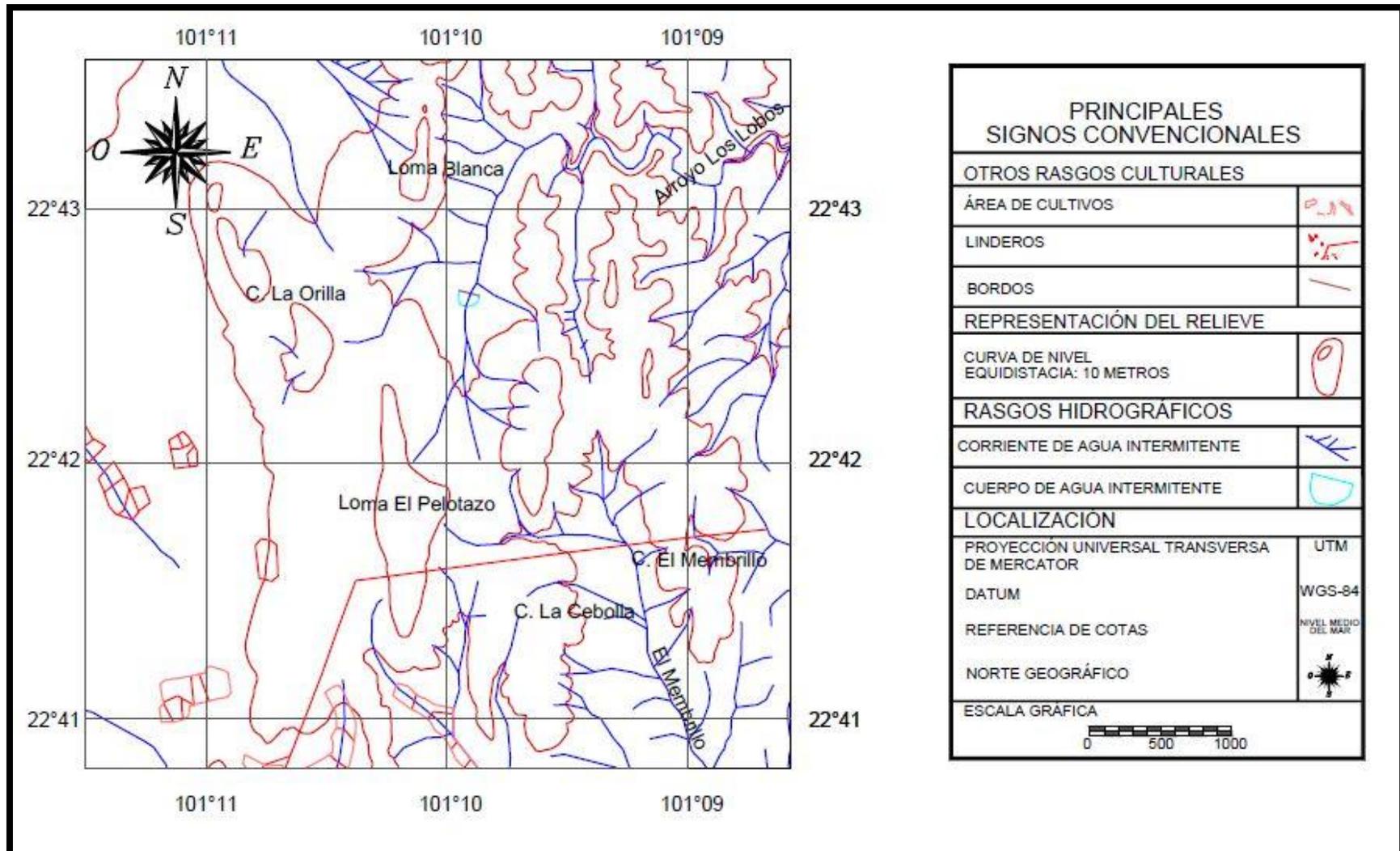


Figura 4. Mapa del área de estudio que muestra el tipo de drenaje dendrítico predominante en la zona; y que presenta los principales afluentes en la superficie cartografiada. (Tomado de la Carta Topográfica MOCTEZUMA, INEGI).

I.2. Geología.

I.2.1. Geología regional.

El área de estudio se ubica en la porción oriental de la Unidad Paleogeográfica conocida como Cuenca Mesozoica del Centro de México (CMCM), la cual se encuentra cubierta por sedimentos marinos del Cretácico y sedimentos clásticos continentales del Paleoceno – Eoceno así como remanentes de rocas volcánicas del Terciario (Carrillo–Bravo, 1982), está localizada en la porción central del país, donde se depositó sobre una secuencia sedimentaria que empezó en el Triásico Tardío con depósitos correspondientes a la Formación Zacatecas, posteriormente, durante el Jurásico Temprano, hubo depósitos de clastos continentales y rocas volcánicas de la Formación Nazas. La cuenca comenzó a desarrollarse en el Jurásico Medio (Calloviano), lo que permitió la sedimentación de terrígenos de la Formación La Joya, iniciando la transgresión marina sobre estos depósitos. En el Oxfordiano se desarrollaron pequeñas plataformas de caliza de la Formación Zuloaga. La subsidencia continuó hasta el Cretácico Temprano depositándose las Formaciones Taraises, Cupido, La Peña y Cuesta del Cura. La cuenca alcanzó su máxima profundidad durante el Albiano-Cenomaniano, para posteriormente levantarse hasta colmar en el Cretácico tardío con la Formación Caracol del Campaniano – Maastrichtiano. Esta se halla limitada al oriente por la PVSLP, al poniente por el complejo ígneo de la Faja Ignimbrítica de la Sierra Madre Occidental, al norte por rocas marinas mesozoicas plegadas de la Sierra Madre Oriental y al sur por la Faja Volcánica Transmexicana (Carrillo-Bravo, 1982). La CMCM se desarrolló sobre una zona en que, con anterioridad, se habían depositado rocas marinas del Paleozoico y la misma cuenca estuvo emergida temporalmente (Carrillo-

Bravo, 1982). Después del Jurásico medio todos los sedimentos marinos fueron depositados en aguas profundas, es posible suponer que en la cuenca se acumuló una secuencia sedimentaria mesozoica de más de 5, 000 m de potencia, que se inicia sobre los sedimentos del Triásico y termina a finales del Cretácico (Carrillo-Bravo, 1982).

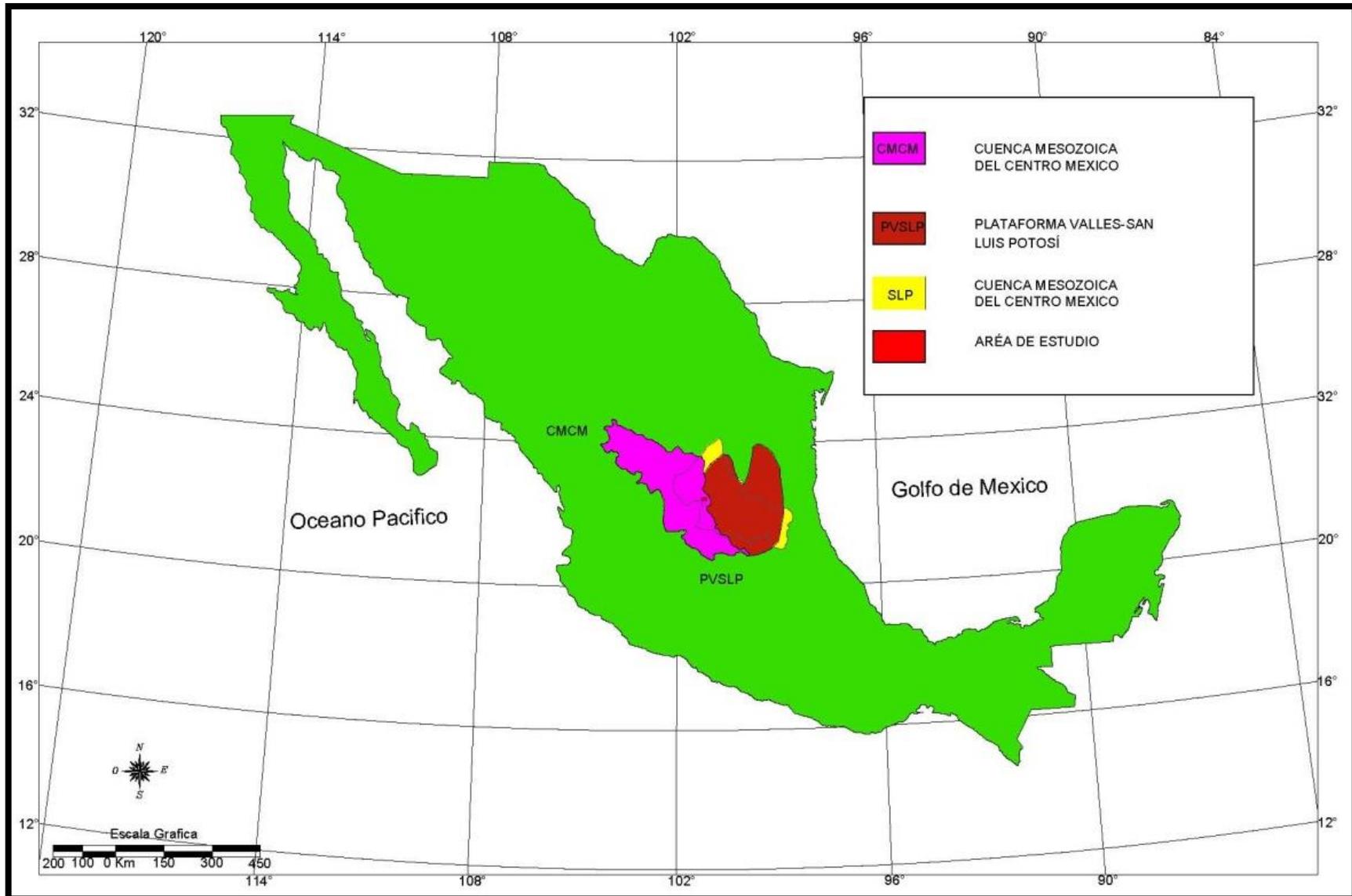


Figura 5. Unidades paleogeográficas del Mesozoico en el estado de San Luis Potosí y localización del área de estudio (modificado de COREMI, 1992).

I.2.2. Geología local.

El área de estudio pertenece en parte a la Sierra Santa Catarina, donde se encuentra una secuencia de rocas cretácicas, las formaciones que se presentan se depositaron dentro de la CMCM, estas formaciones comprenden edades que van del Aptiano hasta el Turoniano, que son las formaciones La Peña (Aptiano), Cuesta del Cura (Albiano-Cenomaniano) e Indidura (Turoniano).

Aguillón-Robles y Tristán-González (1981), describieron a la Sierra de Santa Catarina como un anticlinorio, formado por una secuencia deformada donde se distinguen numerosos pliegues recostados al NE.

Hacia la parte suroriente del área, afloran remanentes de la Ignimbrita Panalillo del Oligoceno, en forma de mesetas las cuales presentan basculamiento al E (Aguillón-Robles y Tristán-González, 1981; Labarthe-Hernández *et al.*, 1982), los valles se encuentran cubiertos por sedimentos aluviales del cuaternario. (Ver mapa anexo).

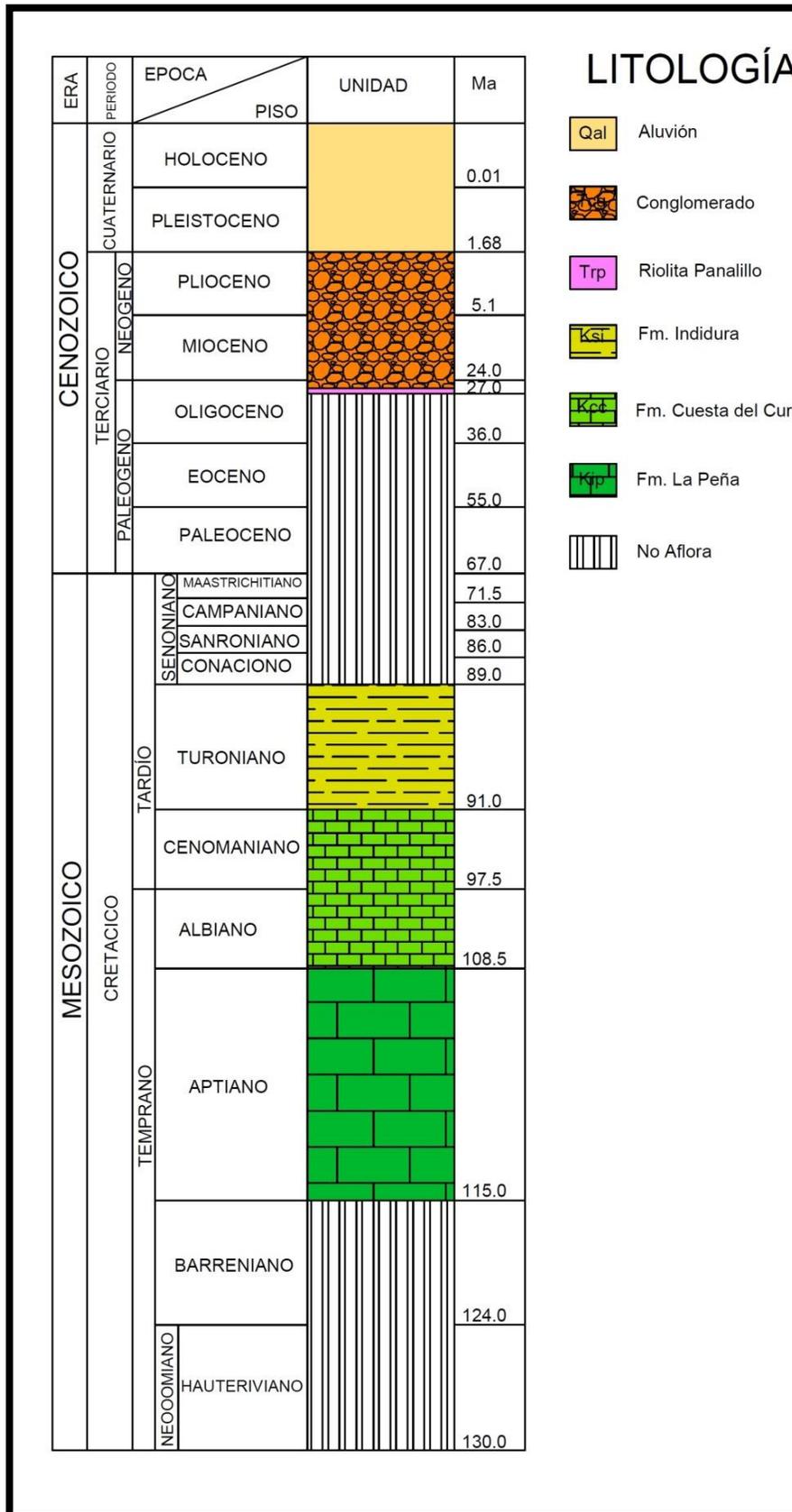


Figura 6. Columna geológica del área de Morados.

I.3. Estratigrafía.

I.3.1 Cretácico.

A) Formación La Peña (Kip).

Cretácico Temprano (Aptiano).

a).- Definición.

Descrita originalmente por Imlay (1936), en el flanco occidental de la Sierra de Parras, Coahuila, donde la dividió en dos miembros. El miembro inferior consiste de aproximadamente 427 m de caliza gris oscuro a gris claro con estratos medianos a gruesos, contiene horizontes de caliza con estratificación delgada y cantidades variables de lutita; las superficies intemperadas de la caliza son de gris a gris amarillento y pueden contener concreciones de pirita, así como nódulos de pedernal. El miembro superior, consiste de caliza de estratos delgados y lutita estratificada, el espesor propuesto por Imlay (1936) fue de 15 a 24 m.

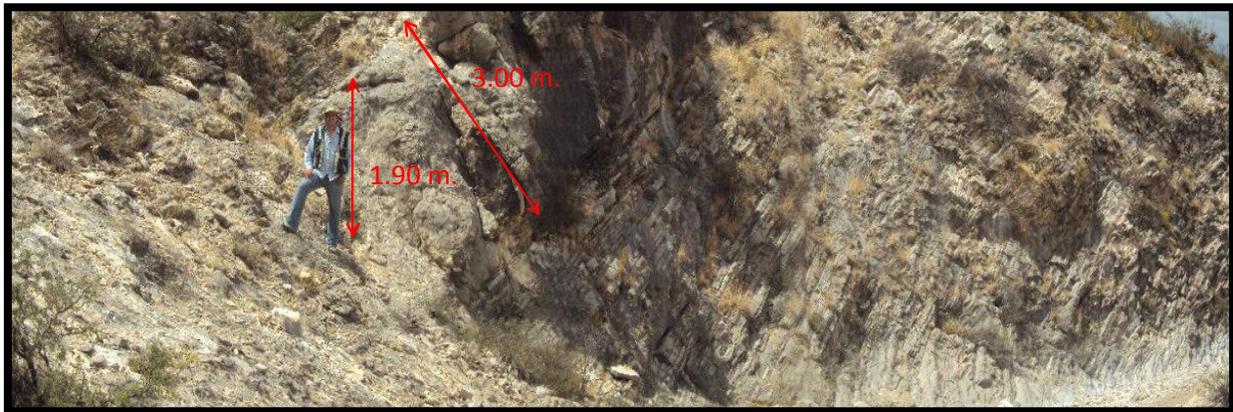
b).- Distribución.

En el área, la Formación La Peña aflora en la parte derecha superior de la zona dentro de lo que compone a la Sierra Santa Catarina (anticlinorio Santa Catarina).

c).- Litología y espesor.

