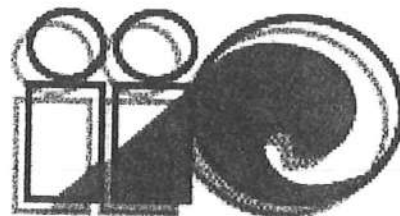




UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE
BAJA CALIFORNIA
FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES
OCEANOLÓGICAS



ANÁLISIS PALEOECOLÓGICO Y
PALEOAMBIENTAL DE LA ASOCIACIÓN DE
VERTEBRADOS MARINOS FÓSILES DE LA
MISIÓN, BAJA CALIFORNIA, MÉXICO.

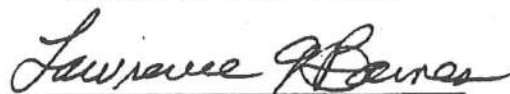
TESIS QUE PRESENTA
FRANCISCO JAVIER ARANDA MANTECA
PARA OBTENER EL GRADO DE
DOCTOR EN CIENCIAS
EN OCEANOGRAFÍA COSTERA

OCTUBRE DEL 2001

ANÁLISIS PALEOECOLÓGICO Y
PALEOAMBIENTAL DE LA ASOCIACIÓN DE
VERTEBRADOS MARINOS FÓSILES DE LA
MISIÓN, BAJA CALIFORNIA, MÉXICO.

APROBADA POR

DIRECTOR DE TESIS



Ph.D. Lawrence G. Barnes

SINODAL



Ph.D. Joe D. Stewart

SINODAL



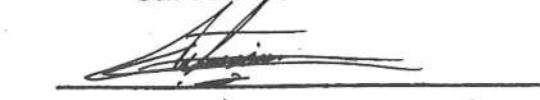
Ph.D. Thomas A. Deméré

SINODAL



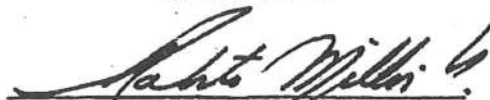
Ph.D. Robert G. Douglas

SINODAL



Dr. Eduardo Santamaría del Ángel

SINODAL



Dr. Roberto Millán Núñez

Que las enseñanzas sean el camino y no el fin...

Buda Sakyamuni

DEDICATORIA

Quiero dedicar esta tesis a todos los seres que me antecedieron, a toda mi filogenia rindo homenaje, es decir a la familia. En especial a mis padres, quienes fueron capaces de hacerme sentir humano, conciente e interesado en el mundo que me rodea. A Susy quien me ha hecho sentir y recordar la más profunda esencia de la vida. A Aura, Claudia y Maya, a quienes amo más allá de las palabras, a todos les agradezco el soportar mis momentos difíciles y por compartir los momentos agradables, gracias, es mi muestra de cariño.

A mi escuela depositaria de las enseñanzas, transmisora y buscadora del conocimiento del mar, Ciencias Marinas, gracias, por tu espacio, por tu historia y por tu gente.

A Ensenada, quien me a recibido como uno más de los suyos.

A La Misión, por enseñarme su magia.

AGRADECIMIENTOS

A todos y cada uno de los jóvenes de la carrera de Oceanología que han apoyado con su tiempo y entusiasmo la colecta, limpieza y restauración de los fósiles de esta tesis.

A los proyectos internos UABC:

Fauna Fósil de la Formación Rosarito Beach.

Vertebrados Fósiles de Baja California

Colección Paleontológica de Referencia del Estado de Baja California.

Al apoyo económico de: Cetacean Fossils of La Misión, patrocinado por National Geographic Society.

A CONACYT por la beca 93205 para realizar mis estudios de Doctorado (agosto 1995 a julio 1998).

A PROMEP por la beca de apoyo de agosto de 1998 a julio de 1999.

A mis amigos y compañeros del Departamento de Geología de la Facultad de Ciencias Marinas, con los que he aprendido sobre las piedras del mar.

Al Dr. Lawrence G. Barnes, por dirigir esta tesis y por dedicar su vida a los fósiles.

A mis sinodales, Joe D. Stewart, Tom Deméré, Robert Douglas, Eduardo Santamaría y Roberto Millán, por sus comentarios.

A mis alumnos, por su directa e indirecta ayuda.

A John Minch, por fomentar y hacer crecer mi interés en las rocas de la Rosarito Beach.

A Ing. Ocean. César Obregón M-Sanz y al Ing. Ocean. Antonio G. Paz Felix, por su apoyo y entusiasmo de siempre.

A Gerardo González, Ramón Briceño, Gustavo Gascón, Alejandro Hdez. Rosado, Juan Gabriel Flores, Susy Sánchez, Rafael García de Quevedo, Héctor Barradas, Oscar Frey, Isabel Cardenas, Rolando Petterson, Enrique Valenzuela, Mauricio Siles, Jorge Rosales y a todos los que olvido, gracias por compartir conmigo el estudio de la historia de la vida marina de Baja California.

A los ejidatarios del Ejido La Misión, los cuales me han apoyado para la futura preservación de su historia.

A los directivos de la FCM y de la UABC, por mantener vivo el proyecto de conservación del patrimonio cultural y paleontológico de Baja California.

RESUMEN

En la asociación de restos fósiles de vertebrados marinos, denominada Fauna Local de la Mesa La Misión, encontrada en la Formación Rosarito Beach, Miembro Los Indios, Baja California, cuya edad es atribuida al Mioceno Medio (16 a 14 Millones de años), se realizó el estudio de la textura de las rocas sedimentarias, la taxonomía de los restos fósiles encontradas en ellas, su tafonomía y al aplicar los principios del uniformismo taxonómico se logra la interpretación paleoambiental y paleoecológica. Las capas miocénicas de la Mesa La Misión están formadas por una secuencia sedimentaria comprimida, con baja tasa de sedimentación, cuyo aporte principal lo constituyen los fragmentos piroclásticos de la provincia volcánica al oeste del depósito. Dicha secuencia está formada por tobas, areniscas tobas, areniscas lapilli y conglomerados, que representa una secuencia progradacional (transgresiva – regresiva), posiblemente debida a un evento climático global, que marca el inicio del proceso de estabilización de la capa de hielo de la Antártica. En la tanatocenosis, se reportan hasta la fecha, 32 especies de tiburones, nueve de rayas, 18 de peces óseos, cuatro de tortugas marinas, cuatro de aves y 17 de mamíferos. La colecta de materiales se realizó en cinco localidades, que tienen diferente esfuerzo de colecta y diferentes niveles estratigráficos. Se observa un magnífico grado de preservación, que permite la observación de los procesos tafonómicos. Como resultado se describen dos diferentes tafofacies: la primera compuesta por organismos articulados y la segunda por presentar restos desarticulados y dispersos. Los restos articulados indican condiciones sublitorales, de baja energía, con la presencia de carroñeros. Los restos desarticulados muestran además fragmentación, lo que representa clara evidencia de transporte. En ambas tafofacies se realizó un estudio de las condiciones de preservación de diferentes especies de dientes de tiburones y rayas, donde se obtiene que la razón de dientes izquierdos y derechos es cercana a uno, lo que indica que no existe un transporte o proceso selectivo por diferencia de forma. También se tiene un mayor porcentaje de superiores que inferiores, así como un mayor porcentaje de anteriores y laterales, que posteriores, lo que sugiere que la zona representa una área de coto y/o reproducción, ya que estos dientes son los más usados en dichos procesos. Se observa un marcado sesgo hacia los adultos, muy pocos dientes de juveniles fueron colectados, lo que apoya la idea de un área de alimentación. En general, las piezas dentarias se encuentran fracturadas en la raíz, lo que indica un proceso de destrucción posterior al de fosilización, tal vez debido al lavado por las lluvias y/o a las actividades agrícolas que realizan en el lugar. Utilizando el cálculo del número mínimo de individuos (NMI), se realizó un análisis de los descriptores numéricos y gráficos para estimar la estructura de la diversidad por localidades, se observan diferencias significativas entre las localidades de colecta, lo cual se explica como una variación en las condiciones ambientales del depósito. Aun con este proceso se observa un marcado sesgo en la muestra dominada por especies depredadoras, lo que refuerza la idea de la zona de alimentación. El gradiente indica cambios climáticos importantes relacionados con la variación en la energía de ambiente, la profundidad y las asociaciones de especies. Se deduce una muy alta productividad primaria, por la abundancia de predadores y la de sedimentos laminados diatomáceos. Es posible reconocer los diferentes niveles tróficos de la estructura comunitaria e incluso es posible establecer relaciones interespecíficas de competencia y depredador-presa.

INDICE

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS	i
RESUMEN	iii
INDICE	iv
LISTA DE TABLAS	ix
LISTA DE FIGURAS	xii

INTRODUCCIÓN

1.1 ANTECEDENTES	3
1.2 OBJETIVOS	5
1.2.1 OBJETIVOS PARTICULARES	5

PROVENIENCIA GEOLÓGICA Y ESTRATIGRAFÍA

2.1 LA FORMACIÓN ROSARITO BEACH	6
2.1.1 LOCALIDAD TIPO, MESA LOS INDIOS	8
2.2 MESA LA MISIÓN	11
2.2.1 CORRELACIÓN ESTRATIGRÁFICA	11
2.2.2 LITOLOGÍA Y ESTRATIGRAFÍA	13
2.2.2.1 METODOLOGÍA DE COLECTA Y ANÁLISIS DE SEDIMENTOS	13
2.2.2.2 LITOESTRATIGRAFÍA	15
a) LOCALIDAD UABC-FCMM-PV 105	20
b) LOCALIDAD UABC-FCMM-PV 106	27
c) LOCALIDAD UABC-FCMM-PV 102	30
d) LOCALIDAD UABC-FCMM-PV 103	30
2.3 DISCUSIÓN (ANÁLISIS DE MOMENTOS)	39
2.4 PROVENIENCIA GEOLÓGICA	43
2.4.1 GEOMETRÍA DEL DEPÓSITO	43
2.4.2 AMBIENTE DEPÓSITO	44

2.5 CONCLUSIONES _____ 51

TAXONOMÍA Y ANÁLISIS FAUNAL DE LA MUESTRA DE FÓSILES DE VERTEBRADOS MARINOS DE LA MISIÓN, BAJA CALIFORNIA, MÉXICO.