Constituida principalmente en capas de estratificación media a gruesa de caliza micrítica y turbiditas de color gris claro a gris oscuro con nódulos de pedernal, nódulos de óxido de hierro. En ocasiones las capas presentan laminación fina que se intercalan con capas de pedernal de 5 a 10 cm, también se encuentran capas de más de aproximadamente 3 m (Fotografía 1), algunos lentes presentan fauna de *amonites* (Fotografía 2) pequeños y abundantes. Dentro de la secuencia hay horizontes donde se

intercalan capas delgadas de limolitas de color rojizo, estratos de caliza delgada arcillosa laminar y algunos estratos presentan brechas calcáreas.



Fotografía 1. Vista panorámica de la Formación La Peña.



Fotografía 2. Fauna presente dentro de la Formación La Peña, este fósil pertenece a la Subclase Ammonoidea cuenta con un tamaño de 5 cm, se entra remplazado por mineral calcita.

d).- Relaciones estratigráficas.

En la mayor parte se observó que subyace discordantemente a la Formación Indidura, por contacto de falla inversa, su contacto con la formación más antigua no se observó en el área.

e).- Edad y correlación.

Se le asigna la edad propuesta por Humphrey (1949), quien estudió su estratigrafía y paleontología en la Sierra de los Muertos en el estado de Nuevo León, situándola en el Aptiano. Se le correlaciona con la Formación Tamaulipas Superior de la Cuenca Mesozoica del Centro de México; la cuál ha sido estudiada ampliamente en la parte superior de la Nuevo León, e inferior de la Trinity del NE de México y sur de Texas.

f).- Medio ambiente de depósito.

De acuerdo a sus características litológicas, estos sedimentos se depositaron en un ambiente de aguas profundas con un aporte considerable de terrígenos que se sugiere proceden del talud de la Plataforma Valles San Luis Potosí, ya que muchos horizontes presentan carácter turbidítico y horizontes de brechas calcáreas.

B) Formación Cuesta del Cura (Kcc).**(Albiano-Cenomaniano).****a).- Definición.**

Descrita por Imlay (1936), quien la estudió en la sierra de Parras, Coahuila, en donde se encuentra la Caliza Aurora y la Formación Indidura. Consiste de capas de caliza gris oscuro a negro, en estratos medianos a delgados, con estratificación ondulante y lentes de pedernal abundantes. En algunos lugares contiene, interestratificación de capas lajosas de caliza arcillosa y laminaciones de lutita de color violáceo y rojizo.

b).- Distribución.

Aflora en la Sierra Santa Catarina, al norte del poblado El Pedernal, norte y sur del arroyo El Tule, sur de Santa Rita y poniente de Moctezuma (ver mapa geológico anexo).

c).- Litología y espesor.

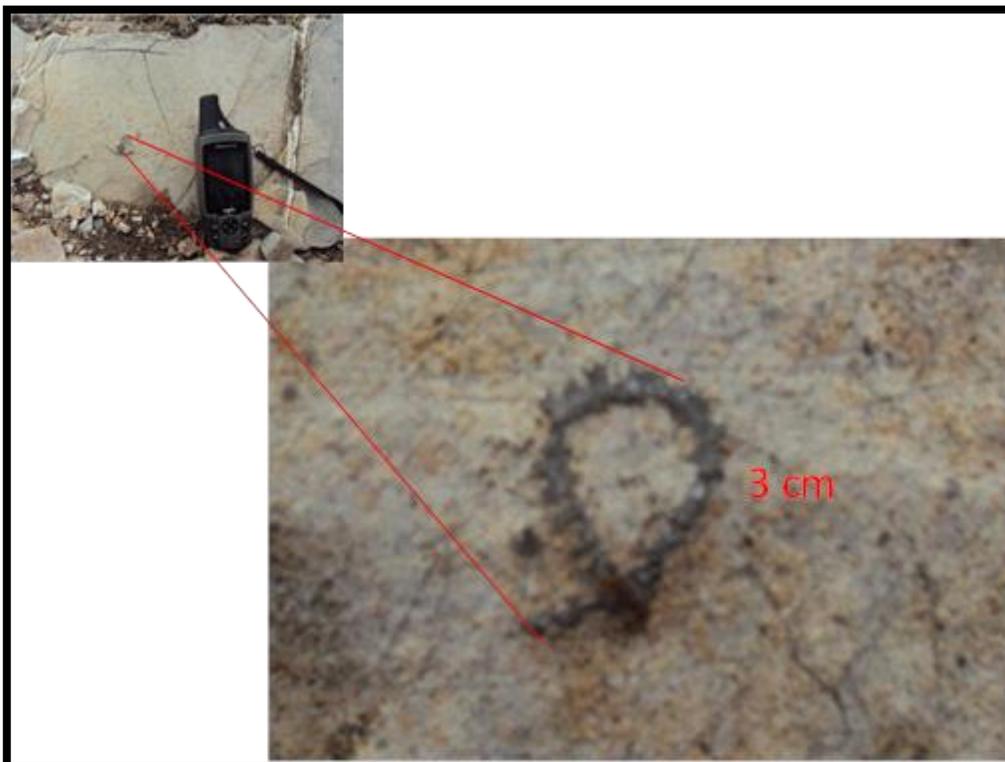
La litología más común descrita para este trabajo, es la intercalación de capas de caliza laminar gris claro, con horizontes de capas de caliza micrítica y algunas capas arcillosas de color gris claro que se intercalan con capas de pedernal negro de 2-5 cm (Fotografía 3). Se observaron fósiles que son característicos de la Formación Cuesta del Cura, tales fósiles fueron identificados como Ophiuridos (Fotografía 4), en la mayoría de los estratos en lo que se encontró este tipo de fauna, el espesor que predomina es de aproximadamente 3 a 5 cm. La caliza tiene una parte alóctona (brechas finas en capas laminares) y la autóctona caliza micrítica. Perpendicular a la estratificación presenta juegos de fracturas rellenas de calcita; su espesor en el área es de 75 m.

d).- Relaciones estratigráficas.

En el área de estudio La Formación Cuesta del Cura se encuentra concordante y transicional sobre la Formación La Peña y subyace también concordante con la Formación Indidura.



Fotografía 3. Formación Cuesta del Cura, observándose la intercalación de estratos de 20 cm de espesor, con bandas de pedernal negro de espesor de 5 cm.



Fotografía 4. Detalle en un fragmento de roca para la Formación Cuesta de Cura, que muestra fauna fósil de la Clase Ophiuroidea.

e).- Edad y correlación.

De acuerdo con la información de otras áreas Stinnesbeck (1983) la consideró de edad Albiano tardío-Cenomaniano. Humphrey in Pantoja-Alor (1963), la correlacionó con la Formación Cuesta del Cura, con el Grupo Washita del Albiano tardío o posiblemente Cenomaniano temprano. En el área de acuerdo a su posición estratigráfica entre las formaciones La Peña e Indidura, se le da la edad del Albiano – Cenomaniano. Barboza-Gudiño *et al.* (2004) la correlacionó con facies de plataforma y talud de la Plataforma Valles-San Luis Potosí.

f).- Medio ambiente de depósito.

Por sus características litológicas se infiere un depósito en condiciones infraneríticas a infrabatiales, y por su carácter turbidítico se considera su depósito muy cerca del pie de talud de la Plataforma Valles – San Luis Potosí.

C) Formación Indidura (Ksi).**Cretácico superior (Turoniano).****a).- Definición.**

Descrita originalmente por Kelly (1936) en la región de Delicias, Coahuila, quien le dio este nombre a unos 30 m de capas delgadas de lutita, caliza resquebrajadas y lajas que sobreyacen a la Caliza Aurora. Aguillón-Robles y Tristán-González (1981), la dividieron en dos miembros. El Miembro Inferior que consiste principalmente de caliza arcillosa y algunas veces carbonosa gris oscuro, que intemperiza en gris rojizo a castaño y capas de estratificación delgada a media entre 20 a 50 cm de espesor, intercaladas con lutita de color claro a rojizo y en ocasiones limolita con tono blanquizco. El miembro superior consiste principalmente de una alternancia de arenisca

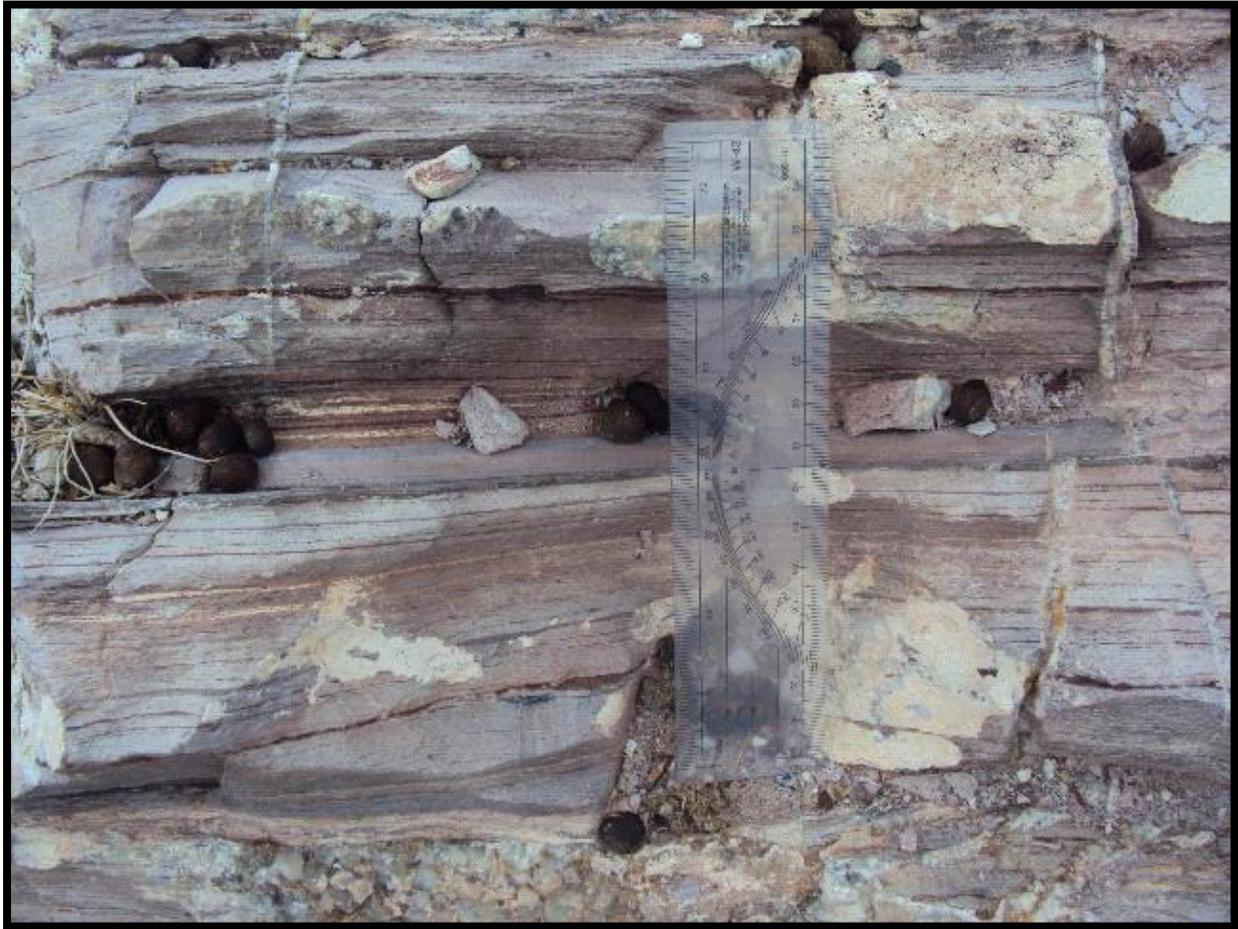
verde ocre y lutita físil que intemperiza en gris verdoso o castaño y algunos estratos de caliza arcillosa fétida negra que altera en un color castaño, los estratos son de 20 a 30 cm de espesor.

b).- Distribución.

En el área estudiada se encuentra aflorando al norte de San José del Grito, norte y sur del poblado Morados, Cerro La Cebolla y Cerro EL Membrillo.

c).- Litología y espesor.

En el área de estudio en la base de la formación predominan las capas de caliza café rojizo, fétida, en estratos que van de 2 a 4 cm (caliza micrítica) y se intercalan con capas más delgadas de caliza arcillosa de color violeta claro y con laminaciones de limolita del mismo color. En la parte media las capas de caliza son laminares y arcillosas de color café a ligeramente morado, que se intercalan con capas y bancos de limolita del mismo color (Fotografía 5). En la cima aumenta el contenido de limolita en capas de espesores diferentes predominando los de 5-20 cm y empiezan aparecer capas aisladas de arenisca feldespática, dentro del área se encuentra un afloramiento de 6.30 m aproximadamente que representa mejor la formación. Se determinó un espesor de 37 m.



Fotografía 5. interestratificación de caliza con caliza arcillosa, en la Formación Indidura.



Fotografía 6. Detalle de la Formación Indidura, observándose fósil de *Inoceramus labiatus*, fósil índice de esta Formación.

d).- Relaciones estratigráficas.

En el área de estudio la Formación Indidura se encuentra concordante sobre la Formación Cuesta de Cura y subyace también concordante y transicional con la Formación Caracol.

e).- Edad y correlación.

Por su posición estratigráfica y contenido paleontológico (Fotografía 6), se considera que la Formación Indidura es del Cenomaniano-Turoniano (Rogers *et al.*, 1957). Por su posición estratigráfica, en el norte de México, su edad comprende desde el Cenomaniano tardío al Santoniano. En la Mesa Central su alcance se restringe al Turoniano (López-Infanzón, 1986). Para este trabajo se le considera del Turoniano, por su posición estratigráfica con las Formaciones Cuesta del Cura y Caracol. Se correlaciona con el “Miembro Calcáreo–Arcilloso” de la Formación Tamasopo y el “Miembro Mixto La Muralla” de la Formación Agua Nueva, ambas correspondientes a la Plataforma de Valles–San Luis Potosí (Basáñez *et al.*, 1990). Asimismo, se correlaciona con la Formación Acuitlapán y Cuautla de la Plataforma de Morelos–Guerrero y la Formación Guzmantla de la Plataforma de Córdoba (Basáñez y Ruiz, 1991). Es correlacionable con la Formación Soyatal de la Plataforma Valles-San Luis Potosí y con la Formación Agua Nueva de la Cuenca Tampico-Misantla (Barboza-Gudiño *et al.*, 2004).

f).- Medio ambiente de depósito.

De acuerdo a su composición litológica esta formación se depositó en un ambiente nerítico, donde hubo gran cantidad de aporte terrígeno del occidente muy lejos de la plataforma.

I.3.2 Terciario

D) Riolita Panalillo (Trp)

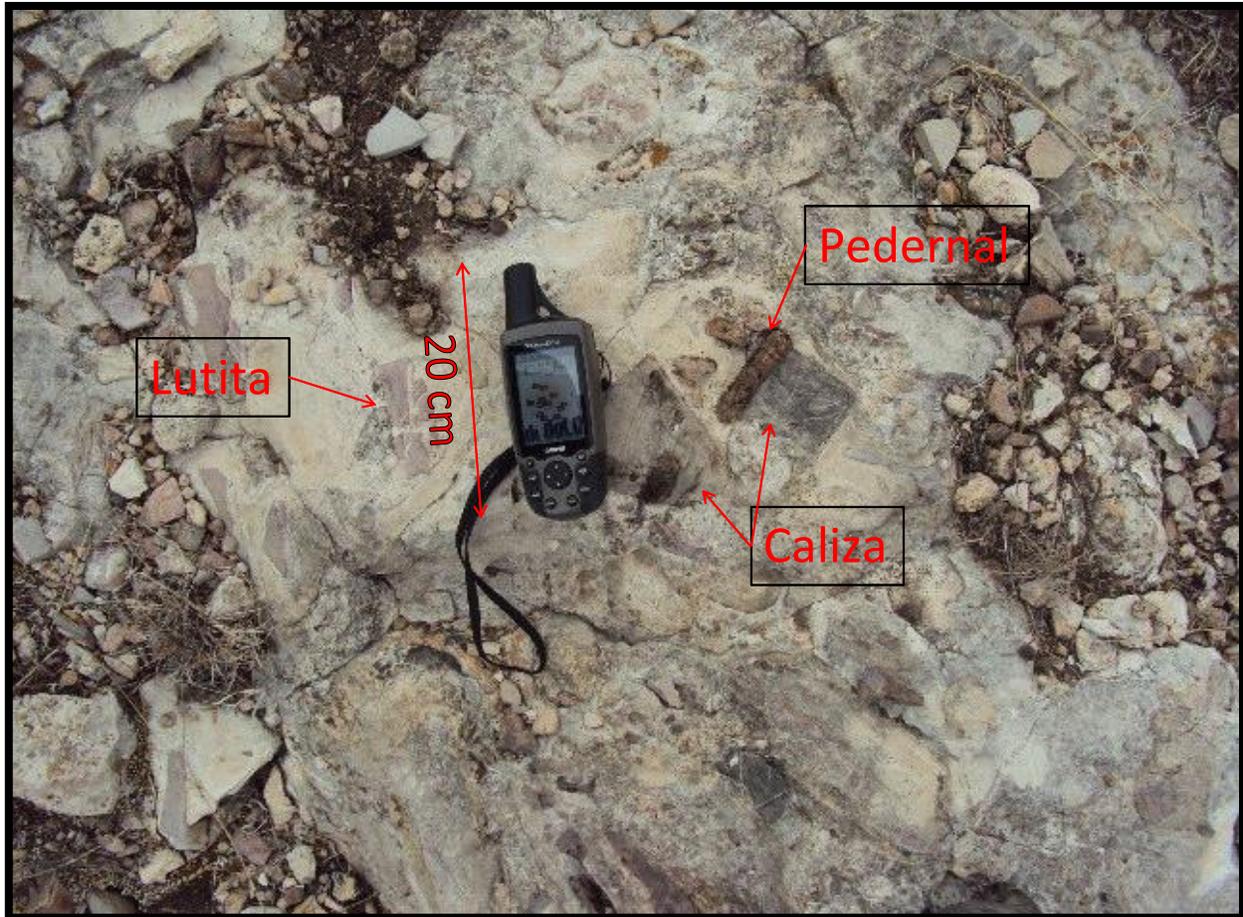
Terciario (Oligoceno)

Aflora en la parte oriente y poniente del poblado de Morados en remanentes pequeños formando mesetas. Aguillón-Robles y Tristán-González (1981) los afloramientos en esta área se describieron de la siguiente manera: consiste de dos miembros bien definidos (Tap y Trp). El Miembro Inferior (Tap) se trata de un depósito de caída, estratificada, gradada, en capas de 5 a 20 cm de color crema, con horizontes de grano fino y otros arenosos. El Miembro Superior (Trp) es una ignimbrita gris café, bien soldada, con fragmentos muy colapsados de pómez, con 10 % de fenocristales de 2 a 3 mm de cuarzo y sanidino en matriz desvitrificada. Su expresión topográfica típica es la de mesetas. La edad sugerida por Labarthe- Hernández *et al.* (1982) es de 26.8 ± 1.3 Ma, para el Campo Volcánico de San Luis Potosí.

I.3.3 Cuaternario.

E) Conglomerado (Tcg).

En la región norte ocupa gran parte del área, se compone de fragmentos redondeados a subredondeados de caliza y pedernal bien compactos de hasta 25 cm de diámetro, así como también fragmentos de lutitas, cementados por caliche (Fotografía 7), aflora principalmente en las laderas de la sierra y en las partes bajas y en algunos lugares se encuentran cubiertos por costras de caliche con 20 cm de espesor. Su mayor expresión se localiza en toda la ladera oriental de la Sierra de Santa Catarina.



Fotografía 7. Vista del conglomerado presente dentro del área, donde se observa que contiene clastos de caliza, bandas de pedernal y fragmentos de lutitas.

F) Aluvión (Qal).

Se le considera aluvión al material detrítico no consolidado compuesto por gravas, arenas, limos y arcillas, depositados sobre todo en los valles intermontanos, formando las vegas de los arroyos y quedando como terraza aluvial.

I.4 Geología Estructural

Las estructuras presentes en el área de estudio se atribuyen a la orogenia Laramide, donde la secuencia sedimentaria fue plegada a finales del Cretácico y principios del Terciario. La zona de estudio queda contenida dentro de la Sierra de Santa Catarina que se describe en este trabajo como una porción de un bloque perteneciente a un anticlinorio buzante hacia el S-SE y N-NW.

La deformación compresiva dio origen a numerosos pliegues de diferente dimensión recostados al NE, predominando los de tipo chevron (Fotografía 8). Los pliegues mayores son anticlinales y sinclinales recostados al E-NE. En los núcleos de los anticlinales se encuentra la Formación La Peña y en los sinclinales las formaciones Indidura. Todas las estructuras tienen un rumbo preferencial de N-S, formando pliegues (anticlinales y sinclinales) recostados al oriente. En la parte sur del área en el Arroyo Los Lobos, los sedimentos marinos de las Formaciones La Peña y Cuesta del Cura se encuentran plegados intensamente; los ejes de los pliegues están orientados aproximadamente N-S. El sistema de fracturas y vetas por lo general están rellenas de calcita y son el resultado de los esfuerzos producto de la deformación Laramide que se encuentran perpendiculares a los planos de estratificación.



Fotografía 8. Vista de pliegue tipo chevron en el Arroyo Los Lobos, orientado hacia el este.

I.5 Tectónica.

Durante todo el Cretácico el movimiento de la Placa Pacífica con respecto a la de Norte América, debió haber sido importante para deformar los sedimentos acumulados en la CMCM, y es a partir del Turoniano (Formación Indidura) cuando la cuenca empieza a perder profundidad; esto puede deberse a la disminución de la velocidad de interacción de las placas, sobre todo la Pacífica, lo que originó el levantamiento del poniente de la Placa Norteamericana, ocasionando el aumento de compresión y empezar así a actuar los esfuerzos y causar acortamiento de la secuencia, y al mismo tiempo un rápido flujo de sedimentos de tipo *flysh* hacia el oriente, procedentes un arco volcánico situado al occidente (Atwater, 1970). Es a fines del Cretácico y principios del Terciario cuando la velocidad de la Placa Norteamericana decrece en forma gradual, posiblemente porque la dorsal del Pacífico se estaba acercando al frente occidental de la Placa Norteamericana, y es entonces cuando los sedimentos acumulados en la cuenca sufren su máxima compresión y al disminuir los esfuerzos, se realiza el emplazamiento de cuerpos graníticos grandes, paralelos al borde occidental de la Placa Norteamericana (Atwater, 1970).

Al finalizar la compresión en el Terciario Temprano (Paleoceno-Eoceno), el régimen tectónico se transforma en eminentemente extensional dando origen a una provincia tectónica que se le conoce como Cuencas y Sierras (Stewart, 1978). En la evolución tectonomagmática del extremo meridional de la Provincia de Cuencas y Sierras (CyS) se han reconocido cuando menos cuatro periodos de extensión importantes para la Mesa Central de México de 30-27, 24-20, 13-10 y <5 Ma, donde contemporáneamente hubo actividad magmática con pulsos de extensión simultáneos, o casi simultáneos a

través de toda la porción meridional de CyS (Aranda-Gómez *et al.*, 2000). La composición y volumen de las lavas en cada uno de estos periodos varió de un lugar a otro, así, durante el pulso del Mioceno Temprano (24-20 Ma) en Chihuahua y al poniente de Texas, eran expulsados magmas intraplaca sin xenolitos del manto (Aranda-Gómez *et al.*, 2000), mientras que en Guanajuato y el núcleo de la Sierra Madre Occidental (SMO) ocurría un vulcanismo calco-alcalino asociado con la subducción (Aranda-Gómez *et al.*, 2000). En el lapso 13-10 Ma, en Durango, San Luis Potosí y Zacatecas eran expulsados magmas intraplaca (Aranda-Gómez *et al.*, 2000). El cambio del vulcanismo asociado a una margen convergente (calcoalcalino) a magmatismo intraplaca (alcalino) varió sistemáticamente en edad de norte a sur y de oriente a poniente, al parecer la componente de desplazamiento de N-S fue menor y menos evidente que la E-W.

El límite oriental de la Mesa Central lo constituye un sistema de fallas normales de dirección N-S que se extiende desde San Miguel de Allende y Querétaro hasta más al norte de la Sierra de Catorce, formando el límite entre la Mesa Central y la Sierra Madre Oriental. Estas fallas corresponden también a la parte septentrional del Sistema de Fallas Taxco-San Miguel de Allende (SFTSMA) (Alaniz-Álvarez *et al.*, 2002, Alaniz-Álvarez y Nieto-Samaniego, 2005, Figura 7). Este sistema de fallas coincide también con el límite paleogeográfico, entre la Plataforma Valles-San Luis Potosí, localizada al oriente, y la Cuenca Mesozoica del Centro de México, ubicada al poniente. Las fallas que forman el SFTSMA han sido reconocidas en las siguientes localidades:

- En la Sierra de Catorce (Barboza-Gudiño *et al.*, 2004), se reconocen fallas de dirección N-S que se localizan en el costado poniente y buzanan hacia la misma dirección. No se tiene información detallada sobre las magnitudes y edad del desplazamiento ya

que no afloran rocas terciarias que permitan cuantificarlos, pero considerando el escarpe que forman las fallas suponen que su desplazamiento fue preponderantemente de tipo normal y la edad probable de actividad de las fallas es el Paleógeno, ya que cortan a estructuras de dirección NW-SE que tienen emplazados sobre ellas diques cuarzo-monzoníticos de 53 ± 4 Ma (Mujica-Mondragón y Jacobo-Albarrán, 1983).

- El Graben de Villa de Arista se trata de una serie de fallas normales bastante erosionadas que forman un graben con relleno fluvial (Moreira-Rivera et al., 1998). En la ciudad de San Luis Potosí el desplazamiento vertical de esta estructura es de aproximadamente 500 m (Tristán-González, 1986) y las fallas estuvieron activas durante el Oligoceno (Nieto-Samaniego *et al.*, 1997).

- En la región de San Miguel de Allende y Querétaro han sido mejor estudiadas estas fallas, en ambos casos se trata de grupos de fallas normales, paralelas, con dirección de alargamiento este-oeste.

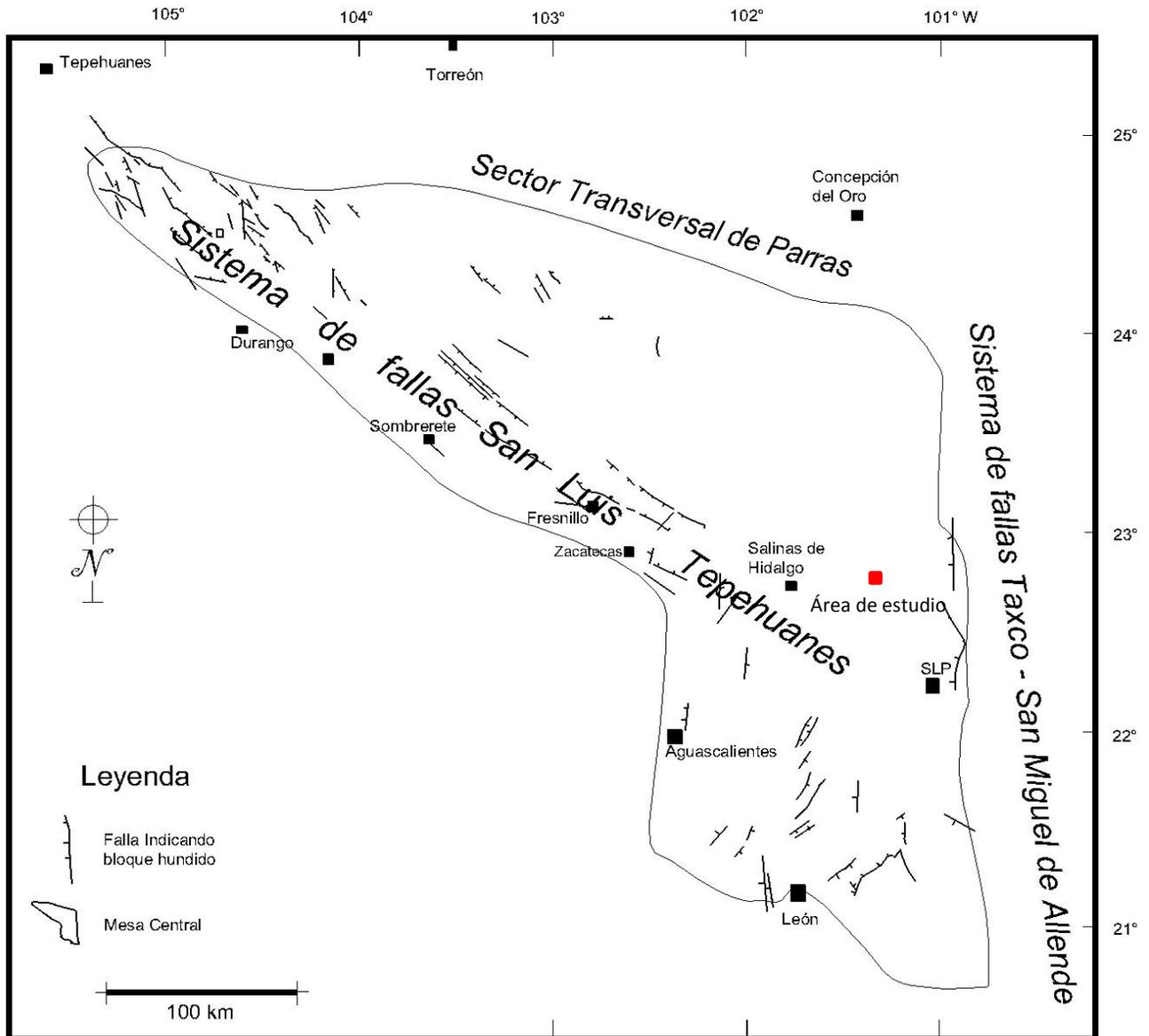


Figura 7. Sistema de Fallas San Luis – Tepehuanes, donde se representan las fallas más importantes de la zona.

II.- ASPECTOS PALEONTOLÓGICOS Y SU REGISTRO FÓSIL

II.1. Tafonomía

En las últimas dos décadas una rama interdisciplinaria de la paleontología ha ganado importancia en la comprensión de los registros fósiles. Tafonomía, la ciencia de las "leyes de la sepultura" (de las *taphos* griego, que significa tumba, y *nomos*, que significa ley). Esta ciencia multidisciplinaria implica aspectos de la biología, la geología y la química. Se utiliza la información contenida en el registro fósil para ayudar a establecer los procesos que afectan a la conservación organismo de la muerte, a través de la descomposición y la desintegración, hasta el descubrimiento de fósiles. Tafonomía también da una visión de gran alcance en la información paleoambiental, incluyendo pistas que los geólogos facilitar el reconocimiento de los cambios paleoambientales y el efecto de las transiciones a la población faunística.

Interpretación Tafonomía Se define como la preservación excepcional de materiales fósiles, en depósitos que son inusualmente ricos, ya sea en la diversidad de fauna o la calidad de conservación. Nebelsick (2004) observó que los depósitos de equinodermos son creados en tres formas principales: (1) asfixia de los organismos por los depósitos de flujo de masa, (2) el depósito en ambientes anóxicos o hipersalina, y (3) los depósitos pluviales generadas. La preservación de ofiuroideos totalmente articulados es poco frecuente debido a la rápida desarticulación de la cadena de huesecillos que forman su endoesqueleto. Las tasas de desarticulación post mortem fueron investigados por Twitchett et al. (2005). A los 6 ° C, ofiuroideos muertos comienzan desarticulación de un plazo de 15 horas debido a la rápida descomposición del tejido conjuntivo lábil. La tasa de desarticulación de ofiuroideos muertos duplica con cada

aumento de 10 ° C en temperatura (Twitchett et al., 2005). Esta alta tasa de desarticulación infiere que el rápido entierro debe ocurrir con el fin de preservar especímenes totalmente articulados lo cual no se presenta en esta zona ya que la gran mayoría de los ejemplares se presentan disgregados.

Estos factores sugieren que los ofiuroides encontrados en la Formación Cuesta del Cura: (1) se sometieron una moderada descomposición antes de enterramiento, esto debido al grado moderado de desarticulación, (2) se enterraron rápidamente basándose en las características de preservación de los ejemplares colectados, y (3) el grado de desarticulación es casi idéntico a lo largo del lecho donde se depositaron los Ophiuroides, lo que indica que era una población viva.

II.2. El registro fósil de ofiuroides mexicanos

El registro fósil de ofiuroides mexicanos es relativamente escaso en comparación a otros grupos de echinodermos. El análisis de la diversidad de ellos y su distribución geológica fue publicado por Martín Medrano (2003). En el cual muestra la ubicación de este grupo en diferentes sitios de México, en este trabajo se agrega una nueva localidad, ubicada en el Municipio de Moctezuma, San Luis Potosí. A continuación se describe brevemente cada una de ellas incluyendo la del presente trabajo (Figura 3).

II.2.1 Fm. Ixtaltepec, Oaxaca.

(Medrano, 2003) cita lo siguiente “Quiroz-Barroso y Sour-Tovar (1995) describen brevemente ophiuridos del Paleozoico de la Formación Ixtaltepec (Pensilvánico). En el Estado de Oaxaca. Este es el Ophiurido más antiguo que se encuentra en México. La

muestra se sitúa en el Museo de Paleontología. Facultad de Ciencias. U.N.A.M. y está representado por las impresiones negativas de la superficies dorsal y ventral.

El disco está compuesto por placas orales pentagonales y escudos adórales muy grandes y delgados. Los brazos son grandes y delgados, sin placas dorsales, las placas ventrales del brazo son discretas. Este ejemplar representa el hallazgo más austral en México.

II.2.2 Fm. Tlayúa, Puebla.

La ocurrencia de ofiuroides del Cretácico en la cantera de Tlayúa, en el Estado de Puebla, fue el primer informe de Ophiuridos en México (Applegate, 1987). Sin embargo, ningún trabajo descriptivo detallado se ha realizado con estos especímenes. Hasta la fecha, trece diferentes fósiles de ofiuroides de la cantera de Tlayúa (Albiano) se han reunido y están en estudio. Doce de ellos son parte de la Colección Nacional de Paleontología en el Instituto de Geología de la U.N.A.M. y la muestra restante se guarda en la Museo de paleontología de la Facultad de Ciencias de la U.N.A.M.

II.2.3 Fm. Aguja, Chihuahua.

Martin-Medrano en 2003 reportó el primer registro de Ophiuridos pertenecientes a la Familia *Amphiuridae*, del Cretácico de Chihuahua. La muestra completa esta representa por la superficie ventral con dos brazos expuestos extendidos y otros tres brazos cruzados cerca del disco central. Los brazos son delgados y flexibles, las placas ventrales del brazo son pentagonales y las laterales son más anchas en la base con 2 a 3 espinas grandes y delgadas, los escudos orales son triangulares; Este espécimen muestra afinidades con los representantes del Género *Amphiura*. La

muestra se resguarda en el Museo de Paleontología en la Facultad de Ciencias de la U.N.A.M.

II.2.4 Fm. Cerro del Pueblo, Coahuila.