3.1 PROSPECCIÓN Y COLECTA _____ 52

3.2 COLECTA DE FÓSILES _____ 52

 3.2.1 TÉCNICA VOLUMÉTRICA _____ 52

 3.2.2 TÉCNICA DE VISU _____ 53

3.3 TAXA PRINCIPALES _____ 53

 3.3.1 TIBURONES _____ 55

 3.3.2 RAYAS _____ 61

 3.3.3 PECES ÓSEOS _____ 62

 3.3.4 TORTUGAS MARINAS _____ 64

 3.3.5 AVES _____ 64

 3.3.6 MAMÍFEROS _____ 67

 i) CETÁCEOS ODONTOCETOS _____ 67

 ii) CETÁCEOS MISTICETOS _____ 67

 iii) OTARIDOS _____ 70

 iv) MAMÍFEROS HERBÍVOROS _____ 70

 v) MAMÍFEROS TERRESTRES _____ 71

3.4 COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS DE LAS TÉCNICAS DE COLECTA _____ 71

3.5 TANATOCENOSIS POR LOCALIDADES _____ 73

 3.5.1 NÚMERO MÍNIMO DE INDIVIDUOS EN LA ASOCIACIÓN _____ 73

 3.5.2 INDICADORES NUMÉRICOS DE DIVERSIDAD _____ 77

 i) INDICE DE DOMINANCIA H (SHANNON, 1948) 77

 ii) INDICE DE EQUITATIVIDAD DE SHANON (DODD Y STANTON, 1981) 77

 iii) INDICE DE DOMINANCIA DE SIMPSON (PEET, 1974) 78

 iv) INDICE DE DIVERSIDAD DE SIMPSON (VALENTINE, 1983) 78

 3.5.2.1 VALOR DE LOS ÍNDICES _____ 78

 3.5.2.2 VARIACIÓN EN LA FRECUENCIA DE ESPECIES EN LA MUESTRA POR LOCALIDAD _____ 81

3.5.3 DESCRIPTORES GRÁFICOS	85
i) CURVAS DE K-DOMINANCIA	85
ii) CURVAS DE RAREFACCIÓN	87
3.5.4 VARIACIÓN DE ESPECIES ENTRE LOCALIDADES	87
i) COMPARACIÓN EN LA FRECUENCIA DE COLECTA DE ESPECIES ENTRE LAS LOCALIDADES UABC-FCMM-PV 101-102	90
ii) COMPARACIÓN EN LA FRECUENCIA DE COLECTA DE ESPECIES ENTRE LAS LOCALIDADES UABC-FCMM-PV 101-103	90
iii) COMPARACIÓN EN LA FRECUENCIA DE COLECTA DE ESPECIES ENTRE LAS LOCALIDADES UABC-FCMM-PV 101-104	91
iv) COMPARACIÓN EN LA FRECUENCIA DE COLECTA DE ESPECIES ENTRE LAS LOCALIDADES UABC-FCMM-PV 101-109	91
v) COMPARACIÓN EN LA FRECUENCIA DE COLECTA DE ESPECIES ENTRE LAS LOCALIDADES UABC-FCMM-PV 10-103	91
vi) COMPARACIÓN EN LA FRECUENCIA DE COLECTA DE ESPECIES ENTRE LAS LOCALIDADES UABC-FCMM-PV 102-104	92
vii) COMPARACIÓN EN LA FRECUENCIA DE COLECTA DE ESPECIES ENTRE LAS LOCALIDADES UABC-FCMM-PV 102-109	92
viii) COMPARACIÓN EN LA FRECUENCIA DE COLECTA DE ESPECIES ENTRE LAS LOCALIDADES UABC-FCMM-PV 103-104	93
ix) COMPARACIÓN EN LA FRECUENCIA DE COLECTA DE ESPECIES ENTRE LAS LOCALIDADES UABC-FCMM-PV 103-109	93
x) COMPARACIÓN EN LA FRECUENCIA DE COLECTA DE ESPECIES ENTRE LAS LOCALIDADES UABC-FCMM-PV 104-109	94
3.5.5 ÍNDICES DE SIMILITUD ENTRE LOCALIDADES	94
3.5.6 ANÁLISIS ESTADÍSTICO	96
i) TABLAS DE CONTINGENCIA	96
ii) INTENSIDAD DE ASOCIACIÓN	98
3.7. DISCUSIÓN	99
3.7.1 FRECUENCIA DE COLECTA DE LA FAMILIA CARCHARHINIDAE	99
3.7.2 FRECUENCIA DE COLECTA DE LA FAMILIA LAMNIDAE	99
3.8 CONCLUSIONES	101

TAFONOMÍA

4.1 ASOCIACIÓN DE MUERTE	104
4.1.1 HUESOS	106
4.1.2 AUTOCTONIA	108
4.1.3 CONCENTRACIÓN Y TRANSPORTE	108
4.2 LOCALIDAD UABC-FCMM-PV 102, UNIDADES C Y D	109
4.2.1 ESQUELETOS ARTICULADOS	109
4.2.2 DIENTES DE DEPREDADORES Y CARROÑEROS	114
i) <i>Carcharhinus</i> spp	115
ii) <i>Galeocerdo aduncus</i>	115
iii) <i>Hemipristis serra</i>	118
iv) <i>Negaprion</i> sp.	120
v) RAYAS	122
4.3 LOCALIDAD UABC-FCMM-PV 103, UNIDAD G	125
4.3.1 ESQUELETOS DESARTICULADOS Y DISPERSOS	125
4.3.2 BIOEROSIÓN	128
4.3.3 DIENTES DE DEPREDADORES Y CARROÑEROS	128
i) <i>Isurus hastalis</i>	128
ii) <i>Isurus planus</i>	134
iii) <i>Isurus oxyrinchus</i>	140
iv) <i>Galeocerdo aduncus</i> y <i>Galeocerdo contortus</i>	142
4.3.4 RESTOS DE TORTUGAS MARINAS	142
4.3.5 HUESOS DE MAMÍFEROS	146
4.4 DISCUSIÓN	148
4.4.1 GRADIENTES TAFONÓMICOS	148
4.5 CONCLUSIONES	154

CARACTERÍSTICAS PALEOAMBIENTALES E INTERPRETACIÓN PALEOECOLÓGICA DE LA FAUNA LA MISIÓN, BAJA CALIFORNIA, MÉXICO

5.1. PALEOMBIENTE	157
5.1.1 EL AMBIENTE MARINO DEL MIOCENO MEDIO EN LA COSTA DE BAJA CALIFORNIA	157

5.1.2 GEOGRAFÍA	157
5.1.3 INFLUENCIA DE AGUAS TROPICALES ATLÁNTICAS	159
5.1.4 TEMPERATURA	160
5.1.5 LA INFLUENCIA DE AGUAS SUBTROPICALES DENTRO DE LATITUDES MEDIAS (15 a 13 Ma)	164
5.1.6 DIATOMITA	164
5.1.7 PRODUCTIVIDAD	166
5.1.8 OXÍGENO	166
5.1.9 SUSTRATO - ENERGÍA	167
5.1.10 SALINIDAD	167
5.1.11 PROFUNDIDAD	168
5.1.12 CERCANÍA A LA LÍNEA DE COSTA	169
5.1.13 TURBULENCIA	169
5.2 PALEOECOLOGÍA	171
5.2.1 INTERPRETACIÓN PALEOECOLÓGICA	173
5.2.1.1 RELACIONES INTRAESPECÍFICAS	173
5.2.1.2 RELACIONES INTERESPECÍFICAS	179
5.2.2 ESTRUCTURA DE LA COMUNIDAD DE VERTEBRADOS	
i) NIVELES TRÓFICOS	179
ii) HERBÍVOROS	180
iii) COMPETENCIA ENTRE HERBÍVOROS	180
iv) CARNÍVOROS	183
a) RELACIONES DE COMPETENCIA	183
b) RELACIÓN DEPREDADOR - PRESA	185
c) CARROÑEROS	191
5.3 CONCLUSIONES	192
REFERENCIAS	194
ANEXO	207
APÉNDICE (NUEVOS BAOTIDEOS)	217

LISTA DE TABLAS

- Tabla I.- Porcentaje de intervalos de tamaño en las fracción arenosa gruesa, media, fina, fina y muy fina de las rocas sedimentarias de la Formación Rosarito Beach, Miembro Los Indios, en la Mesa La Misión por capa. _____ 17
- Tabla II.- Valores de los parámetros texturales, de media, clasificación, asimetría y kurtosis (de acuerdo con Mc Cammon, 1962) de las muestras de rocas sedimentarias de la Formación Rosarito Beach, Miembro Los Indios, en la Mesa La Misión, Baja California. _____ 18
- Tabla III.- Resultados de colecta de piezas utilizando la técnica de tamizado de 18 dm³ de volumen de sedimentos con malla de 1 mm, en dos localidades de la Mesa La Misión, Baja California. _____ 54
- Tabla IV.- Número de piezas por especie de fósiles colectados por localidad en la Mesa La Misión, Baja California, Formación Rosarito Beach, Miembro Los Indios, Baja California. _____ 57-58
- Tabla V.- Porcentaje de la muestra de tiburones fósiles por familias y especies colectados en la Formación Rosarito Beach, Miembro Los Indios en la Mesa La Misión, Baja California. _____ 59
- Tabla VI.- Relación del porcentaje de la muestra de batoideos fósiles por familias y por especie colectados en la Formación Rosarito Beach, Miembro Los Indios, en la Mesa La Misión, Baja California. _____ 63
- Tabla VII.- Relación de la muestra de peces óseos fósiles por familia y por especie colectados en la Formación Rosarito Beach, Miembro Los Indios, en la Mesa La Misión, Baja California. _____ 65
- Tabla VIII.- Relación de la muestra de tortugas marinas fósiles por familia y por especie colectados en la Formación Rosarito Beach, Miembro Los Indios, en la Mesa La Misión, Baja California. _____ 66
- Tabla IX.- Relación de la muestra de aves fósiles por familia y por especie colectados en la Formación Rosarito Beach, Miembro Los Indios, en la Mesa La Misión, Baja California. _____ 68
- Tabla X.- Relación de la muestra de mamíferos fósiles por familia y por especie colectados en la Formación Rosarito Beach, Miembro Los Indios, en la Mesa La Misión, Baja California. _____ 69
- Tabla XII.- Número Mínimo de organismos calculado y porcentaje por especie de los fósiles de la Fauna La Misión, reportados en la muestra de la Formación Rosarito

Beach, Miembro Los Indios en las localidades de la Mesa La Misión, Baja California. _____ 75-76