Sólo una muestra de ofiuroides ha reportado en la Formación del Cerro del Pueblo, en Coahuila (Martín-Medrano, 2003). La superficie dorsal de este espécimen está muy bien conservada. Lamentablemente este ejemplar está incompleto, carece de un brazo y de las porciones distales de los otros. Muestra afinidades con los representantes del Género *Ophiomusium*. La superficie dorsal del disco está casi completamente cubierta por los escudos radiales, placas marginales primarias e interradales. La muestra se guarda en el Museo de paleontología de la Facultad de Ciencias de la U.N.A.M.

II.2.5 Fm. San Juan, Chiapas.

Un espécimen completo de ofiuroides asignado a la familia *Ophioleucidae* fue descrito brevemente por Martín-Medrano (2003), pertenece a la Formación San Juan, en el Estado de Chiapas. Ha conservado notablemente los brazos extendidos y la superficie ventral preservada en carbonato de calcio, lo cual permite la observación de las características tridimensionales de este espécimen. La forma del disco es pentagonal, la hendidura de la boca es muy amplia, las placas ventrales del brazo son romboidales, las placas laterales del brazo son muy amplias y cubren casi por completo la superficie del brazo, dos espinas están presentes. La muestra se resguarda en el Museo de Paleontología en el Instituto de Historia Natural del Estado de Chiapas.”

II.2.6 Fm. Cuesta Del Cura, San Luis Potosí.

Se localizaron especímenes desarticulados pertenecientes a la clase *Ophiuroidea*, los cuales se describen de manera muy sencilla, debido a las malas condiciones de preservación, una característica importante de estos ejemplares, es que son organismos de ambientes de cuenca profunda, esto se infiere por las condiciones de depósito de la Formación Cuesta Del Cura, el cual ya se mencionó anteriormente como perteneciente a un ambiente Infranerítico- infrabatial. El disco central no está bien diferenciado en la gran mayoría de los individuos, en algunos de ellos no se distinguen las placas laterales y ventrales de los brazos. Estos ejemplares se resguardan en el Laboratorio de Paleontología de la U.A.S.L.P.

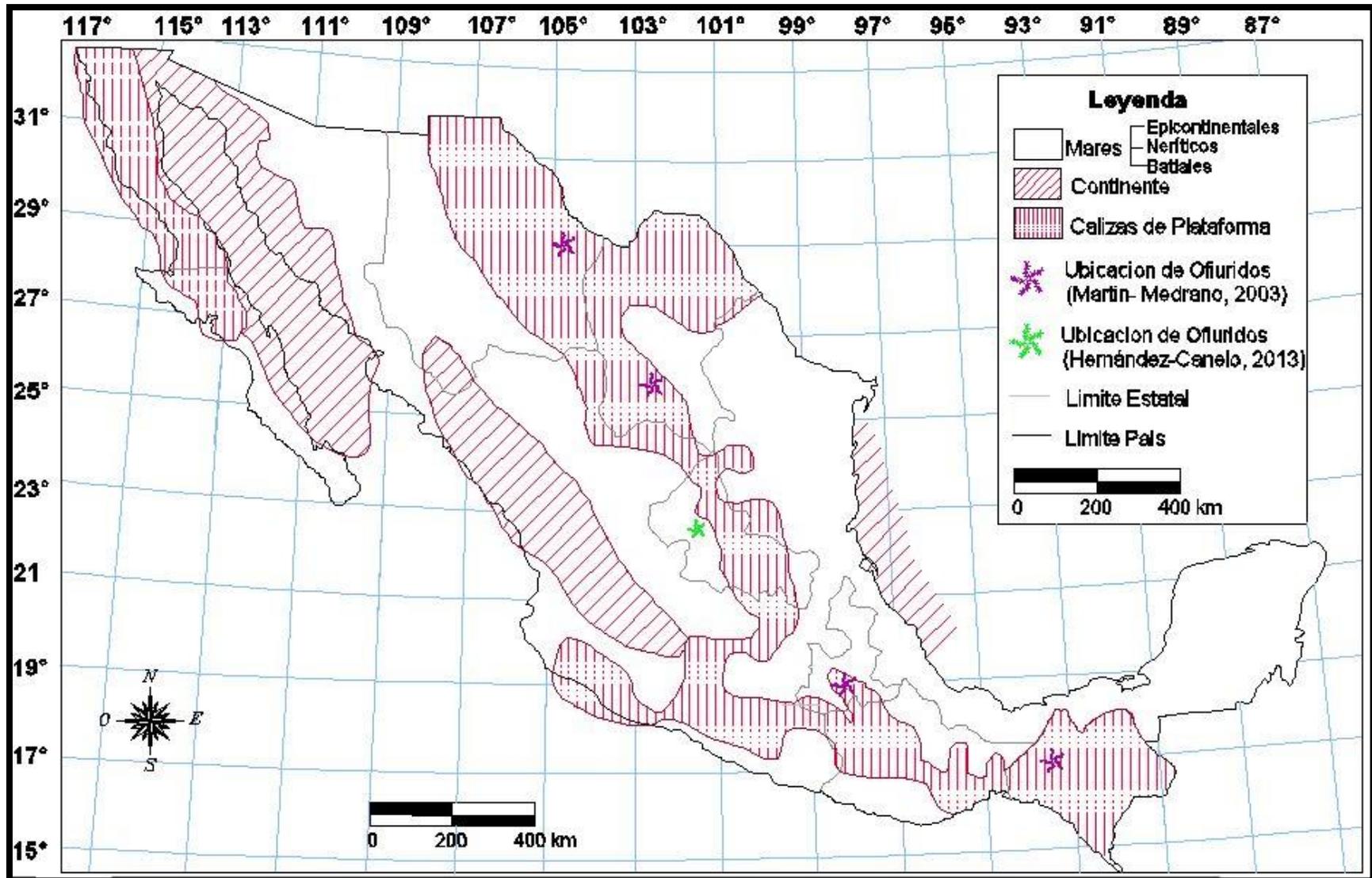


Figura 8. Distribución de los Ophiuroideos en México durante el Cretácico (tomado y modificado de López- Ramos (1981) y Martín-Medrano (2003)).

II.3 Distribución geológica y evolución

(Moore, 1952) afirma que “los Ophiuroideos fueron casi con certeza derivados de somasteroideos primitivos, antes del Ordovícico. Una secuencia evolutiva conduce desde la *Tremadociana villebrunaster* (somasteroideo) al ophiurido moderno que hizo su primera aparición en el Devónico.

La diferenciación de la población Ophiuroidea comenzó con la extensión de la cadena de huesecillos ambulacrales. Los huesecillos se desarrollaron junto a los ambulacrales, con una tendencia paralela a la evolución de los asteroides. Los Ophiuroideos tempranos, tales como la *Eophiura*, muestran dos filas de placas de este tipo, denominadas infralaterales y laterales, en formas más avanzadas estas placas se han fusionado para formar los protectores laterales. A principios del Ordovícico, las articulaciones de bola y cavidad y los músculos longitudinales se desarrollaron al mismo tiempo para dar la movilidad y potencia a los brazos.

En las formas del Paleozoico el canal de agua radial está dentro de las vértebras. Los primeros Ophiuroideos Paleozoico carecía escudo ventral y dorsal. Estas estructuras aparecieron por primera vez en el Devónico”.

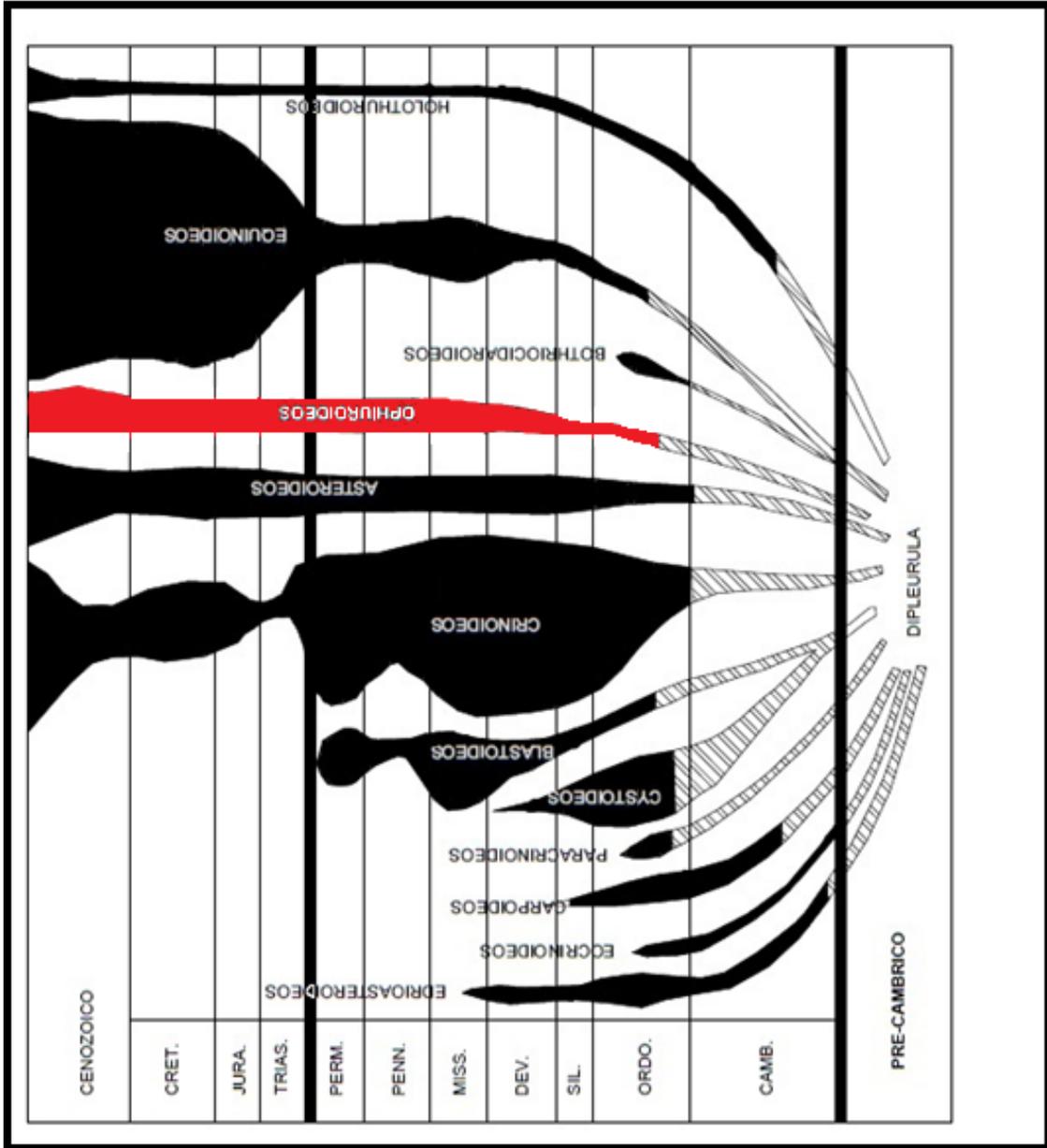


Figura 9. Distribución geocronológica de los equinodermos (tomado y de Moore, 1952).

III.- REGISTRO ESTRATIGRÁFICO DE LOS OPHIURIDOS.

En el área de Morados la presencia de Ophiuridos se limita a la Formación Cuesta del Cura (Albiano-Cenomaniano). Estos organismos se encuentran ampliamente distribuidos por toda la formación, principalmente en las unidades arcillosas, lo que nos lleva a pensar que los especímenes encontrados reptaban en el sedimento marino a grandes profundidades. Por sus características litológicas se infiere un depósito en condiciones infraneríticas a infrabatiales, y por su carácter turbidítico se considera su depósito muy cerca del pie de talud de la Plataforma Valles – San Luis Potosí. Barboza-Gudiño *et al.* (2004).

III.1.- Columna paleontológica local.

El levantamiento paleontológico se realizó a detalle capa por capa con la finalidad de obtener un registro paleontológico verídico (Fotografía 9), el cual queda registrado en la siguiente columna (Figura 10). La cual nos muestra la frecuencia estratigráfica local de los Ophiuroideos, así como la abundancia relativa (%) en cada uno de los niveles estratigráficos.

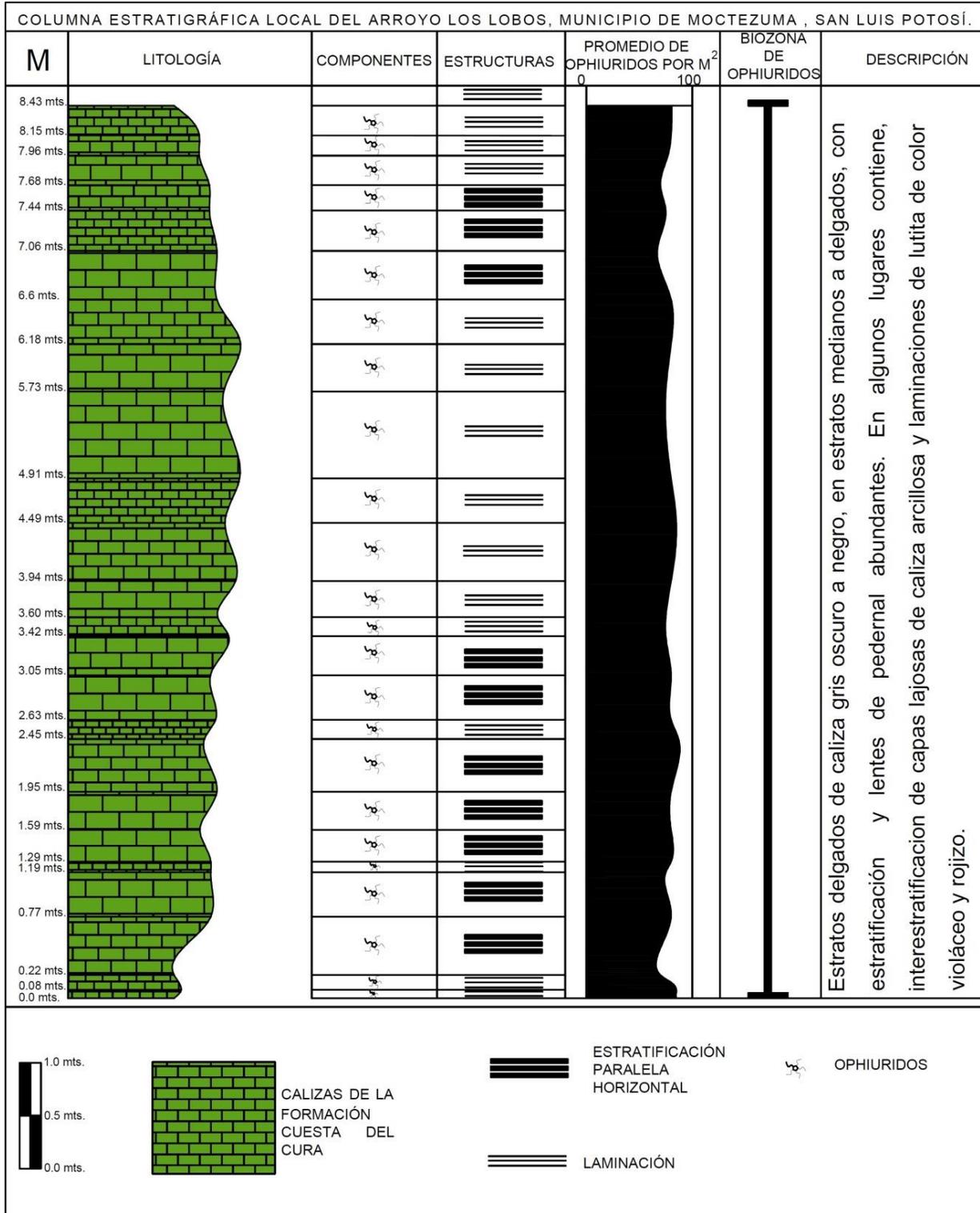


Figura 10. Columna estratigráfica local, donde se observa el promedio de individuos por m².



Fotografía 9. Afloramiento de la Formación Cuesta del Cura en el Arroyo Los Lobos, en donde se realizó el levantamiento bioestratigráfico.

Se trata de un afloramiento de la Formación Cuesta Del Cura, donde se midieron 8.43 mts. de espesor de la base a la cima (Fotografía 9), en el cual se observó un comportamiento constante de los estratos, tanto en su litología como en sus dimensiones y contenido paleontológico.

Del perfil Los Lobos se puede destacar lo siguiente, en la base se presentan estratos de calizas biomicríticas (Folk, 1959) con bandas de pedernal, así como gran cantidad de restos corpóreos de Ophiuroideos, estos están expuestos en la cima de cada estrato,

como ya se mencionó anteriormente, estos se presentan en su mayoría desarticulados (Fotografía 10).



Fotografía 10. Ophiuridos *in situ*, dentro de la Formación Cuesta del Cura.

Las estructuras sedimentarias que predominan en el perfil son la laminación y la estratificación paralela (Fotografía 11), las cuales se presentan constantes a través de toda la secuencia. En la parte superior de la columna se hace más evidente el aporte de arcillas debido a la aproximación del contacto transicional con la Formación Indidura, cabe mencionar que la estructura laminar de las arcillas nos indica un ambiente de poca energía.



Fotografía 11. Detalle de un estrato de la Formación cuesta del cura, donde se intercalan algunas capas de caliza micrítica con caliza laminar.

IV.- TAXONOMÍA Y SISTEMÁTICA DE LOS OPHIURIDOS.

IV.1 Generalidades de los equinodermos.

Este filo incluye invertebrados marinos de forma redondeada, subcilíndrica, estrellada o discoidal, fijos al sustrato o de vida libre, en los cuales la simetría bilateral solo es observada en el estado larval, ya que, posteriormente, resulta enmascarada por una simetría pentámera.

Poseen un caparazón o teca, integrado por un número variable de piezas, el cual da consistencia al cuerpo y protege a los diferentes órganos. Algunos equinodermos carecen de caparazón, pero su dermis contiene pequeñas espinas. Presentan sexos separados y suelen iniciarse como una larva planctónica de simetría bilateral.

Los equinodermos incluyen dos subfilos:

Subphylum Pelmatozoa

Equinodermos que viven fijos al sustrato durante toda su existencia o solo en estado juvenil. Comprende las clases: Heterostelea, Cystoidea, Blastoidea, Edrioblastoidea, Edrioastoidea y Crinoidea.

Subphylum Eleutherozoa

Equinodermos de vida libre, aunque algunos de ellos pueden tener una breve existencia fija. Comprende las clases: Holothuroidea, Asteroidea, Ophiuroidea, Ophiocystioidea, Equinoidea y Bothriocidarioidea.

IV.2 Clase Ophiuroidea

Los miembros de la clase Ophiuroidea tuvieron gran abundancia en los fondos marinos. En lugar de tener un cuerpo voluminoso, brazos gruesos y arrastrarse sobre sus pies tubulares, los Ophiuroideos tienen un cuerpo central bien definido en forma de disco, rodeado por brazos delgados los cuales impulsan al animal con movimientos semejantes a los de las serpientes (Fig. 11).

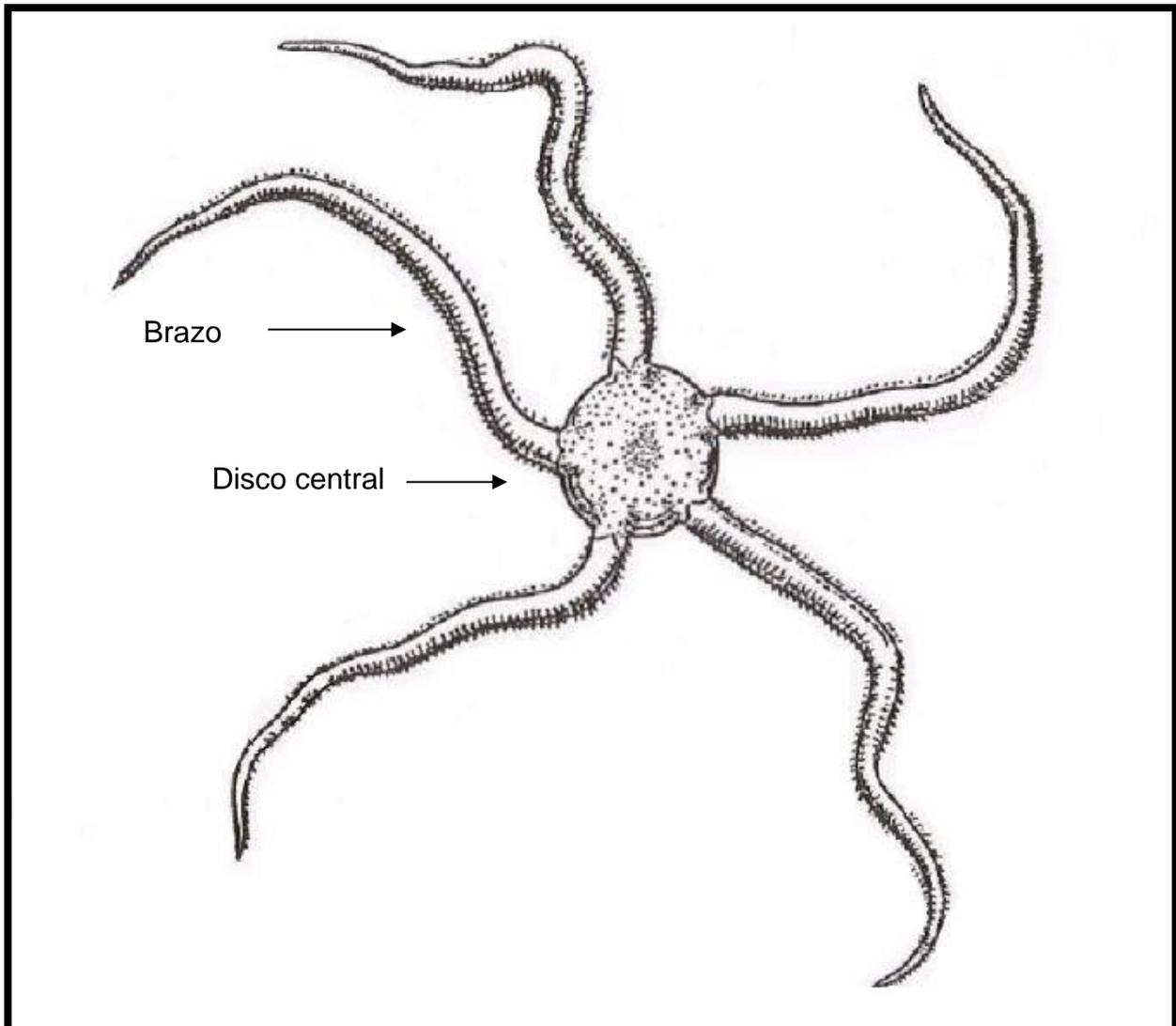


Figura 11. Vista aboral para la estructura corporal de un Ophiuroideo (tomado de Moore, 1952).

IV.2.1 Estructura

Disco. La parte central del cuerpo se encuentra en forma de disco. El lado superior (aboral), se encuentra cubierto con pequeñas protuberancias, no contiene aberturas y carece de ano, solo cuenta con una fisura poco visible llamada Madreporita. En el lado inferior (oral), se encuentra la boca que es una abertura con forma de estrella localizada en la parte central (Fig. 12), la cual sirve para la ingesta de alimentos y la excreción. Los brazos tienen su origen en la periferia del disco, en los cuales están repartidos cinco sacos genitales o bolsas, que se abren hacia el exterior por medio de las aberturas genitales situadas al lado de los brazos. Estos sacos funcionan sobre todo para respiración de agua, que es aspirada y expulsada a través de las fisuras genitales. Las bolsas genitales se llaman así porque en algunas especies han asumido la función secundaria de retención de huevos y crías.

En el disco se incluyen parte de los brazos, placas genitales y escudos bucales. El contorno de la boca contiene cinco mandíbulas en forma de V, las cuales tienen un movimiento limitado, los "dientes" de alguna forma actúan como coladores, pero su función aún no está clara. Los huesecillos triangulares planos alrededor de las mordazas se denominan placas peristomiales.

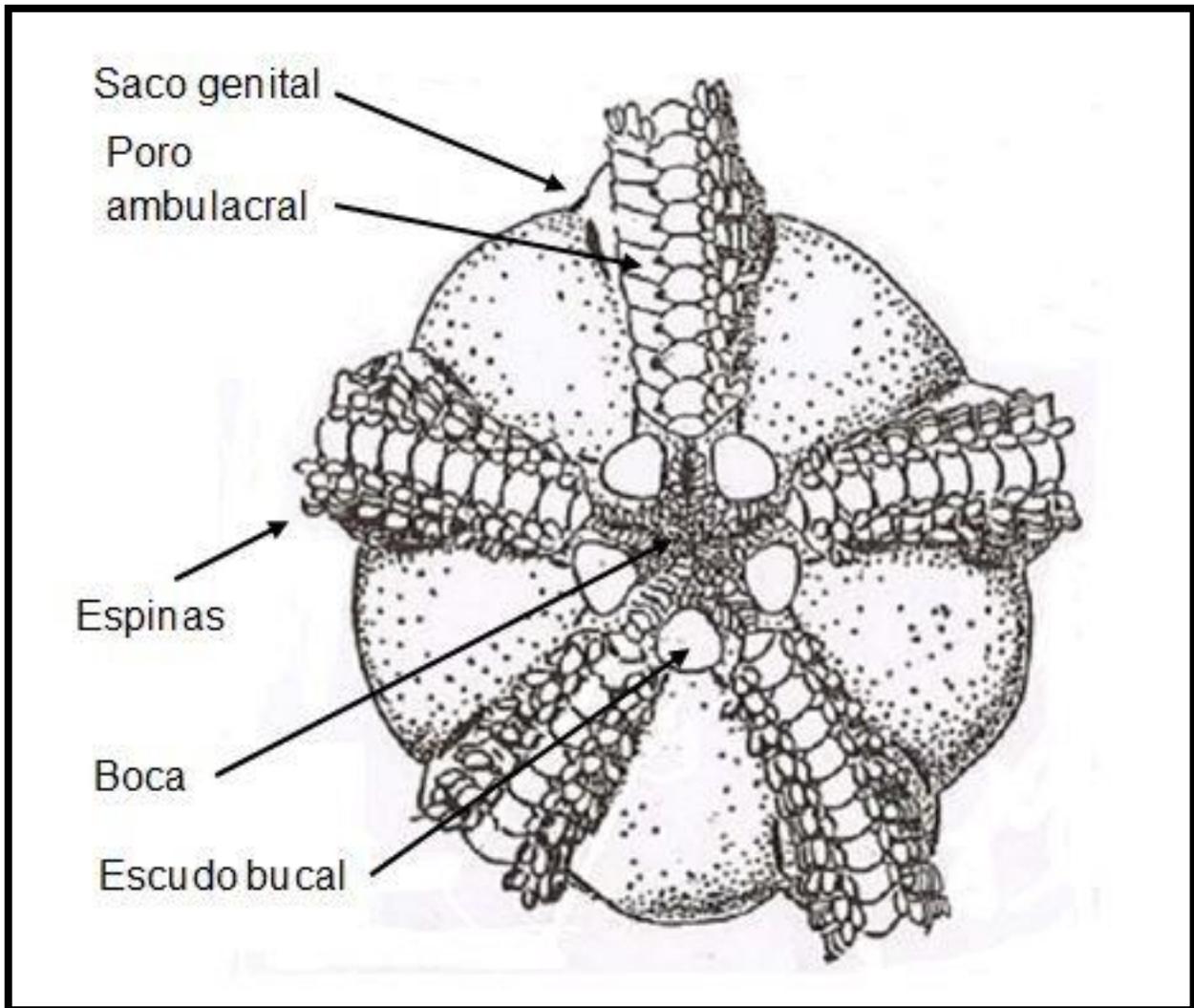
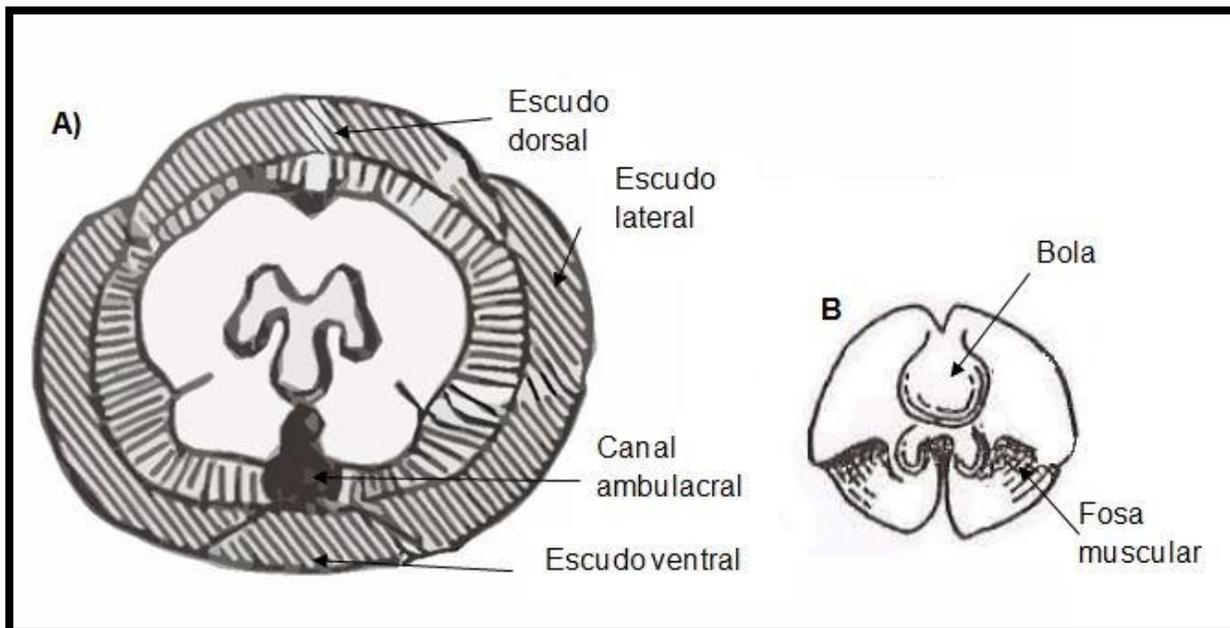


Figura 12. Vista oral que muestra el disco central (tomado de Moore, 1952).

Brazos. Los brazos de los Ophiuroideos son muy diferentes de los asteroideos. El interior no es hueco, sino que se encuentra lleno de una serie de articulaciones que asemejan las vértebras de una columna vertebral. Estas vértebras se modulan entre sí por medio de articulaciones de bola y cavidad. Las vértebras están conectadas por cuatro conjuntos de potentes músculos longitudinales que se insertan en las fosas musculares. Cada vértebra tiene una abertura que lleva al canal ambulacral, este contiene el agua radial, nervios y los vasos sanguíneos. Cada vértebra comienza como

dos pequeños huesecillos acostados de lado a lado, que se fusionan durante la ontogenia.

Las vértebras de los Ophiuridos están completamente encajadas en un esqueleto externo que consiste en escudos dorsales, escudos ventrales, y los escudos laterales (Fig.13). Cada escudo lateral lleva una hilera de pequeñas espinas, que sirven “para adherir el brazo contra el sedimento”.



El sistema hidrovacular está menos desarrollado que en los asteroideos, las patas tubulares se proyectan a través de los poros ambulacrales entre los escudos ventrales y laterales, los cuales sirven como órganos respiratorios y sensoriales y en el manejo de los alimentos.

IV.2.2 Modo de vida

Los Ophiuridos viven debajo de las rocas o sepultados en el fondo marino, algunas sobre las algas marinas aunque ciertas han aprendido a nadar. La locomoción se lleva a cabo por los brazos, con un movimiento que asemeja a una serpiente retorciéndose, por lo general dos brazos para tirar y tres para empujar. Cuando se les molesta, las Ophiuras desprenden parte de sus brazos, que siguen retorciéndose para distraer al perseguidor mientras estas escapan. Todos los brazos e incluso partes del disco pueden ser desarticulados y con el tiempo ser regenerarse.

Muchos ophiuridos se alimentan de detritos orgánicos, mientras que otros son carnívoros. La descripción morfológica y clasificación taxonómica fue basada de acuerdo a los tomos: *A New Classification of the Ophiuroidea: With Descriptions of New Genera and Species* de Matsumoto (1915), *Fossils Invertebrate* de Raymond C. Moore (1952), *Invertebrados Fósiles* de Horacio H. Camacho (2007).