Tabla XIII.- Valores de índices de diversidad, aplicados a los resultados de la colecta de vertebrados en las localidades UABC-FCMM-PV 101, 102, 103, 104 y 109 de la Formación Rosarito Beach. Miembro Los Indios en la Mesa La Misión, Baja California. _____ 79

Tabla XIV.- Número de especies presentes en las localidades UABC-FCMM-PV de colecta. _____ 83

Tabla XV.- Valores de los índices de similitud de Sørensen, Jaccard, prueba estadística de contingencia de Chi cuadrada 2x2 e intensidad de asociación entre las localidades UABC-FCMM-PV de la Mesa La Misión. _____ 97

Tabla XVI.- Contenido mineralógico de los restos de la Fauna La Misión en La Mesa La Misión, Baja California. _____ 107

Tabla XVII.- Relación del número de dientes, ubicados por posición probable en la mandíbula de las especies del género *Carcharhinus*, localidad UABC-FCMM-PV 102 en la Mesa La Misión, Baja California. _____ 116

Tabla XVIII.- Relación del número de dientes, ubicados posición probable en la mandíbula de las especies de la especie *Galeocerdo aduncus*, localidad UABC-FCMM-PV 102 en la Mesa La Misión, Baja California. _____ 117

Tabla XIX.- Relación del número de dientes, ubicados posición probable en la mandíbula de las especies de la especie *Hemipristis serra*, localidad UABC-FCMM-PV 102 y 103 en la Mesa La Misión, Baja California. _____ 119

Tabla XX.- Relación del número de dientes, ubicados posición probable en la mandíbula de las especies de la especie *Negaprion cf. euribatrodon*, localidad UABC-FCMM-PV 102 y 103 en la Mesa La Misión, Baja California. _____ 121

Tabla XXI.- Relación de placas dentarias centrales completas y fragmentadas de batoideos de la Formación Rosarito Beach, Miembro Los Indios, en la Mesa La Misión, Baja California. _____ 123

Tabla XXII.- Relación del número de dientes, ubicados posición probable en la mandíbula de las especies de la especie *Isurus hastalis*, localidad UABC-FCMM-PV 103 en la Mesa La Misión, Baja California. _____ 132

Tabla XXIII.- Relación del número de dientes, ubicados posición probable en la mandíbula de las especies de la especie *Isurus planus*, localidad UABC-FCMM-PV 103 en la Mesa La Misión, Baja California. _____ 135

- Tabla XXIV.- Relación del número de dientes, ubicados proporción probable en la mandíbula de las especies de la especie *Isurus oxyrinchus*, localidad UABC-FCMM-PV 103 en la Mesa La Misión, Baja California. _____ 141
- Tabla XXV.- Relación del número de dientes, ubicados proporción probable en la mandíbula de las especies de la especie *Galeocerdo aduncus*, localidad UABC-FCMM-PV 103 en la Mesa La Misión, Baja California. _____ 143
- Tabla XXVI.- Relación del número de dientes, ubicados proporción probable en la mandíbula de las especies de la especie *Galeocerdo contortus*, localidad 103 en la Mesa La Misión, Baja California. _____ 144
- Tabla XXVII.- Azimut de ocho elementos craneales de cetáceos misticetos mezclados asociados en la excavación NGS98 de febrero de 1998, en la unidad G de la localidad UABC-FCMM-PV 103 de la Formación Rosarito Beach, Miembro Los Indios, en la Mesa La Misión, Baja California. _____ 149
- Tabla XXIX.- Intervalos latitudinales de los principales géneros de los representantes actuales de vertebrados fósiles de la fauna La Misión, Baja California. _____ 161
- Tabla XXX.- Representación gráfica de los intervalos habitables para representantes de los géneros actuales de fósiles de la Fauna Local de la Mesa La Misión, Baja California. _____ 162
- Tabla XXXI.- Características generales de los principales géneros de los representantes actuales de vertebrados fósiles de la Fauna Local de la Mesa La Misión. (p.162)

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.- Afloramientos de la Formación Rosarito Beach, en la región entre Tijuana y Ensenada, Baja California, México. (Modificado de Gastil, 1971) _____ 7
- Figura 2.- Estratigrafía general de la Formación Rosarito Beach en la subcuenca La Misión, formada por cinco miembros. Se interpreta un proceso de cambio del nivel del mar. (Tomado de Ashby, 1989) _____ 9
- Figura 3.- Columna estratigráfica de la localidad tipo de la Formación Rosarito Beach, Miembro Los Indios, en la Mesa La Misión, al norte del poblado de la Misión de San Miguel Arcángel de la Frontera, Baja California, México. (Tomado de Ashby, 1989) _____ 10
- Figura 4.- Correlación estratigráfica de la Formación Rosarito Beach con algunas formaciones miocénicas a escala mundial. _____ 12
- Figura 5.- Área de estudio, ubicación de la Mesa La Misión y las localidades fosilíferas de colecta de la Formación Rosarito Beach, Miembro Los Indios, localizados al sur del poblado de la Misión de San Miguel Arcángel de la Frontera, Baja California. _____ 14
- Figura 6.- Localización de las localidades donde se realizó el levantamiento de columnas estratigráficas de la Formación Rosarito Beach, Miembro Los Indios, en la Mesa La Misión, Baja California, México. (de acuerdo con McCammon, 1962) _____ 16
- Figura 7.- Valores de media, clasificación, asimetría y kurtosis de los sedimentos por localidades, unidades y capas de la Formación Rosarito Beach, Miembro Los Indios, en la Mesa La Misión. _____ 20
- Figura 8.- Vista general del extremo norte de la Mesa La Misión y ubicación de las localidades UABC-FCMM-PV 105 y 106 _____ 21
- Figura 9.- Rocas ígneas piroclásticas formadas por fragmentos piroclásticos y pumicita, localidad UABC-FCMM-PV 105, unidad A, depositados en ambiente aéreo de la base del Miembro Los Indios en La Mesa La Misión. _____ 22
- Figura 10.- Sedimentos marinos miocénicos de la Formación Rosarito Beach, Miembro Los Indios, en la Mesa La Misión, localidad UABC-FCMM-PV 105, unidad B, formada principalmente por moldes de moluscos, *Anadara topangensis* Reinhart _____ 22
- Figura 11.- Columna estratigráfica levantada en la localidad UABC-FCMM-PV 105 de la Formación Rosarito Beach, Miembro Los Indios, en la Mesa La Misión, Baja California. _____ 23

Figura 12.- a) Localidad UABC-FCMM-PV 105, unidad B, arenas tobas amarillentas con moldes de moluscos, como *Turritella ocoyana* y *Chione temblorensis* y b) unidad D, con secuencia de sedimentos marinos formados por arenas tobas grises y cafés de grano fino. _____ 25

Figura 13.- Sedimentos marinos de la Formación Rosarito Beach, Miembro Los Indios, en la Mesa La Misión, localidad UABC-FCMM-PV 105, unidad D, sedimentos masivos en la base y diatomáceos, en la parte superior. _____ 26

Figura 14.- Columna estratigráfica de la Formación Rosarito Beach, Miembro Los Indios, en la Mesa La Misión, localidad UABC-FCMM-PV 106, unidades C, D y E. _____ 28

Figura 15.- Distribución de las unidades estratigráficas de la Formación Rosarito Beach, Miembro Los Indios, en la cuenca hidrológica de la Mesa La Misión, Baja California. _____ 31

Figura 16.- Vista general de la localidad UABC-FCMM-PV 102, cañón uno, sedimentos marinos de la Formación Rosarito Beach, Miembro Los Indios, en la Mesa La Misión, Baja California. _____ 32

Figura 17.- a) vista general del cañón tres y ubicación de la localidad UABC-FCMM-PV 103; b) sedimentos diatomáceos y capa porcelanizada laminada, unidades E, F y G, respectivamente; c) sedimentos diatomáceos laminados, unidad E. _____ 33

Figura 18.- Columna estratigráfica de la Formación Rosarito Beach, Miembro Los Indios, en la Mesa La Misión, en la localidad UABC-FCMM-PV 103, cañón tres. _____ 34

Figura 19.- Columna estratigráfica compuesta de las rocas sedimentarias marinas de la Formación Rosarito Beach, Miembro Los Indios, en la Mesa La Misión, Baja California, México. _____ 38

Figura 20.- a) Gráfica binaria de media vs. clasificación y b) media vs. asimetría de todas las capas de las unidades y localidades de la Mesa La Misión, Baja California. _____ 40

Figura 21.- Descripción gráfica de la secuencia de depositación de las capas sedimentarias de la Formación Rosarito Beach, Miembro Los Indios en la Mesa La Misión, Baja California. a) formación del Miembro basáltico La Misión, b) depositación de piroclastos en ambiente aéreo, c) mayor circulación atmosférica y oceánica, produce surgencias, d) elevación del nivel del mar, alto consumo de oxígeno produce formación de sedimentos laminados con diatomeas, e) nuevo periodo de surgencias y tormentas, e) disminución del nivel del mar. _____ 45

Figura 22.- Variaciones en el nivel medio del mar durante el Terciario. _____ 47

- Figura 23.- Moldes de trazas o madrigueras verticales, observadas en la localidad UABC-FCMM-PV 102. unidad C _____ 50
- Figura 24.- Relación entre el evento de enfriamiento polar, la disminución del nivel del mar y la salida del carbón hacia los sedimentos, como producto de la actividad primaria de las diatomeas del Mioceno en la costa de California, propuesta por Vincent y Berger (1985). _____ 50
- Figura 25.- Diagrama de pastel del por ciento de piezas colectadas por grupos taxonómicos, de la Fauna Local de la Mesa La Misión. _____ 56
- Figura 26.- Diagrama de pastel del número de piezas colectadas, en por ciento de tiburones fósiles por familia, de la Formación Rosarito Beach, Miembro Los Indios, en la Mesa La Misión, Baja California. _____ 60
- Figura 27.- Diagrama de pastel de la muestra de familias de batoideos fósiles colectados en la Formación Rosarito Beach, Miembro Los Indios, en la Mesa La Misión, Baja California. _____ 63
- Figura 28.- Diagrama de pastel de la muestra de peces óseos fósiles colectados por familia en la Formación Rosarito Beach, Miembro Los Indios, en la Mesa La Misión, Baja California. _____ 65
- Figura 29.- Diagrama de pastel de la muestra de tortugas marinas fósiles colectados por familia en la Formación Rosarito Beach, Miembro Los Indios, en la Mesa La Misión, Baja California. _____ 66
- Figura 30.- Diagrama de pastel de la muestra de aves fósiles colectadas por familia en la Formación Rosarito Beach, Miembro Los Indios, en la Mesa La Misión, Baja California. _____ 68
- Figura 31.- Diagrama de pastel de la muestra de mamíferos fósiles colectados por familia en la Formación Rosarito Beach, Miembro Los Indios, en la Mesa La Misión, Baja California. _____ 69
- Figura 32.- Valores de los índices o indicadores numéricos de la diversidad, equitatividad y dominancia por localidad. _____ 80
- Figura 33.- Diagrama de pastel de la muestra de fósiles colectados por localidad en la Formación Rosarito Beach, Miembro Los Indios, en la Mesa La Misión, Baja California. _____ 82
- Figura 34.- Número de especies de tiburones, rayas, peces ósea, tortugas marinas, aves y mamíferos por localidad _____ 84

- Figura 35.- Curvas de porcentaje de especies en orden de abundancia para las localidades de la Formación Rosarito Beach, Miembro Los Indios en las localidades UABC-FCMM-PV de la Mesa La Misión _____ 86
- Figura 36.- Curvas de rarefacción, número de individuos por especie contra el número acumulativo de especies de vertebrados fósiles para las localidades UABC-FCMM-PV 101, 102 103 104 y 109 de la Mesa La Misión. _____ 88
- Figura 37.- Número de dientes colectados por especie de tiburones fósiles de la Formación Rosarito Beach, Miembro Los Indios, en las localidades UABC-FCMM-PV de la Mesa La Misión, Baja California. _____ 89
- Figura 38.- Diagramas de árbol de agrupación por análisis multivariado, tipo Cluster de la asociación faunística por localidades en la Mesa La Misión, Baja California, a) asociación simple y porcentaje de discrepancia, b) asociación simple y método de Pearson. _____ 95
- Figura 39.- Relación que muestra el número de piezas colectadas por especie de la familia Carcharhinidae por localidad en la Formación Rosarito Beach, Miembro Los Indios, en la Mesa La Misión, Baja California _____ 100
- Figura 40.- Número de piezas por localidad UABC-FCMM-PV, para las especies del género *Isurus* de la familia Lamnidae _____ 102
- Figura 41.- Esqueleto de sirenio hembra, UABC-FCMM-PV 3100, *Metaxytherium arctodites*, paratipo, localidad UABC-FCMM-PV 102, unidad C, Formación Rosarito Beach, Miembro Los Indios, en la Mesa La Misión, Baja California. _____ 111
- Figura 42.- Esquema de la posición de los huesos del esqueleto articulado UABC-FCMM-PV 3100 de *Metaxytherium arctodites*, paratipo, localidad UABC-FCMM-PV 102, unidad C. a) huesos, b) posición corporal durante la depositación del cadáver. _____ 112
- Figura 43.- Esquema de la posición de los huesos del esqueleto articulado UABC-FCMM-PV 3963 de *Metaxytherium arctodites*, holotipo, localidad UABC-FCMM-PV 102, unidad C. a) huesos, b) posición corporal durante la depositación del cadáver. _____ 113
- Figura 44.- a) Quelas de cangrejo y moldes de moluscos, *Chione temblorensis*, localidad UABC-FCMM-PV 102, unidad, Formación Rosarito Beach, Miembro Los Indios, en la Mesa La Misión, Baja California. _____ 124
- Figura 45.- Preservación de restos de barbas de cetáceo, UABC-FCMPV 3300, localidad UABC-FCMM-PV 201, unidad C, localidad tipo de la Formación Rosarito Beach, Miembro Los Indios, en la Mesa Los Indios, Baja California. _____ 124
- Figura 46.- a) Restos craneales de cetáceo misticeto, cetotherido, descubiertos durante la época de lluvias y comienzo de la excavación, b) Exposición de huesos planos _____

craneales y fragmentados de cetáceo mysticeto, localidad UABC-FCMM-PV 103, unidad G, Formación Rosarito Beach, Miembro Los Indios, en la Mesa La Misión, Baja California. _____ 126

Figura 47.- Diagrama que muestra la posición de algunos huesos de diversos organismos, en la capa G, de la localidad UABC-FCMM-PV 103, Formación Rosarito Beach, Miembro Los Indios en la Mesa La Misión, Baja California (escala 10cm). 1) indet. Cheloniidae, 2) indet., 3) indet, 4) indet, 5) frag. Cheloniidae, 6) placa costal Cheloniidae, 7) indet Cheloniidae, 8) placa costal Cheloniidae, 9) diente *Isurus hastalis*, 10) placa costal Cheloniidae, 11) diente *Galeocerdo contortus*, 12) indet Cheloniidae, 13) indet, 14) escapula Cheloniidae, 15) placa marginal Cheloniidae, 16) húmero Cheloniidae, 17) vértebra *Thunnus*, 18) placa marginal Cheloniidae, 19) vertebra de tiburón, 20) frag. mandibular pez, 21) disco intervertebral odontoceto, 22) frag. mandibular túnido, 23) vértebra odontoceto, 24) diente *Isurus planus*, 25) frag. mandíbula pez, 26) vértebra odontoceto, 27) placa pugal Cheloniidae, 28) placa costal Cheloniidae, 29) disco intervertebral odontoceto, 30) atlas odontoceto, 31) vértebra tiburón, 32) diente *Isurus planus*, 33) diente *Isurus hastalis*, 34) vértebra túnido, 34) diente *Isurus planus*, 35) diente *Isurus planus*, 36) vértebra cetáceo, 37) disco intervertebral de odontoceto, 38) vértebra de túnido, 39) placa marginal Cheloniidae, 40) vértebra túnido, 41) placa costal Cheloniidae, 42) indet. Cheloniidae, 43) placa marginal Cheloniidae, 44) diente *Isurus planus*. _____ 127

Figura 48.- a) Marcas de dientes de tiburón, b) epibiontes y marcas de perforación en caparacho de Cheloniidae, UABC-FCMPV 1620 de la Formación Rosarito Beach, Miembro Los Indios, en la Mesa La Misión, Baja California, localidad UABC-FCMM-PV 103, unidad G. _____ 129

Figura 49.- Diente de tiburón, *Isurus oxyrinchus*, UABC-FCMM-PV 2605, insertado en hueso de mamífero de la Formación Rosarito Beach, Miembro Los Indios, en la Mesa La Misión, Baja California, localidad UABC-FCMM-PV 103, unidad G. _____ 129

Figura 50.- Dientes de tiburón, *Isurus planus*, UABC-FCMPV 1001 y 2235, que muestran evidencias de pastoreo sobre ellos de la Formación Rosarito Beach, Miembro Los Indios, en la Mesa La Misión, Baja California, localidad UABC-FCMM-PV 103, unidad G. _____ 130

Figura 51.- Costilla de mamífero, UABC-FCMM-PV 2603, con marcas de depredación o carroñeo de la Formación Rosarito Beach, Miembro Los Indios, en la Mesa La Misión, localidad 103, unidad G. _____ 130

Figura 52.- Mandíbula de otárido, UABC-FCMM-PV 2604, con corte y marca de sierra de diente de tiburón de la Formación Rosarito Beach, Miembro Los Indios, en la Mesa La Misión, localidad UABC-FCMM-PV 103, unidad G. _____ 130

Figura 53.- Número y porcentaje de dientes de *Isurus hastalis* por categoría tafonómica: completos, rotos de la raíz, rotos de la punta, fragmentados y abrasionados, localidad UABC-FCMM-PV 103, unidad G. _____ 134

- Figura 54.- Número y porcentaje de dientes de *Isurus planus* por categoría tafonómica: completos, rotos de la raíz, rotos de la punta, fragmentados y abrasionados, localidad UABC-FCMM-PV 103, unidad G. _____ 136
- Figura 55.- Número y porcentaje de dientes de *Isurus oxyrinchus* por categoría tafonómica: completos, rotos de la raíz, rotos de la punta, fragmentados y abrasionados, localidad UABC-FCMM-PV 103, unidad G. _____ 138
- Figura 56.- Número y posición probable en la mandíbula de los dientes de tres especies: *Isurus hastalis*, *Isurus planus* e *Isurus oxyrinchus*, de la localidad UABC-FCMM-PV 103, unidad G. _____ 139
- Figura 57.- Número y posición probable en la mandíbula de los dientes de dos especies: *Galeocerdo aduncus* y *Galeocerdo contortus*, de la localidad UABC-FCMM-PV 103, unidad G. _____ 145
- Figura 58.- Fragmento craneal y mandíbula en posición original de cetáceo mysticeto, cetotherido, UABC-FCMM-PV 3300, colectado en la localidad tipo UABC-FCMM-PV 201, unidad C, de la Formación Rosarito Beach, Miembro Los Indios, en la Mesa Los Indios, Baja California. _____ 147
- Figura 59.- Excavación de restos de tres cráneos de cetáceos mysticetos, desarticulados, mezclados y fragmentados, colectados de la localidad UABC-FCMM-PV 103, unidad G, Formación Rosarito Beach, Miembro Los Indios, en la Mesa La Misión, Baja California. _____ 147
- Figura 60.- Diagrama de rosa con el azimut de los ocho elementos craneales de cetáceos mysticetos transportados en conjunto en la localidad UABC-FCMM-PV 103, unidad G, en la Mesa La Misión, Baja California. _____ 149
- Figura 61.- Razones en la proporción de dientes superiores entre inferiores, dientes izquierdos entre derechos; y de dientes completos entre fragmentados, de siete especies: *Carcharhinus* sp. 1, *Carcharhinus* sp. 2, *Carcharhinus* sp. 3, *Carcharhinus* sp. 4, *Hemipristis serra*, *Galeocerdo aduncus* y *Negaprion* sp. _____ 152
- Figura 62.- Razones en la proporción de dientes superiores entre inferiores, dientes izquierdos entre derechos; y de dientes completos entre fragmentados, de siete especies: *Galeocerdo aduncus*, *Galeocerdo contortus*, *Negaprion* sp., *Hemipristis serra*, *Isurus hastalis*, *Isurus planus* e *Isurus oxyrinchus*, de la localidad UABC-FCMM-PV 103, unidad G. _____ 153
- Figura 63.- Ubicación geográfica de la Formación Rosarito Beach, Miembro Los Indios, en la Mesa La Misión, Baja California durante el Mioceno Medio. a) posición del continente americano durante el Mioceno, b) paleogeografía de México durante el Mioceno y c) reconstrucción de la costa noroeste de Baja California durante el Mioceno Medio _____ 158

Figura 64.- Representación gráfica de las masas de agua y zona de mezcla de la Corriente de California y la masa tropical Caribeña, durante el Mioceno Medio. a) 16 Ma, elevación del nivel del mar, TM 2.2 b) 14 Ma, disminución del nivel del mar, TM 2.3, c) cambios relativos del nivel del mar durante el Mioceno (tomado de Kennett, 1982).