PALEONTOLOGÍA SISTEMÁTICA

JHC-001

Reino: Animalia

Phylum: Echinodermata

Clase: Ophiuroidea

Orden: Phrynophiurida

Suborden: Euryalina

Familia: **Gorgonocephalidae**

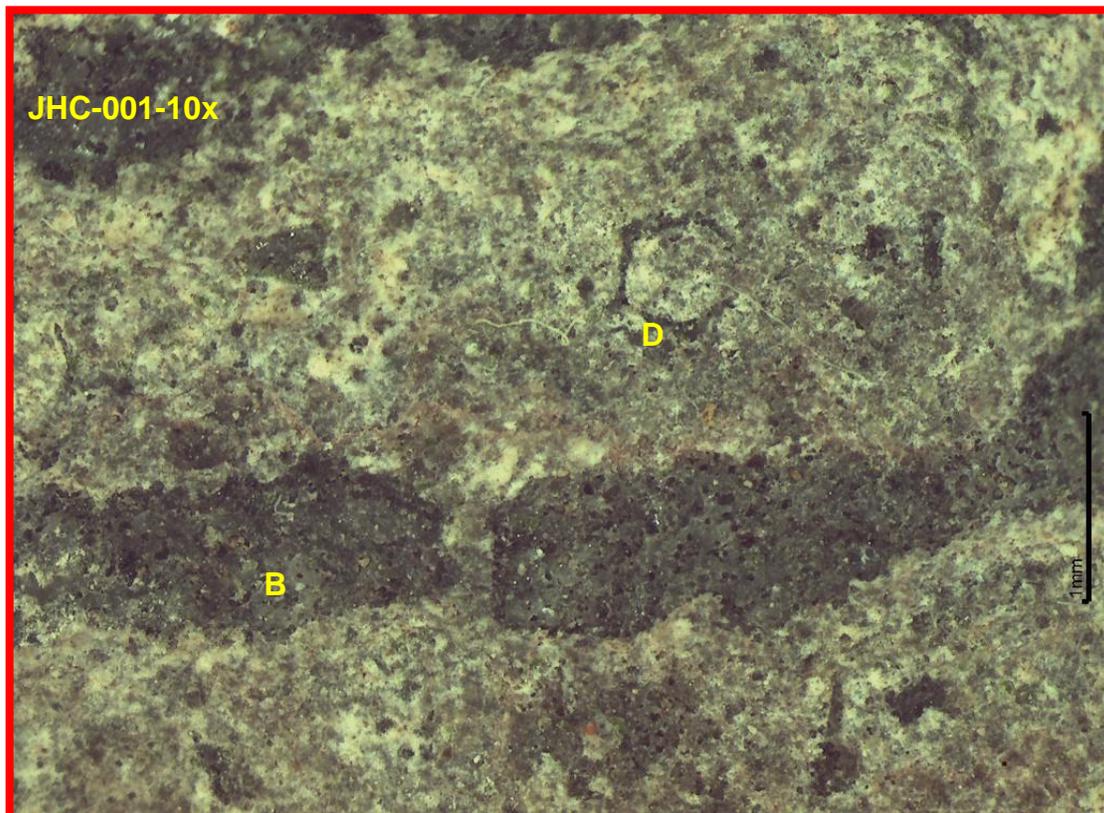
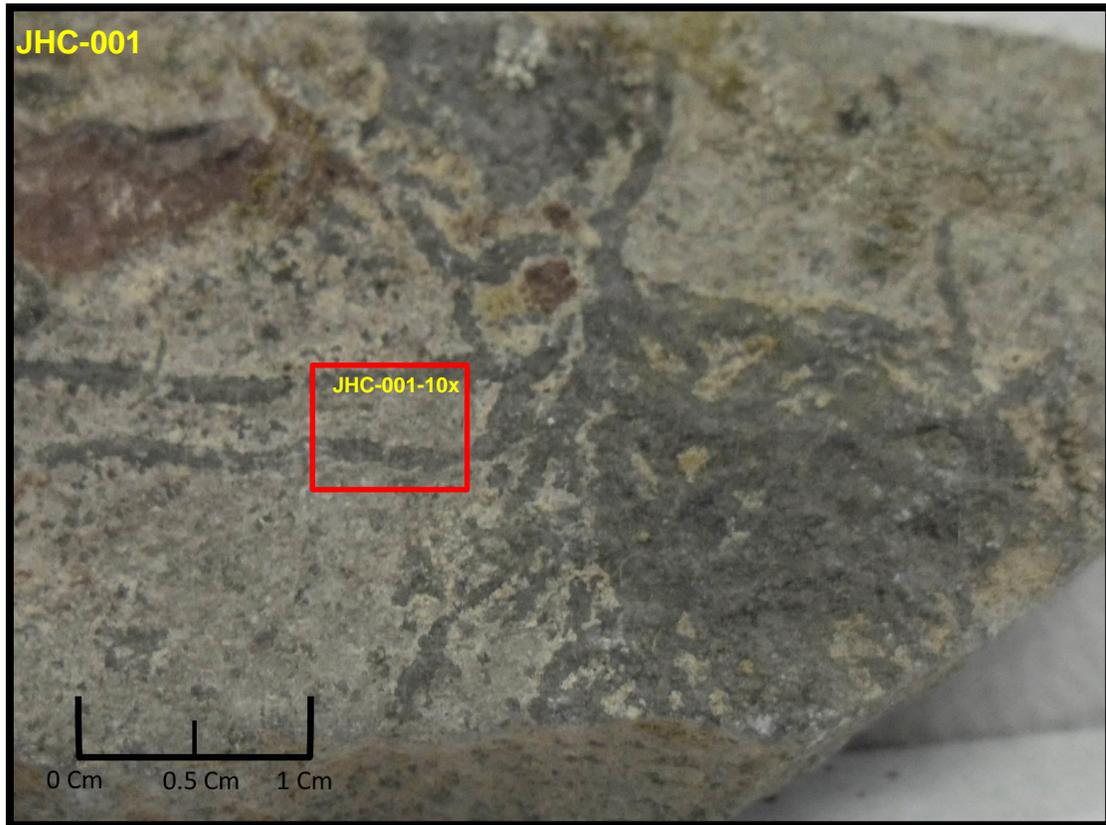
Género: -----

especie: -----

Ophiurido de color negro, por su depósito post mortem se observa de manera amorfa, sin embargo se sabe que en vida conto con simetría pentámera, se distinguen brazos simples, largos y delgados sin ornamentación, con tamaño aproximado a 4 cm, no es visible el disco central. Reemplazado en su totalidad por calcita.

NOTA: La insipiente preservación de los materiales (fósiles) dificulta una asignación taxonómica de mayor precisión.

Lamina 1



JHC-001-10x.- Brazo sin ornamentación de *Gorgonocephalidae* (B). Disco Central de *Ophiura* (D).

JHC-002

Reino: Animalia

Phylum: Echinodermata

Subphylum: Eleutherozoa

Clase: Ophiuroidea

Orden: Ophiurida

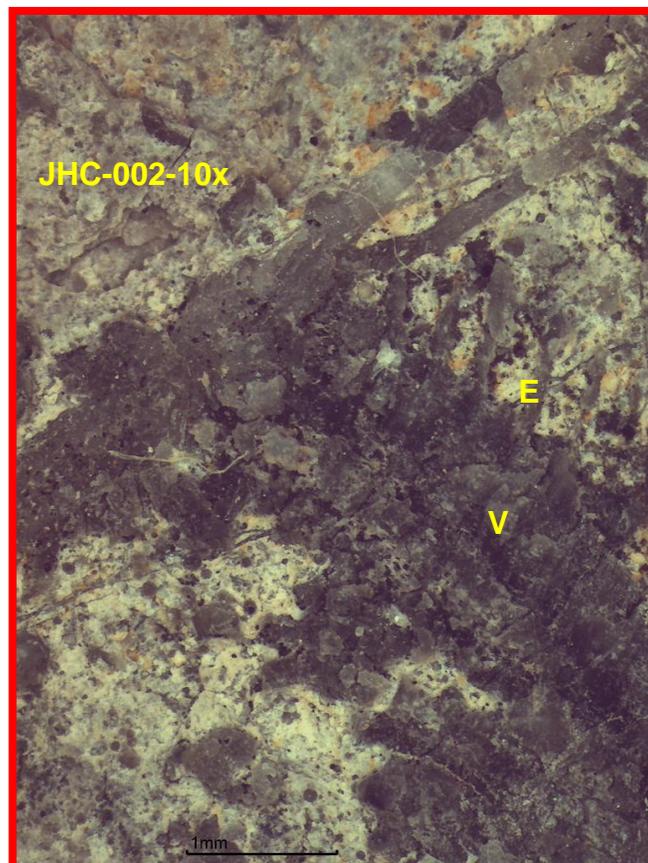
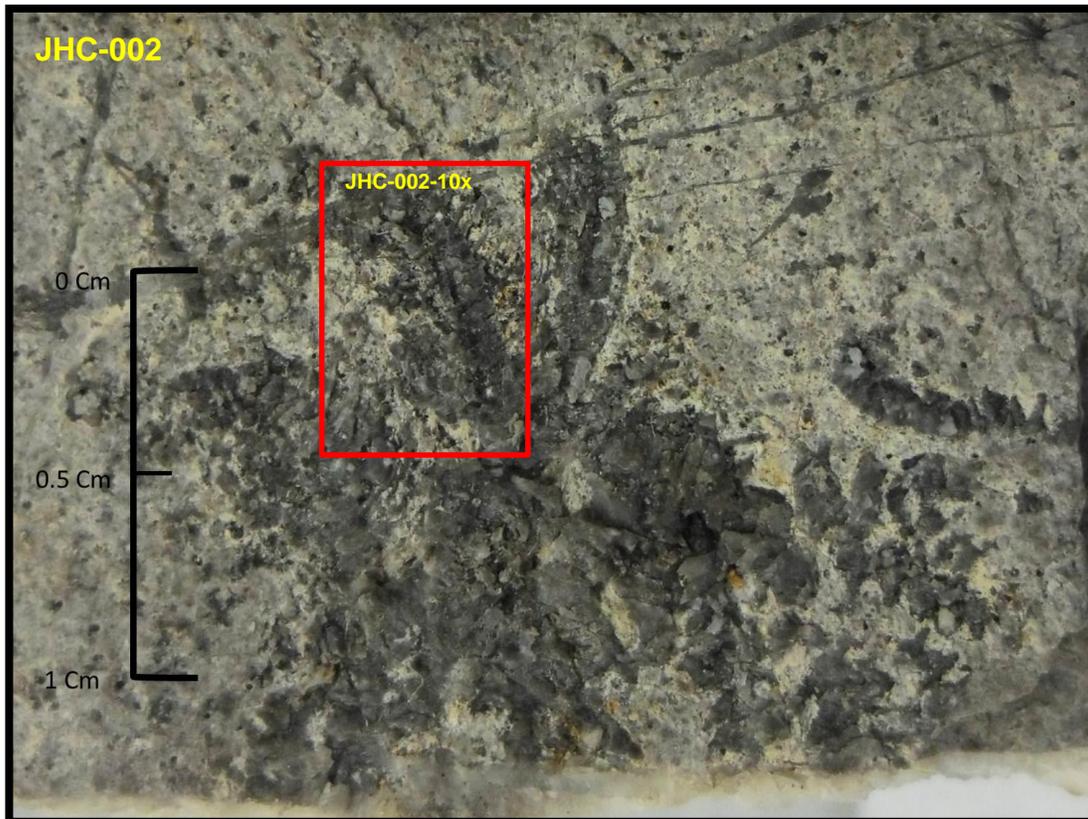
Familia: **Ophiactidae**

Género: -----

especie: -----

Ophiura de color negro con forma de estrella y simetría pentámera; los brazos están compuestos por vertebras en serie, de las cuales en sus extremos se desprenden espinas relativamente largas con respecto al grosor del brazo, no se observa el disco central. Su tamaño aproximado es de 1.5 cm. Reemplazado por calcita. Se encuentra embebido en caliza arcillosa.

Lamina 2



JHC-002-10x.- Brazo de *Ophiactidae* que expone las vértebras (V) y espinas (E).

JHC-003

Reino: Animalia

Phylum: Echinodermata

Subphylum: Eleutherozoa

Clase: Ophiuroidea

Orden: Ophiurida

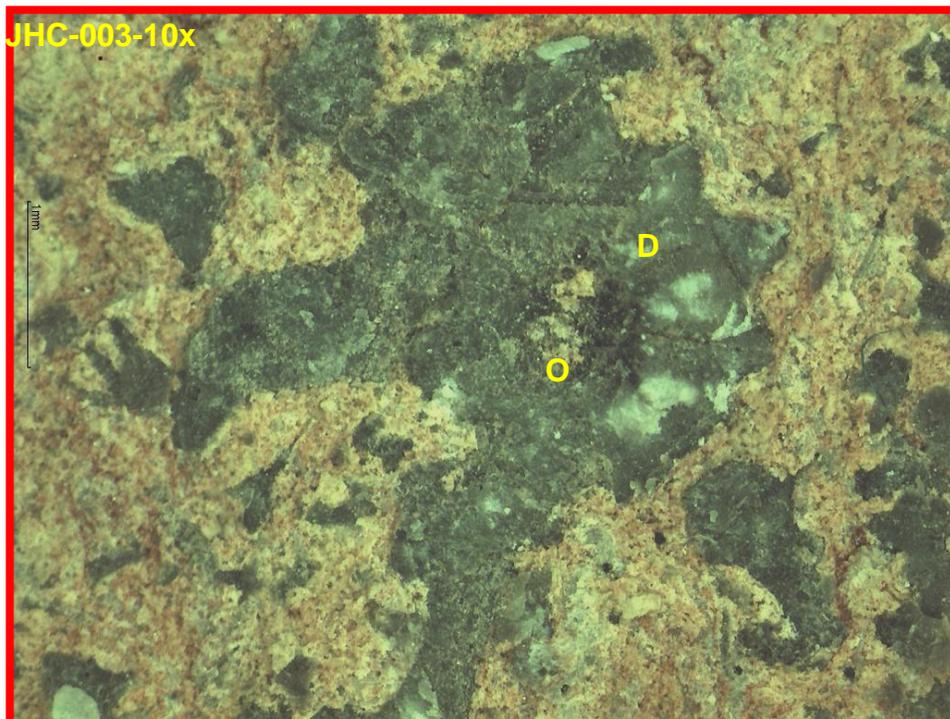
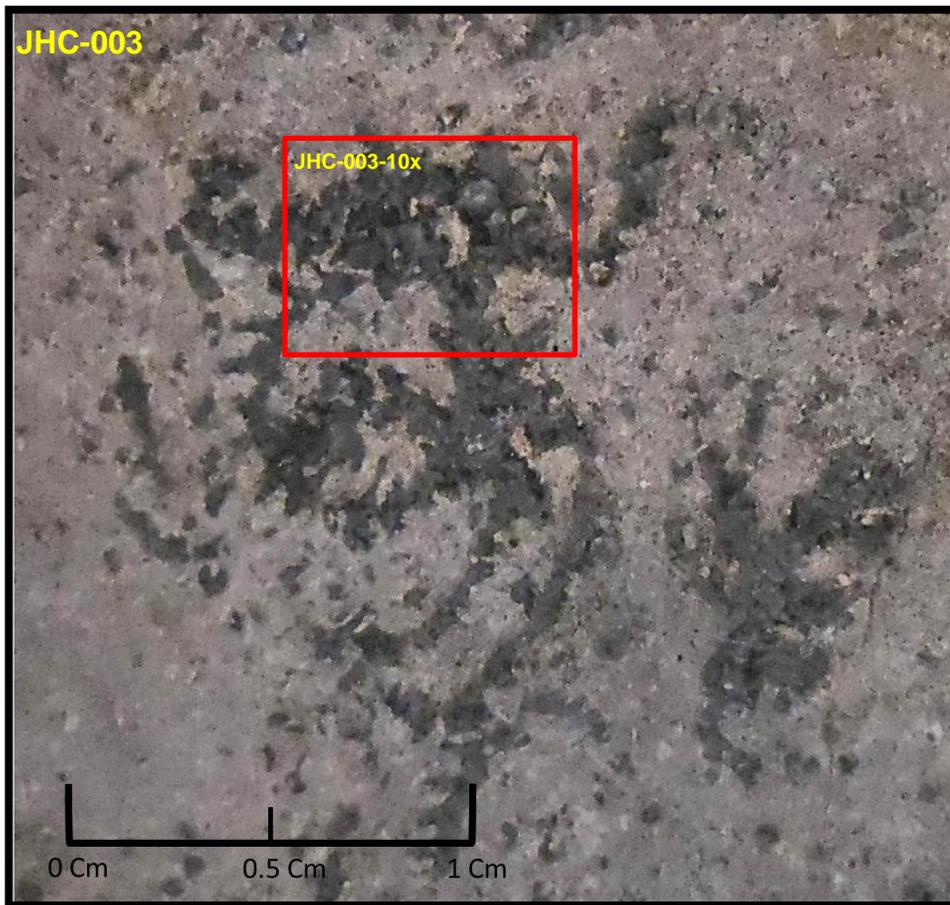
Familia: **Ophiactidae**

Género: -----

especie: -----

Ophiura de color negro con tonalidades grises, con simetría pentámera, el disco central muestra la parte oral donde se aprecia la cavidad oral, en los extremos del mismo se observa el cimientado de los brazos, los cuales revelan la sucesión de vertebras ensambladas una tras otra, de estas surgen espinas alargadas y gruesas con respecto a las dimensiones del espécimen, incluso igualando en algunas zonas el grosor del brazo. Su tamaño aproximado es de 1.5 cm.

Lamina 3



JHC-003-10x.- Disco central de *Ophiactidae* en vista oral (D), es visible la cavidad oral (O).