163

Figura 65.- Relación ancho y alto de la corona de los dientes fósiles anteriores, intermedios, laterales y posteriores de *Isurus hastalis* de la fauna Local de la Mesa La Misión.

174

Figura 66.- Relación ancho y alto de la corona de los dientes fósiles anteriores, intermedios, laterales y posteriores de *Isurus planus* de la fauna Local de la Mesa La Misión.

175

Figura 67.- Relación ancho y alto de la corona de los dientes fósiles anteriores, intermedios, laterales y posteriores de *Isurus oxyrinchus* de la fauna Local de la Mesa La Misión.

176

Figura 68.- Relación ancho y alto de la corona de los dientes fósiles anteriores de *Isurus hastalis*, *Isurus planus* e *Isurus oxyrinchus* de la fauna Local de la Mesa La Misión.

177

Figura 69.- Modelo gráfico de repartición de recursos herbales (pastos marinos) entre los diferentes consumidores, Sirenia, Desmostylia y Cheloniidae, durante el Mioceno medio de la Formación Rosarito Beach, Miembro Los Indios en las localidades de la Mesa La Misión, Baja California.

182

Figura 70.- Gráfica del ambiente donde conviven y se alimentan *Desmostylus hesperus* y *Galeocерdo aduncus*.

186

Figura 71.- Relaciones de competencia y depredador-presa entre tiburones de la Fauna Local de la Mesa La Misión.

187

Figura 72.- Relaciones de probable competencia por alimento entre tiburones de los géneros *Isurus* y *Galeocерdo*.

189

Figura 73.- Relaciones de competencia y flujo alimetario entre las especies de tiburones de la Fauna La Misión.

190

INTRODUCCIÓN

Los seres que habitan los océanos muestran en sus características morfológicas, todos aquellos aspectos que el ambiente ha modelado y que la genética ha reproducido a través del tiempo. En particular, los vertebrados marinos presentan en su desarrollo filogenético una serie de modificaciones morfológicas indicativas de los cambios en sus necesidades y/o condiciones de sobrevivencia al adaptarse a los nuevos ambientes acuáticos. Dichas modificaciones se preservan después de la muerte y su estudio permite llevar a cabo una interpretación sobre los roles ecológicos y la relación con el ambiente.

El estudio de las interacciones de los organismos con otros y con el ambiente físico en el pasado geológico, se denomina *Paleoecología* (Dodd y Stanton, 1981). En particular las consecuencias macroevolutivas de los roles y estrategias ecológicas, han sido definidas por Kitchell (1985), como *paleoecología descriptiva*, en su definición establece que los estudios de ambientes pasados que contribuyen a la aplicación de teorías y problemas de las ciencias geológicas, particularmente el análisis de facies y la reconstrucción de ambientes antiguos, deben ser considerados en esta categoría. Y se distingue de la *paleoecología de comunidades*, ya que aquí se describen la diversidad, los roles ambientales, la estructura y los patrones de cambio en las paleocomunidades, así como los factores que afectan dichas características (Miller, 1990, en Allmon y Bottjer, 2001).

En general, el estudio de los fósiles de vertebrados marinos para la interpretación paleoecológica y paleoambiental no es una herramienta de uso común. Su estudio constituye una importante aportación al conocimiento, ya que la mayoría de los trabajos paleoecológicos son realizados con invertebrados (Allmon y Bottjer, 2001).

La reconstrucción paleoambiental depende de tres aspectos: el establecimiento de un buen marco estratigráfico, una buena taxonomía y una comprensible información

ecológica. El estudio de los sedimentos, a través del análisis textural y mineralógico, es decir su tamaño, forma, origen, composición y proveniencia, permite interpretar las condiciones físicas del ambiente donde se acumularon y posteriormente se transformaron en rocas. La estratigrafía provee las interacciones espaciales y temporales para la comparación de los fósiles en la historia geológica. Así mismo, los datos básicos de la paleoecología son los fósiles, adecuadamente identificados y correctamente ubicados con un marco estratigráfico (Dodd y Stanton, 1981).

Para comprender las características de la asociación fosilífera se requiere de la Tafonomía, es decir del estudio de los procesos ocurridos desde la transición de los restos orgánicos en la biosfera a la litosfera o proceso de fosilización desde la muerte a la diagenesis (Martín, 1999). Todos los eventos que ayuda a entender las causas que determinaron la muerte y los procesos de preservación en los fósiles.

El manejo de información paleoecológica, requiere de acopio de información interdisciplinaria, lo que implica el uso del uniformismo, la analogía y la simplicidad. El uniformismo taxonómico (Lawrence, 1971a), utiliza la información relacionada con la tolerancia ambiental y relaciones interespecíficas de los taxa vivos equivalentes, para inferir las mismas condiciones para los fósiles emparentados, solamente cuando mantienen las características morfológicas de sus parientes. La analogía, es usada cuando en la morfología de los organismos individuales, en la estructura de la comunidad o en la dinámica de poblaciones, se infiere como una respuesta que representa a las fuerzas ambientales independientes del tiempo. El principio general de simplicidad, implica en esencia que la explicación más simple probable para una causa, generalmente es la que tiene menos peldaños, a través de las causas y los efectos intermedios, lo importante es el resultado final (Dodd y Stanton, 1981).

En el presente estudio se usan el análisis de facies de la secuencia sedimentaria y la reconstrucción paleoambiental de las características físicas y biológicas de la asociación fosilífera de la Formación Rosarito Beach, Miembro Los Indios en la Mesa La Misión, Baja California, por lo que se considera un estudio de paleoecología descriptiva. También se aborda el tema de la paleoecología de comunidades, al describir con

indicadores numéricos y gráficos la diversidad, los roles ambientales, la estructura y los patrones de cambio de la comunidad de especies de vertebrados marinos del Mioceno medio.

Los fósiles de mamíferos preservados en los depósitos sedimentarios de la Formación Rosarito Beach, Miembro Los Indios, en la Mesa La Misión, han sido llamados: Fauna Local Mesa La Misión (Barnes 1998:38), pero en este trabajo el término se amplía para nombrar a todas la fauna de vertebrados, ya que por sus características singulares, es considerada una de las más importante asociación fosilífera de México, por su bien preservada, abundante y diversa fauna de vertebrados marinos, asociados a sedimentos finos de origen volcánico, retrabajados en un ambiente marino, por esto son considerados como un caso importante de estudio ya que permiten la reconstrucción e interpretación paleoambiental y paleoecológica.

En la interpretación de la asociación de fósiles, Fauna Local de la Mesa La Misión, que está compuesta, casi exclusivamente por vertebrados marinos (Aranda-Manteca, 1994), se usaron modelos actualísticos, donde se reconocen los factores físicos más importantes que ocasionan la destrucción de los restos esquelétales, como el oleaje y las corrientes oceánicas, las cuales determinan la orientación, la fragmentación, la clasificación, la imbricación, la abrasión, las huellas de impacto, acumulación, etc. También los factores biológicos destructivos están determinados por la presencia de predadores, carroñeros, la actividad bacteriana y los degradadores. Así como, los factores químicos que destruyen los restos esquelétales, como son la presencia o ausencia de agua de mar, su composición química, la profundidad y el tipo de sedimento asociado.

1.1 ANTECEDENTES

Thorwald Kruckow (1913), reporta la ubicación de la localidad de La Misión Vieja, en este primer reconocimiento, se establecen las bases sobre la importancia paleogeográfica y estratigráfica de la fauna de elasmobranquios en Baja California.

No se tiene ningún record de estudios científicos hasta los ochentas, cuando se reconoce la importancia de las localidades por su calidad en la preservación. Los estudios de Minch *et al.*, 1984 y Demere *et al.*, 1984, sobre la litología y la paleontología de la Formación Rosarito Beach, Miembro Los Indios, marcan una nueva etapa en la investigación del afloramiento.

Posteriormente, los nuevos descubrimientos incrementaron los estudios, Aranda-Manteca (1987) reporta la presencia de Sirenios en las rocas de la Formación Rosarito Beach, en la Mesa La Misión, Baja California. Así como su importancia para entender la distribución geográfica de estos organismos durante el Mioceno (Aranda-Manteca y Domning, 1987). Otro estudio importante fue el realizado por Ashby (1989), en el cual reconoce al Miembro Los Indios como un nuevo miembro de la Formación.

La fauna fósil del Miembro Los Indios en la Mesa La Misión, Baja California, ha sido estudiada por Demere *et al.*, (1984); Aranda-Manteca (1990, 1994, 1998, 2000, 2001, en prep.); Aranda-Manteca y Barnes (1991, 1992, 1993, 1998a, en prep.); Aranda-Manteca, Domning y Barnes (1991, 1994); Aranda-Manteca y Sánchez-Gutiérrez, (en prep.); Barnes (1998); Barnes y Aranda-Manteca (1997, 1998); Barradas y Stewart (1993); Gascón-Romero (1991, 1996); Gascón-Romero y Aranda-Manteca (1997a, b, c); Gascón-Romero, Aranda-Manteca y Barnes (1991, 1993, 1996, 1998); González-Barba (1990); Hernández-Rosado y Aranda-Manteca (1993); Sánchez-Gutiérrez (1995, 1996, 1998).

La mayor parte de estos estudios, comenzaron como un esfuerzo de rescate para la preservación del patrimonio cultural de Baja California y México, a través del tiempo se han desarrollado diferentes proyectos en la Universidad Autónoma de Baja California en colaboración con distintas instituciones nacionales y extranjeras, como Instituto Nacional de Antropología e Historia, Universidad Autónoma de México, Universidad Autónoma de Baja California Sur, Natural History Museum of Los Angeles County, San Diego Natural History Museum, National Geographic Society, El Museo de las Californias, entre otras.

Todo el material colectado en todos estos proyectos, ha sido depositado en la Colección Paleontológica de Referencia del Estado de Baja California, sección Vertebrados, que se encuentra en custodia en la Facultad de Ciencias Marinas de la Universidad Autónoma de Baja California, en Ensenada, Baja California cuyas siglas son: UABC-FCMM-PV.