JHC-004

Reino: Animalia

Phylum: Echinodermata

Subphylum: Eleutherozoa

Clase: Ophiuroidea

Orden: Ophiurida

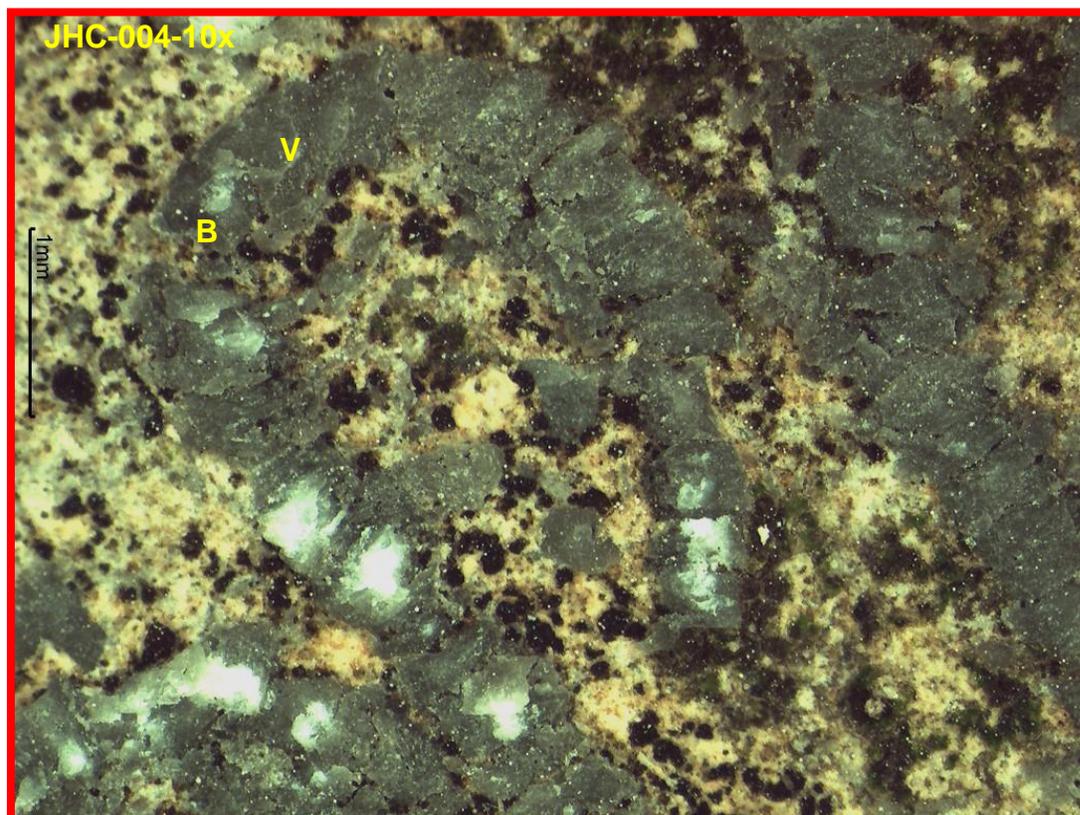
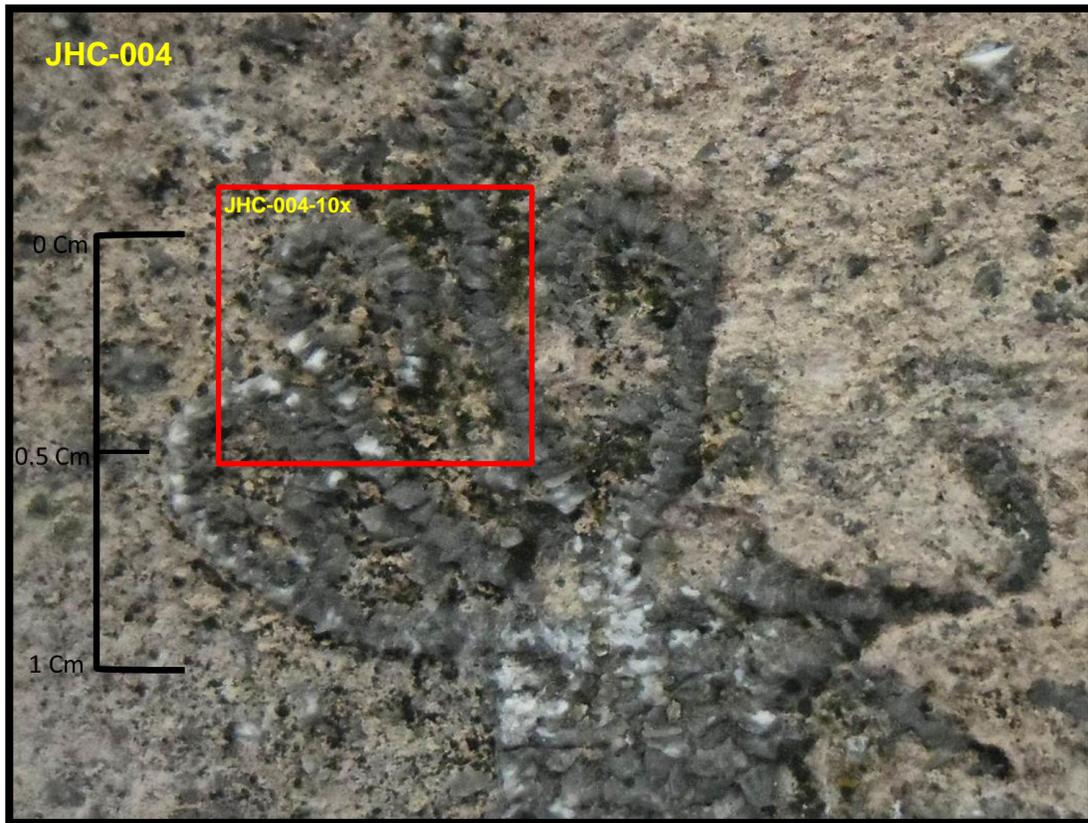
Familia: -----

Género: -----

especie: -----

Ophiura de color negro con tonalidades grises, con forma de lazo, no se observa simetría, el disco central no se observa, los brazos son relativamente delgados y largos a proporción del cuerpo, se aprecia claramente la conjunción de las vértebras en los mismos, las cuales no presentan ornamentación, tiene un tamaño cercano a los 2 cm; se encuentra reemplazado en calcita y embebido en caliza arcillosa.

Lamina 4



JHC-004-10x.- Brazo de *Ophiurida* (B) en el cual se aprecian las vértebras, estas se presentan sin ornamentación (V).

JHC-005

Reino: Animalia

Phylum: Echinodermata

Subphylum: Eleutherozoa

Clase: Ophiuroidea

Orden: Ophiurida

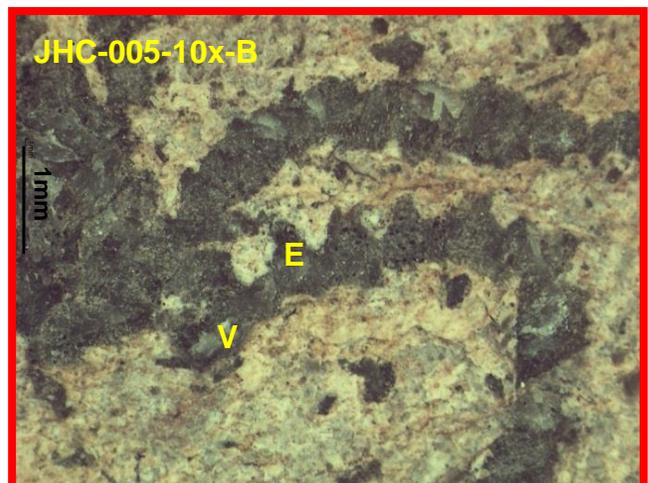
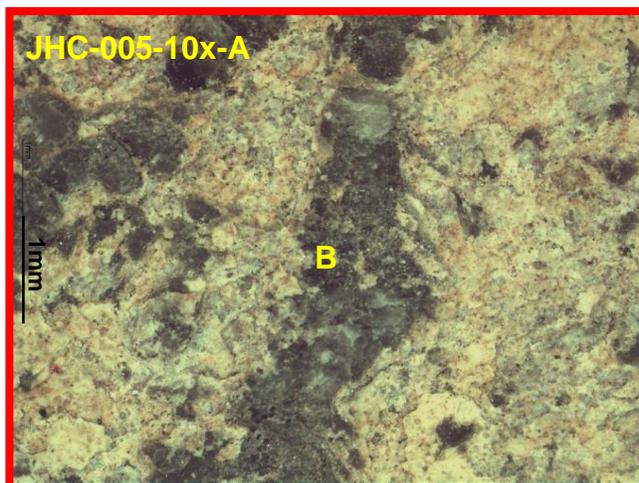
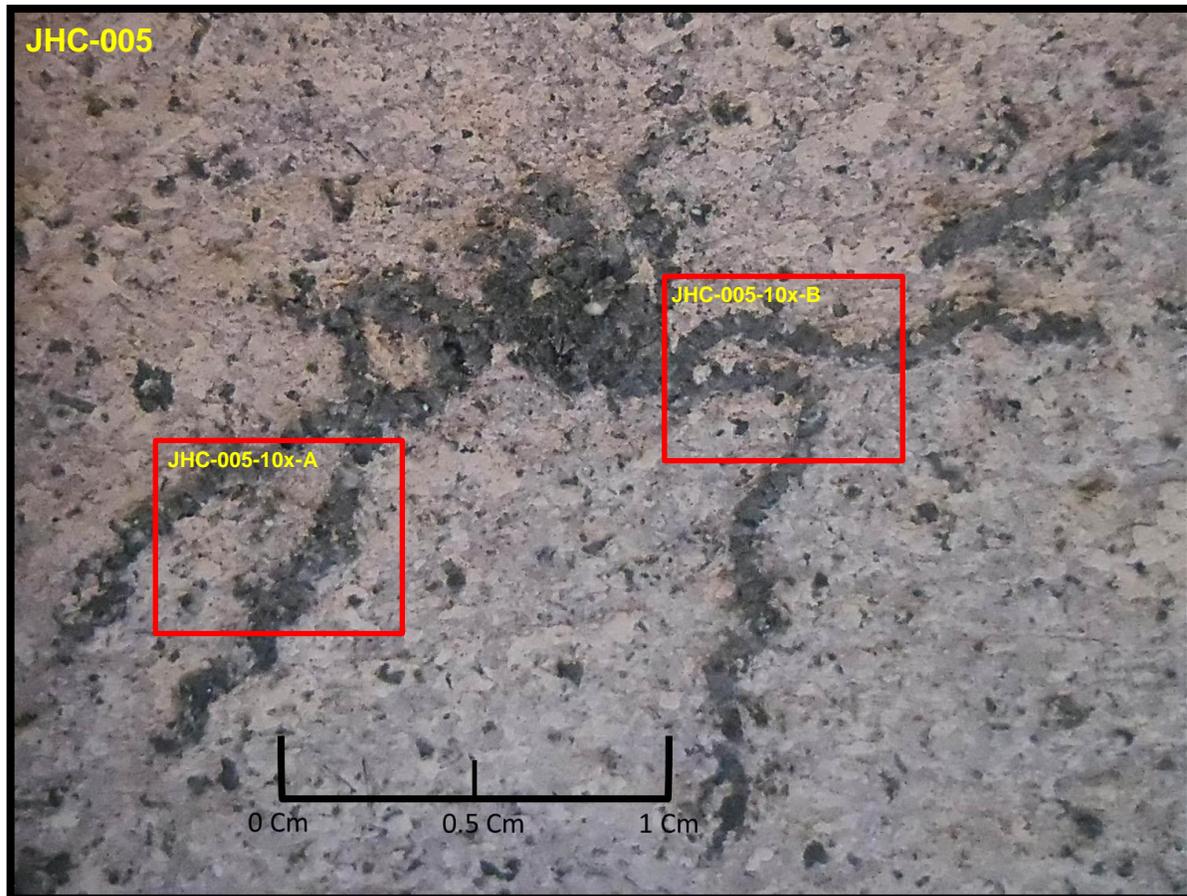
Familia: **Ophiactidae**

Género: -----

especie: -----

Ophiura de color negro con tonalidades grises, con forma de estrella, simetría pentámera, se observan 5 brazos delgados y largos, con espinas que parten de las vértebras las cuales se encuentran unidas una tras otra; el disco central se aprecia amorfo debido a la mala preservación. Se encuentra reemplazado en calcita y embebido en caliza arcillosa.

Lamina 5



JHC-005-10x-A, JHC-005-10x-B. - Se observan los brazos de *Ophiactidae* (B), se distinguen las vértebras (V) y parte de las espinas (E).

JHC-006

Reino: Animalia

Phylum: Echinodermata

Clase: Ophiuroidea

Orden: Phrynophiurida

Suborden: Euryalina

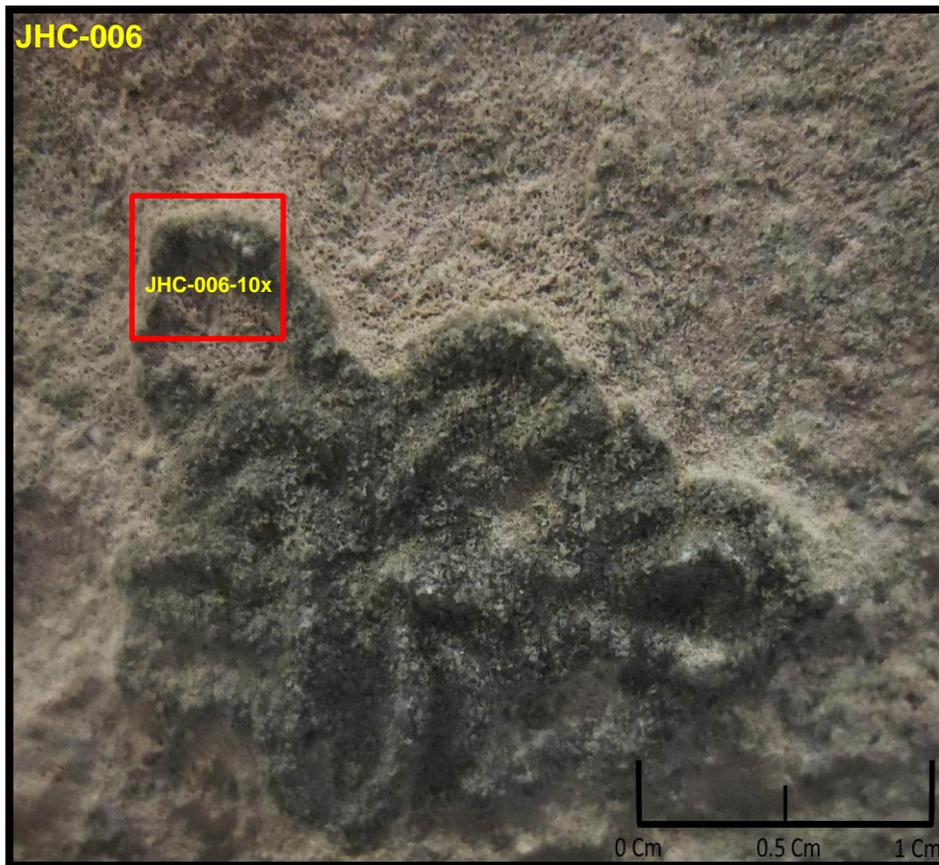
Familia: **Gorgonocephalidae**

Género: -----

especie: -----

Ophiurido de color negro con tonalidades grises, amorfo, no se observa simetría, se distinguen brazos simples, largos y gruesos sin ornamentación, los cuales apuntan a la parte central del ejemplar lo que le da apariencia de nudo, no se aprecia el disco central. Su tamaño aproximado es de 2 cm. Esta reemplazado en calcita y embebido en caliza arcillosa.

Lamina 6



JHC-006-10x.- Brazo grueso y sin ornamentación de *Gorgonocephalidae* (B) no se aprecia las vértebras.

JHC-007

Reino: Animalia

Phylum: Echinodermata

Subphylum: Eleutherozoa

Clase: Ophiuroidea

Orden: Ophiurida

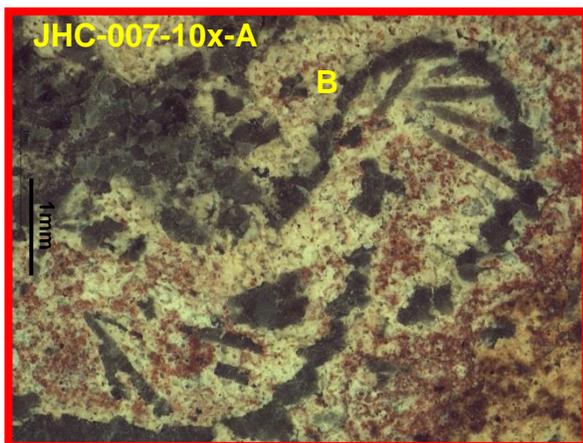
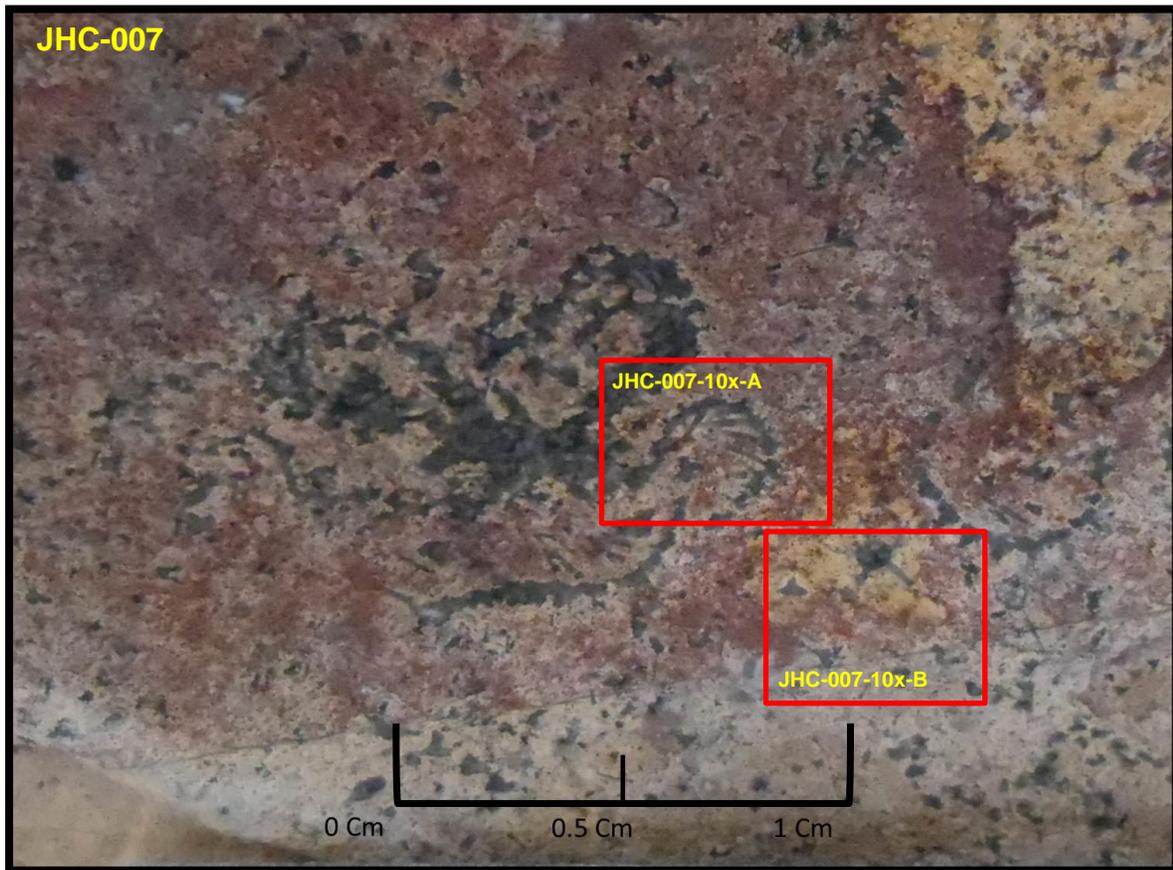
Familia: **Ophiactidae**

Género: -----

especie: -----

Ophiura de color negro con tonalidades grises, con simetría pentámera, del disco central se desprenden los brazos largos y delgados exhiben la sucesión de vertebras articuladas una tras otra, de los márgenes de estas surgen espinas alargadas y gruesas con respecto al grosor del brazo. Encuentra reemplazado en calcita y embebido en caliza arcillosa. Al costado del espécimen se observa un par de Ophiuras en fase infantil.

Lamina 7



JHC-007-10x-A, JHC-007-10x-B. - Brazo delgado de *Ophiactidae* con espinas largas partiendo de las vértebras (B). Par de *Ophiactidae* en estado infantil (I).

EJH-50

Reino: Animalia

Phylum: Echinodermata

Subphylum: Eleutherozoa

Clase: Ophiuroidea

Orden: Ophiurida

Familia: **Ophiactidae**

Género: -----

especie: -----

Ophiura de color gris con tonalidades gris claro, con forma de estrella y simetría pentámera bien definida, el disco central exhibe la parte aboral, se presenta alto y bien delimitado, los brazos son largos y delgados sin ornamentación, esto debido a que el espécimen se encuentra en fase temprana. Está totalmente reemplazado por calcita y contenido en caliza arcillosa.

Lamina 8



EJH-50-10x.- *Ophiactidae* en estado infantil, es visible su simetría pentámera, disco central bien diferenciado (D), brazos largos y delgados (B).

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se describió y clasificó fauna de equinodermos, específicamente de la clase Ophiuroidea, no reportada en el área de Morados, municipio de Moctezuma, San Luis Potosí, cabe mencionar que estos organismos solo fueron encontrados dentro de la Formación Cuesta del Cura y solo en algunas zonas de la Formación La Peña, concretamente en la zona transicional con la Formación Cuesta de Cura; en esta zona los individuos se presentan de manera esporádica y raquítica.

Las Familias encontradas (*Ophiactidae* y *Gorgonocephalidae*) corresponden a un ambiente de cuenca profunda (*Matsumoto*, 1915) el cual se presentaba en esta zona a finales del Aptiano y durante el Albiano-Cenomaniano, donde la cuenca alcanzó su mayor profundidad y produjo un hábitat perfecto para estos organismos, en este rango de tiempo fue donde tuvieron su máximo apogeo; cuando la cuenca comenzó a levantarse a finales del Cenomaniano el hábitat de estos organismos cambió, el aumento del aporte de sedimentos y una menor profundidad ocasionó el cambio de su entorno, causando su declive; por tal motivo, no se encontró vestigio de ellos en el área de Morados durante el Turoniano (Formación Indidura).

Lo anterior permite especular que estos especímenes son buenos fósiles índice para la Formación Cuesta del Cura, por lo menos en el área de Morados.

Se recomienda realizar estudios bioestratigráficos en áreas donde se presenten las Formaciones La Peña, Cuesta del Cura e Indidura, para así poder determinar con mayor certeza el rango estratigráfico de estos organismos.

BIBLIOGRAFÍA

Aguillón-Robles, A., Tristán-González, M., 1981, Cartografía Geológica Hoja Moctezuma, San Luis Potosí: Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Instituto De Geología Y Metalurgia, Folleto Técnico No. 74, p. 30.

Alaniz-Álvarez, S.A., Nieto-Samaniego, A. F., 2002, El sistema de fallas Taxco-San Miguel de Allende: Implicaciones en la deformación post-eocénica del Centro de México: Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, Tomo LV, No. 1, p. 12-29.

Alaniz-Álvarez, S.A., Nieto-Samaniego, A. F., 2005, El sistema de fallas Taxco-San Miguel de Allende y la Faja Volcánica Transmexicana, dos fronteras tectónicas del centro de México activas durante el Cenozoico: Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, 57(1), p. 65-82.

Alexander, C. I. 1931. A new Lower Cretaceous ophiuroid, *Journal of Paleontology*, 5, p. 152–153.

Applegate, S. P., 1987. A preliminary study of the Tlayúa Quarry near Tepexi de Rodríguez, Puebla. *Sociedad Mexicana de Paleontología, Revista*, 1, p. 40–50.

Aranda-Gómez, J.J., Henry, C.D., Luhr, J.F., 2000, Evolución tectono-magmática post-paleocénica de la Sierra Madre Occidental y de la porción meridional de la provincia tectónica de Cuencas y Sierras, México: Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, 53 (1), p. 59-71.

Argüelles-Moreno, J.A., 2006, "Descripción y Clasificación de una fauna de equinodermos de la Formación Indidura en el localidad "El Pelón" en Ahualulco, San Luis Potosí", Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Trabajo Recepcional p. 83.

Atwater, T.W., 1970, implications of plate tectonics for the Cenozoic tectonic evolution of western North America: Geological Society of American Bulletin, v. 81, p. 3513-3533.

Barboza-Gudiño, J. R., Hoppe, M., Gómez-Anguiano, M., Martínez-Macías, P.R., 2004, Aportaciones para la interpretación estratigráfica y estructural de la porción noroccidental de la Sierra de Catorce, San Luis Potosí, México: Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, 21(3), p. 299-319.

Camacho, H.H. 2007, Invertebrados Fósiles, edit. EUDEBA, Buenos Aires, Argentina, p. 681-726.

Carrillo-Bravo, J, 1982, Exploración Petrolera de la Cuenca Mesozoica del Centro de México: Boletín de la Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros, 34 (1), p. 21-46.

Clark, W. B. 1893. The Mesozoic Echinodermata of the United States. Bulletin of the United States Geological Survey, 97, 1–207, p. 1–50.

- Clark, H. L. 1915. Catalogue of Recent ophiurans: based on the collection of the Museum of Comparative Zoology. Memoirs of the Museum of comparative Zoölogy, Harvard College, 25, p. 163–376.
- Cornell, W. C., Lemone, D. V. And Norland, W. D., 1991. Albian ophiuroids from Cerro de Cristo Rey, Dona Ana County, New Mexico. *Journal of Paleontology*, 65, p. 1009–1012.
- Fell, H. B. 1941a. The Direct Development Of A New Zealand Ophiuroid. *Quart. J. Microsc. Sci.* 82: 377-441. 1941b. Probable direct development in some New Zealand ophiuroids. *Trans. Roy. Sot. N.Z.* 71: p. 25-26.
- Folk, R L, 1959, "Practical Petrographic Classification or limestones." *Amer. Assoc. Petrol. Geol. Bu/l*, 43: 1-38.
- Folk, R. L, 1962, "Special Subdivision of limestone Types." *Amer. Assoc. Petrol Geol. Mem.*, 1: 62-84.
- Fourgon, Didier., Jangoux, Michel., Eeckhaut Igor., 2007, Invertebrate Biology, Journal compilation, The American Microscopical Society, Inc., p. 385–395.
- García Ovalle R., Aguillón Robles A., Tristán González M., Bellón Hervé, y Rodríguez Ríos R. 2005: Características geoquímicas de las unidades volcánicas asociadas

al evento tectónico del Graben de Villa de Reyes, en el S-SE del Campo Volcánico de San Luis Potosí., GEOS, Vol. 26, No. 1, p. 106-107.

Hernández-Herrejón, L.A. *et al.* 2008, Ofiuroideos (Echinodermata: Ophiuroidea) de las aguas mexicanas del golfo de México, P. Rev. Biol. Trop, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), 56 (3), p. 83-167.

Hessler, R.R., Sanders, H.L., 1967. Faunal Diversity In The Deep-Sea. Deep-Sea Rcs. 14: p. 65-78.

Hyman, L. H. 1955. The Invertebrates. Volume IV; Echinodermata. McGraw-Hill, New York.

Imlay, R.W., 1936, Evolution of the Coahuila Peninsula, México., parte 4. Geology of the western part of the Sierra de Parras: Geological Society of American Bulletin, v. 47, p. 1091-1152.

Imlay, R.W., 1937, Geology of the middle part of the Sierra de Parras Chihuahua, Mexico: Geological Society of America Bulletin, v. 48, p. 587-630.

Imlay, R.W., 1944, Cretaceous formations of Central America and Mexico: Bulletin American Association of Petroleum Geologist, v. 28, p. 1077-1195.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), 2002, Carta topográfica Moctezuma F14-A63 escala 1:50,000: México. D.F., 1 mapa.

Ishida, Y. 2004. Ophiuroids. The Association for the Geological Collaboration in Japan, Monograph, 51, p.1–80. [In Japanese, English summary].

Jagt, J. W. M. 2000. Late Cretaceous-Early Palaeogene echinoderms and the K / T boundary in the southeast Netherlands and northeast Belgium – Part 3. Ophiuroids., with a chapter on: Early Maastrichtian ophiuroids from Rügen (northeast Germany) and Møn (Denmark) by Kutscher and J. W. M. Jagt. Scripta Geológica, 121, p. 1–179.

Jimenez-Hernandez, E., 2011, “Catalogo Sistemático de la Fauna fósil del límite Cretácico Temprano al Cretácico Tardío (Formaciones Indidura y Cuesta del Cura) Y su documentación gráfica en dos localidades del estado de San Luis Potosí, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Trabajo Recepcional. p. 73.

Kerr, T.J.V., and Twitchett, R.J., 2004, Experimental decay and disarticulation of *Ophiura texturata*: implications for the fossil record of ophiuroids: in Heinzeller, T., and Nebelsick, J.H. eds., Echinoderms: München: A.A. Balkema Publishers, London, p. 439-446.

Kidwell, S.M., and Baumiller, T., 1990, Experimental disintegration of regular echinoids: roles of temperature, oxygen, and decay thresholds: *Paleobiology*, v. 16, p. 247-271.

Labarthe-Hernández, G., Tristán-González, M., Aranda-Gómez, J.J., 1982, Revisión estratigráfica del Cenozoico de la parte central del Estado de San Luis Potosí: Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Instituto de Geología y Metalurgia, Folleto Técnico no. 85, p. 208.

López-Infanzón, M., 1986, Estudio petrogenético de las rocas ígneas en las formaciones Huizachal y Nazas: *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 47(2), p. 1–42.

López-Linares, A.S., 1983, Cartografía geológica 1:50,000, Hoja Venado, S.L.P: Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Instituto de Geología y Metalurgia, Revista, p. 29-59.

López-Ramos, E., 1981, Paleogeografía y tectónica del Mesozoico en México: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, Revista, vol. 5 núm. 2 p.158-177.

Lütken, F. C. 1856. Bidrag til Kundskab om Slangestjernerne. III. Bidrag til Kundskab om Ophiurerne ved Centralamerikas Vestkyst. *Videnskabelige Meddelelser fra det Naturhistoriske Forenings i Kjobenhavn*, 1856, p. 20–26.

- Lyman, T., 1875, Zoological results of the Hassler Expedition. II. Ophiuridae and Astrophytidae. Illustrated Catalogue of the Museum of Comparative Zoology, 8, p. 1–34.
- Martin-Medrano, L., 2003, El registro de ofiuroides fósiles de México y la descripción de dos nuevas formas para el Cretácico y Terciario. Unpublished Bachelors thesis, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México, p. 55.
- Martin-Medrano, L., 2006, Análisis paleontológico de los ofiuroides fósiles de México. Unpublished MSc thesis, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México, p. 140.
- Martin-Medrano, L. And García-Barrera, P. 2006, Fossil ophiuroids of México. Studies on Mexican paleontology, In Vega, F. J., Nyborg, T. G., Perrilliat, M. C., Montellano-Ballesteros, M., Cevallos-Ferriz, S. R. S. And Quiroz Barroso, S. A. (eds).. Springer, Berlin, p. 308.
- Martin-Medrano, L., *et al.* 2009, New Albian (Early Cretaceous) Ophiuroids From The Tlayúa Quarry, Puebla, Mexico, *Paleontology*, Vol. 52, Part 1, 2009, p. 83–94.
- Matsumoto, H. 1915. A New Classification Of The Ophiuroidea: With Descriptions of new genera and species. *Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia*, 67,p. 43–92.

- McDowell, F. W., Keizer, R. P., 1977, Timing of mid-Tertiary volcanism in the Sierra Madre Occidental between Durango City and Mazatlan, Mexico: Geological Society of America Bulletin, 88, p. 1479-1487.
- Meléndez, B., 1971, Tratado de Paleontología, Edit. Paraninfo, Universidad de Madrid España, p. 68-72.
- Moore, C., Lalicker, C., Fischer, A., 1952, Invertebrate Fossils, Editorial Mc Graw-Hill, p. 99-118, 577-581.
- Moreira-Rivera, F., Flores-Aguillón, G., Martínez-Rodríguez, L., Palacios García, R., Chiapa-García, R., Olvera-Campos, A., Pérez-Benavidez, A., González-Monsiváis, P., 1998, Carta geológico-minera San Luis Potosí F14-4, escala 1:250000: Pachuca, Hidalgo, México, Consejo de Recursos Minerales, 1 mapa.
- Moreno, Ana G., Apuntes de Zoología, Tema 4. Ofiuroideos.
- Mújica-Mondragón, R., Jacobo-Albarrán, J., 1983, Estudio petrogenético de las rocas ígneas y metamórficas del Altiplano Mexicano: México, Instituto Mexicano del Petróleo, Proyecto C-1156, p. 78.
- Müller, J. and Troschel, F. H. 1840. Über die Gattungen der Ophiuren. Archiv für Naturgeschichte, 6, 327– 330. 1842. System der Asteriden. F. Vieweg & Sohn, Braunschweig, p. 134.

Nebelsick, J.H., 2004, Taphonomy of Echinoderms: introduction and outlook: *in* Heinzeller, T., and Nebelsick, J.H. eds., Echinoderms: München: A.A. Balkema Publishers, London, p. 471-477.

Nieto-Samaniego, A. F., Alaniz-Álvarez, S.A., Labarthe-Hernández, G., 1997, La deformación cenozoica poslaramídica en la parte meridional de la Mesa Central, México: *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, v.14, p.13-25.

Nieto-Samaniego, A. F., Alaniz-Álvarez, S.A., Camprubi, A., 2005, La Mesa Central de México: estratigrafía, estructura y evolución tectónica cenozoica: *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, Tomo LVII, no. 3, p.285-318.

Olvera-Campos, A., Gonzales-Monsiváis, P.E., 2004, Hoja Moctezuma, estado de San Luis Potosí y Zacatecas, escala 1:50000, Carta Geologica-Minera, Servicio Geológico Mexicano, 1 mapa.

Pantoja-Alor, J., 1963, Hoja San Pedro del Gallo, estado de Durango, escala 1:100 000: México, D.F., Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, Carta Geológica de México, 1 mapa.

Paterson, G. L. J. 1985. The Deep-Sea Ophiuroidea Of The North Atlantic Ocean. *Bulletin of the British Museum of Natural History (Zoology)*, 49, 1–162.

Pérez-Ortiz, N., 2009, Análisis estructural del plegamiento laramídico en la sierra de Santa Catarina, municipio de Moctezuma, San Luis Potosí. Universidad Autónoma de San Luis Potosí Trabajo Recepcional, p. 73.

Quiroz-Barroso, S. A. And Sour-Tovar, F. 1995. Nuevo Registro De Ophiuroidea (Ophiurinae) para el Pensilvánico de América del Norte, proveniente de la Formación Ixtaltepec, Oaxaca. Memorias del V Congreso Nacional de Paleontología, Sociedad Mexicana de Paleontología, México, D.F., p. 31.

Ráisz, E., 1959, Landforms of Mexico, scale 1:3,000 000: Cambridge, Massachusetts, U.S., Office of Naval Research, Geography Branch, 1 mapa.

Shone, R. W. 1986. A new ophiuroid from the Sundays River Formation (Lower Cretaceous), South Africa. *Journal of Paleontology*, 60, p. 904–910.

Schoener, Amy., Fecundity And Possible Mode Of Development Of Some Deep-Sea Ophiuroids, Museum of Comparative Zoology, Harvard University.

Shroat-Lewis, René Anne. 2007, Taphonomy Of A Pliocene Ophiuroid Mass Mortality Lagerstätte In The Tirabuzón Formation, Baja California Sur, University Of North Carolina at Wilmington in Partial Fulfillment.

Stewart, J.H., 1978, Basin and Range structure in western North America a

review: Geological Society of America Memoir, v. 152, p. 1-30.

Stinnesbeck, W., 1983, Sobre una fauna de amonites de la Formación Cuesta del Cura

(Albiano Superior-Cenomaniano Inferior) de la Sierra de Catorce, San Luis

Potosí, México: Actas de la Facultad de Ciencias de la Tierra, Universidad

Autónoma de Nuevo León, 8, p.129–132.

Stöhr, S, 2011, New records and new species of Ophiuroidea (Echinodermata) from

Lifou, Loyalty Islands, New Caledonia. *Swedish Museum of Natural History, Department of*

Invertebrate Zoology, p. 1–50.

Stöhr, S. & O'Hara, T. (Eds) (2013) World Ophiuroidea database. Accessed at

<<http://www.marinespecies.org/ophiuroidea>> fecha de consulta 26 de febrero

2013.

Thuy, Ben., Andreas Kroh, 2011, Barremian ophiuroids from the Serre de Bleyton

(Drôme, SE France), *Ann. Naturhist. Mus. Wien, Serie A* 113, p. 777–807.

Tristán-González, M.,1986, Estratigrafía y tectónica del Graben de Villa de Reyes, en

los estados de San Luis Potosí y Guanajuato, México: Universidad Autónoma de

San Luis Potosí, Instituto de Geología, Folleto Técnico No. 107, p. 91.

Tristán-González, M., Aguillón-Robles, A., Barboza-Gudiño, J.R., Torres-Hernández, J.R., Bellon, H., López-Doncel, R.A., Rodríguez-Ríos, R., Labarthe-Hernández, G., 2009, Geocronología y distribución espacial del Campo Volcánico de San Luis Potosí: Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, 61, no. 3, p. 287-303.

Twitchett, R.J., Feinberg, J.M., O'Connor, D.D., Alvarez, W., and McCollum, L.B., 2005, Early Triassic ophiuroids: their paleoecology, taphonomy, and distribution: Palaios, v. 20, p. 213-223.

ANEXO