1.2 OBJETIVO

Determinar las condiciones paleoambientales y paleoecológicas en las que se desarrollo y preservó la asociación de vertebrados marinos Fósiles: Fauna Local de la Mesa La Misión de la Formación Rosarito Beach, Miembro Los Indios, en la Mesa La Misión, Baja California, México.

1.2.1 Objetivos Particulares

- ⊕ Establecer las condiciones sedimentológicas del ambiente de depósito.
- ⊕ Establecer la distribución espacial y estratigráfica de los restos fósiles.
- ⊕ Describir los patrones tafonómicos de los restos presentes en las rocas.
- ⊕ Establecer la abundancia de los restos fósiles por unidades estratigráficas.
- ⊕ Interpretar las condiciones paleoambientales.
- ⊕ Interpretar la estructura de la comunidad.

ESTRATIGRAFÍA Y PROVENIENCIA GEOLÓGICA

2.1 LA FORMACIÓN ROSARITO BEACH

Los afloramientos rocosos de la Formación Rosarito Beach, fueron descritos por Minch (1967) se encuentran distribuidos en la costa noroeste de la península de Baja California, México, entre las ciudades de Tijuana y Ensenada. Se limita al norte por la Ciudad de San Diego, California, USA, al sur por Punta San Miguel, Baja California, al este por las rocas prebatolíticas y batolíticas peninsulares, y al oeste por la actual línea de costa (Fig. 1). Sin embargo, el margen oeste de la cuenca durante el Mioceno se encontraba mar adentro de la actual línea de costa, y está formado por terrenos volcánicos montañosos, en una Provincia de Plataforma tipo *Borderland* (angosta y fracturada) (Emery, 1960, en Kennett, 1982).

La Formación Rosarito Beach está dividida en dos subcuencas de depósito: la primera, al norte denominada Subcuenca Tijuana y la segunda, al sur conocida como Subcuenca La Misión (Ashby, 1989) (Fig. 1). La subcuenca norte se extiende desde Punta Descanso hasta la región sur de San Diego, California y está caracterizada por gravas fluviales Plio-Pleistocénicas (Minch, 1967; Minch y Ashby, 1984). La subcuenca sureña, La Misión, presenta afloramientos en el área comprendida desde Punta San Miguel hasta Punta Ventanita (Fig. 1) y es una plataforma basáltica, formada por la acumulación de basaltos y sedimentos volcanoclásticos originados por aparatos volcánicos que se localizaban al oeste de la provincia.

El presente trabajo enfocará su atención en la Subcuenca La Misión, específicamente en La Mesa La Misión. Estratigráficamente, la plataforma de la Subcuenca La Misión está constituida por una secuencia transgresiva-regresiva de capas intercaladas de sedimentos marinos y no-marinos (Ashby, 1989; Aranda-Manteca, 1990) (Fig. 2). La mayor parte de los sedimentos provienen del oeste, y solo algunas áreas recibieron aportes clásticos del este. Las litologías típicas representadas

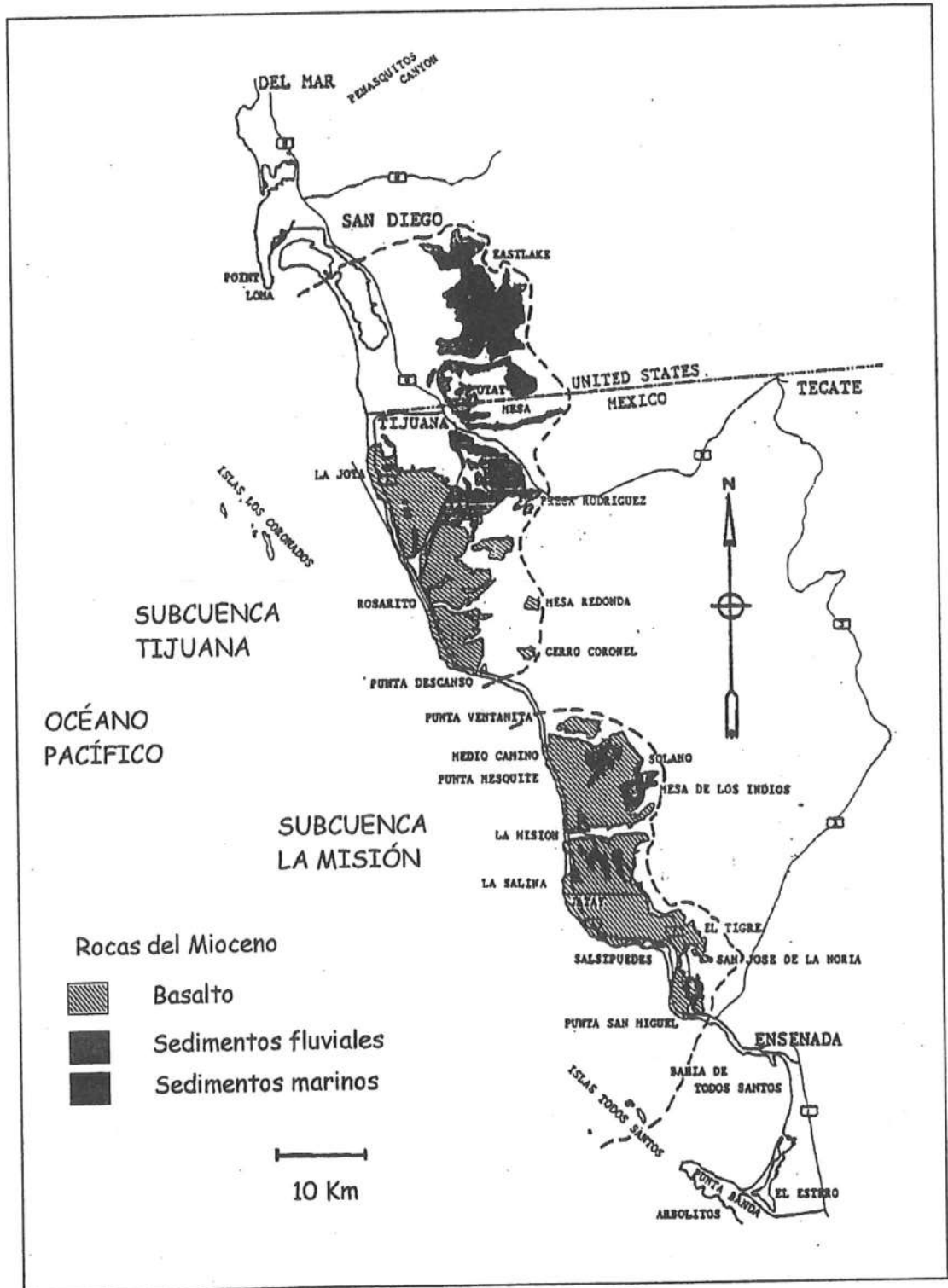


Figura 1.- Afloramientos de la Formación Rosarito Beach, en la región entre Tijuana y Ensenada, Baja California, México (modificado de Gastil, 1971).

en la dicha secuencia estratigráfica incluyen: flujos de basalto, tobas y lapilli cristalinos de origen aéreo, lodos submarinos y brechas lodosas de flujo con matriz arenosa, areniscas tobáceas, diatomitas y conglomerados (Ashby, 1989). Con base en estas litologías, se han distinguido cinco miembros que conforman la Subcuenca La Misión (Fig. 2): Miembro Punta Mesquite, Miembro Medio Camino, Miembro La Misión, Miembro Los Indios y Miembro El Descanso (Ashby, 1989). De los cinco anteriores, el Miembro Los Indios destaca por su importancia en este trabajo, ya que a éste pertenecen, tanto la Localidad Tipo como las localidades fosilíferas aquí estudiadas.

2.1.1 LOCALIDAD TIPO UBICADA EN LA MESA LOS INDIOS

El Miembro Los Indios (Minch, *et al.*, 1984) consiste en sedimentos marinos y no marinos volcanoclásticos que incluyen: tobas, tobas lapilli, areniscas tobáceas, conglomerados tobáceos, coquinas-limolitas y sedimentos diatomáceos (Ashby, 1989). Este miembro aflora en las áreas al norte y sur del arroyo Guadalupe. La sección tipo fue descrita para la Mesa Los Indios en la región norte (Minch *et al.*, 1984) (Fig. 3).

La porción basal del Miembro Los Indios en la localidad tipo descansa en discontinuidad sobre los basaltos del Miembro La Misión (Fig. 3). En las áreas del extremo este los sedimentos descansan directamente sobre rocas prebatolíticas volcánicas y rocas graníticas. Esta capa se compone por sedimentos volcanoclásticos caracterizados como tobas lapilli – areniscas que presentan un aporte de cuarzo al oeste y son masivos, porosos y con abundantes fragmentos basálticos.

Sobreyace un conglomerado de origen marino, que contiene invertebrados de aguas someras, vertebrados terrestres y cuarzo, en forma de clastos bien redondeados, en una matriz de toba arenácea lítica cristalina que presenta en varias localidades, abundante material de conchas transformadas diagenéticamente y reprecipitadas en forma de una dura y resistente capa de cementante de calcita, llamada unidad limolita-coquina (Ashby, 1989).

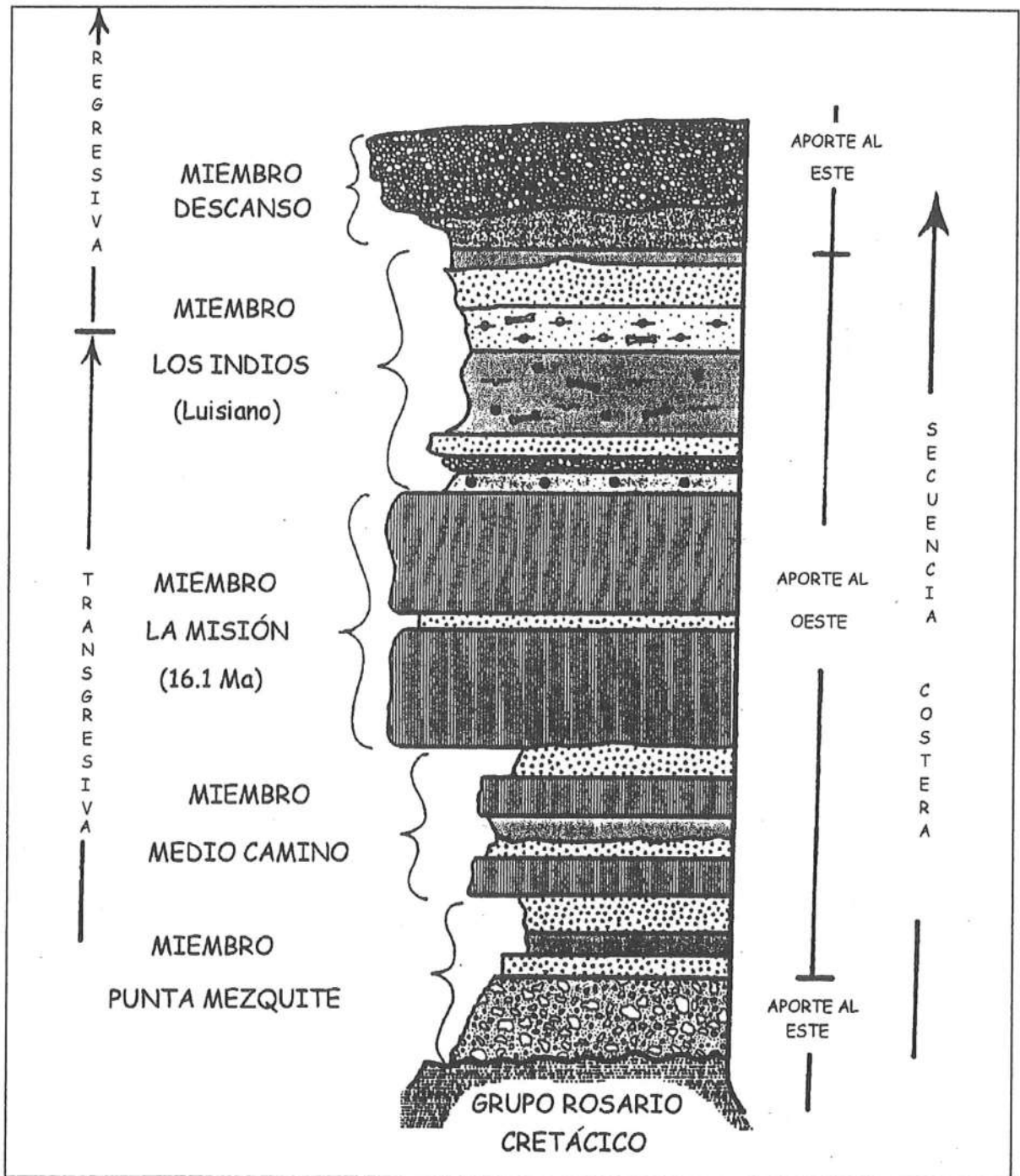


Figura 2.- Estratigrafía general de la Formación Rosarito Beach en la subcuenca La Misión, formada por cinco miembros. Se interpreta un proceso de cambio en el nivel del mar (tomado de Asbhy, 1989).

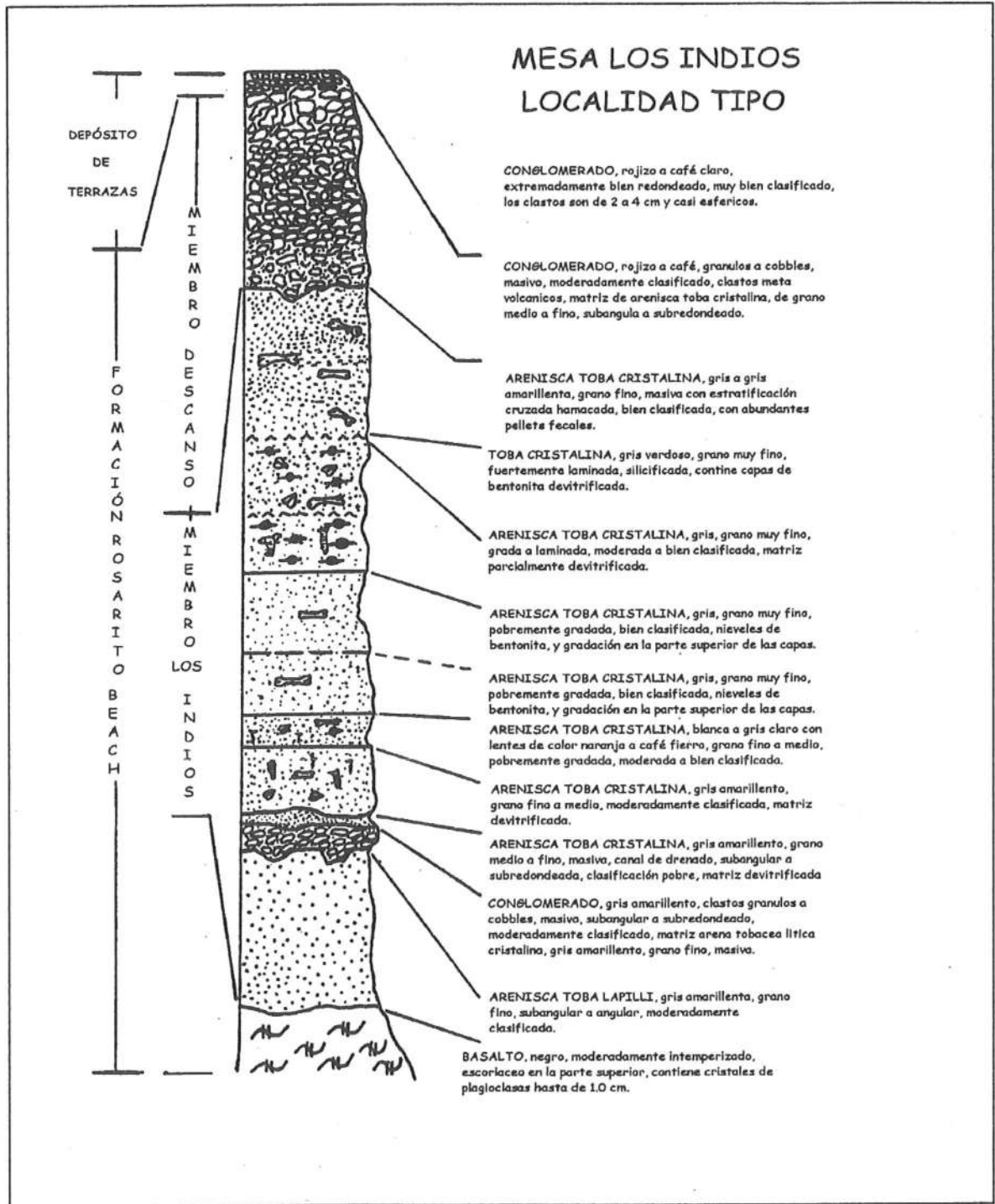


Figura 3.- Columna estratigráfica de la localidad tipo de la Formación Rosarito Beach, Miembro Los Indios, en la Mesa Los Indios al norte del poblado de la Misión del San Miguel Arcángel de la frontera, Baja California, México (Tomado de Ashby, 1989).

La porción media del Miembro Los Indios en la localidad tipo, consiste de areniscas líticas tobáceas, tobas vítricas, tobas cristalinas y areniscas tobáceas, con abundantes fósiles (Fig. 3). Estos sedimentos están caracterizados por un color blanco a gris, son masivos a ligeramente laminados. La toba de grano fino y las tobas lapilli en la porción central de la cuenca contienen diatomeas (diatomitas tobáceas laminadas) y silicoflagelados (Fig. 3) (Ashby, 1989).

La porción superior del Miembro Los Indios en la localidad tipo está caracterizada por una secuencia que muestra aumento en el tamaño de grano. En algunas localidades, ésta unidad se compone de conglomerados (Fig. 3) (Ashby, 1989).

2.2 MESA LA MISIÓN

En la Mesa La Misión, al sur del arroyo Guadalupe afloran las rocas de la subcuenca La Misión de la Formación Rosarito Beach, de los Miembros La Misión y los Indios (Ashby, 1989; Aranda-Manteca, 1990, 1994) (Fig. 2).

2.2.1 Correlación bioestratigráfica

El Miembro Los Indios, en la Mesa La Misión fue descrito por Minch *et al.*, 1970 y por sus características sedimentarias y fosilíferas, puede ser correlacionado con los estadios bioestratigráficos de moluscos de la Fauna Temblor en Norteamérica, debido a la presencia de *Turritella ocoyana*, *Anadara topangensis* y *Chione temblorensis* (Addicot, 1972). También puede ser correlacionado con los estadios bioestratigráficos de mamíferos continentales de Norteamérica, por la presencia del camélido *Oxydactylus longipes* (Woodburne, 1970).

La presencia de diatomeas y silicoflagelados permiten correlacionar la secuencia de la Mesa La Misión con el estadio Luisiano de foraminíferos (Demere *et al.*, 1984), debido a la presencia del silicoflagelado de mar profundo *Corbisema triacantha* (Bukry, 1975).

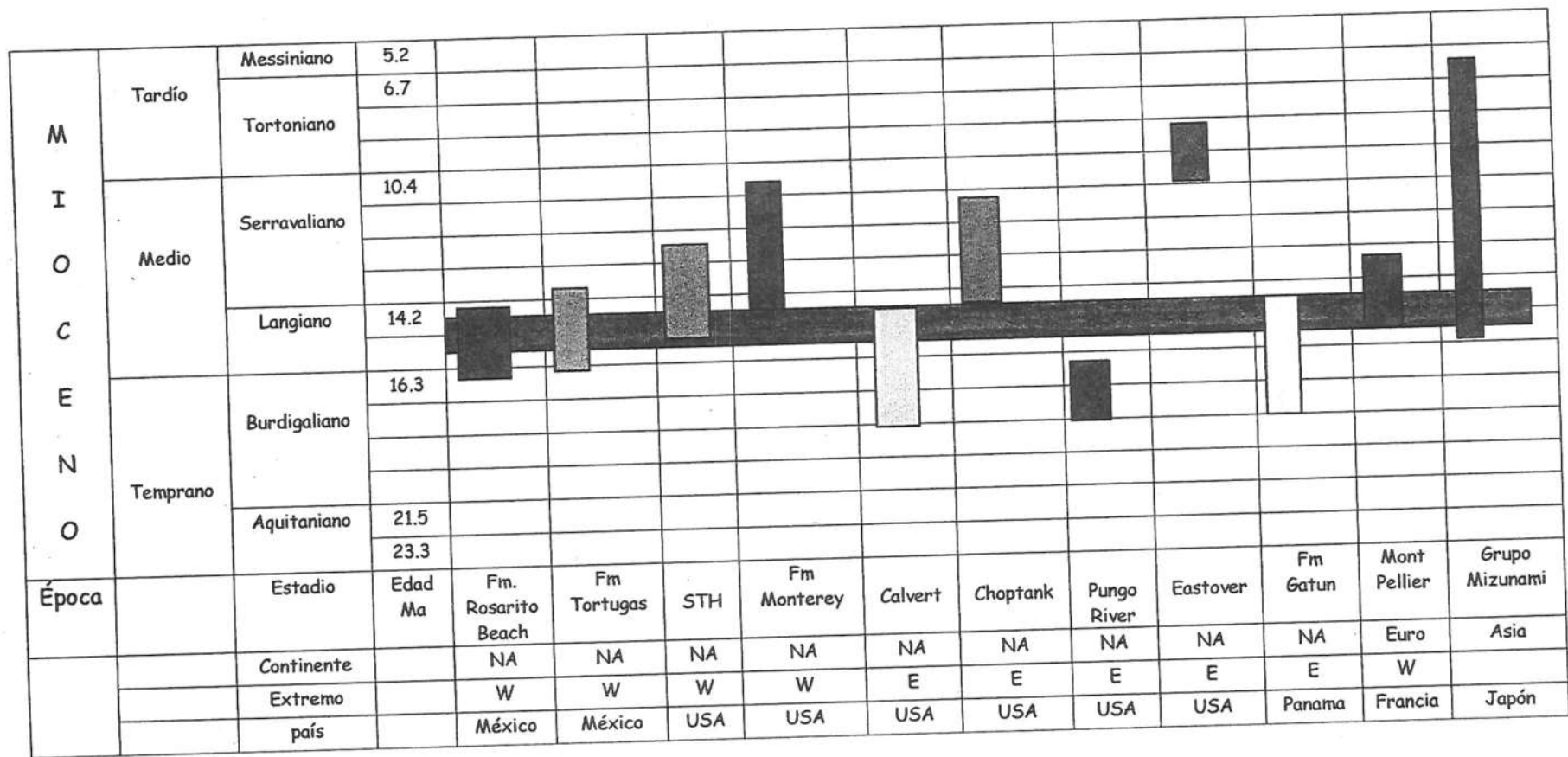


Figura 4.- Correlación estratigráfica de la Formación Rosarito Beach con algunas las formaciones miocénicas a escala mundial (ver referencias en Correlación bioestratigráfica).

Estas correlaciones corroboran los resultados obtenidos por fechado radiométrico de basaltos subyacentes a la secuencia sedimentaria (Gastil *et al.*, 1975), quien propone una edad de 16.1 ± 2.1 millones de años (Ma), para el basalto La Misión y para el Miembro Costa Azul, que sobreyace al Miembro Los Indios, una edad de 14.3 ± 2.6 Ma (Hawkins, 1970).

La asociación de fósiles de vertebrados, Fauna Local de la Mesa La Misión, en particular tiburones y mamíferos marinos estudiados por Aranda-Manteca (1990 y 1994) y González-Barba (1990), se establecen que la depositación de los sedimentos ocurrió durante el Mioceno Medio y lo correlacionan (Fig. 4) en Baja California con los afloramientos de la Formación (Fm.) Tortugas en Isla Cedros y en Bahía Asunción (Carvajal-Martínez, 1990; Aranda-Manteca, 1994). En California con la Round Mountain Silt (Fauna Local de Shark Tooth Hill) y la parte inferior de la Fm. Monterrey (Aranda-Manteca, 2000). En la costa este de Norteamérica con la Fm. Calvert en Maryland (Kent, 1994). En el caribe con los depósitos de la cantera Cojimar (Sánchez-Roig, 1920; Iturralde-Vinent *et al.*, 1998). Con los depósitos centro americanos de Panamá, con la Fm. Gatún (Gillette, 1984). Con la Fm. Tonokita y el Grupo Mizunami en Japón (Itoigawa *et al.*, 1985). En la India, con los depósitos miocénicos de Baripada, Kathiawar y Kutch (Sahni y Mehrotra, 1981). En Europa, con los depósitos sedimentarios de Montpellier y Loupian en Francia (Cappetta, 1970), con depósitos de Bélgica (Leriche, 1926), en Portugal, con los sedimentos de Lisboa (Jonet, 1968) y en Polonia con los depósitos de Korytnica clays (Schultz, 1977).

2.2.2 Litología y Estratigrafía

2.2.2.1 Metodología de colecta y análisis de sedimentos

El trabajo de colecta de fósiles en la Mesa La Misión, se ha realizado en diez localidades distribuidas en el área de depósitos sedimentarios marinos de dicha Mesa. Las localidades han sido denominadas: UABC-FCMM-PV 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109 y 110 (Fig. 5).

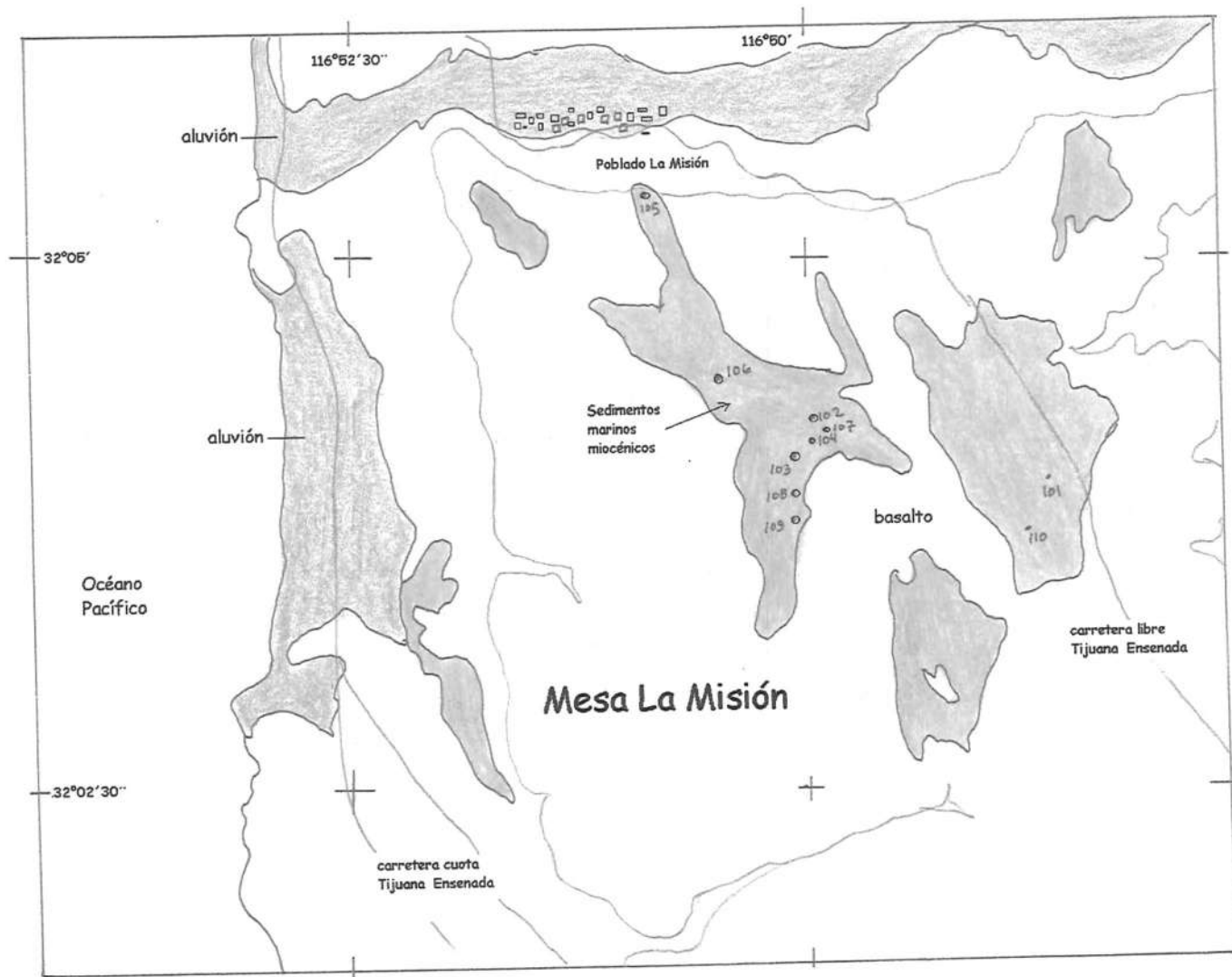


Figura 5.- Área de estudio, ubicación de la Mesa La Misión y las localidades UABC-FCMM-PV fosilíferas de colecta de la Formación Rosarito Beach, Miembro Los Indios, localizados al sur del poblado de la Misión de San Miguel Arcángel de la frontera, Baja California.

Con el propósito de realizar una secuencia estratigráfica completa para la Mesa La Misión, se levantaron secciones estratigráficas en las localidades UABC-FCMM-PV 102 y 103, que son las principales localidades de colecta de fósiles y en las localidades UABC-FCMM-PV 105 y 106 para completar la secuencia del Miembro Los Indios (Fig. 6).

Para realizar su análisis textural, se colectaron muestras de sedimentos, en las diferentes unidades de muestreo denominadas por las letras A, B, C, D, E, F, G y H, de aproximadamente 500 g, en las localidades UABC-FCMM-PV 102, 103, 105 y 106, obteniendo un total de 38 muestras de sedimentos y siete de material consolidado. Las muestras fueron cuarteadas para obtener una submuestra de 100 g, en ellas se realizó un pretratamiento para la eliminación de sales solubles y materia orgánica (Royse, 1970; Carver, 1971). Una vez realizado el secado de las muestras libres de sales y materia orgánica, se procedió al tamizado del sedimento, utilizando tamices calibrados de acuerdo con el tamaño de grano de 0 a 4 Unidades Phi (Wentworth, 1922; Krumbein, 1934), para de esta manera establecer las porciones de arenas y lodos (Folk, 1954).

Los resultados de la distribución de tamaño de grano para las muestras sedimentarias, de cada una de las unidades, fueron procesados utilizando el método numérico conocido como análisis textural (Folk y Ward, 1967; Friedman, 1961; Carver, 1971), en particular utilizando el método de momentos (McCammon, 1962). Los resultados de este procesamiento numérico se presentan en la Tabla I, II y Fig. 7.

2.2.2.2 Litoestratigrafía

A continuación se presenta una descripción de la composición litológica y la estratigrafía del Miembro Los Indios en la Mesa La Misión, realizada con base en los resultados del análisis textural de sedimentos y los levantamientos estratigráficos de las localidades UABC-FCMM-PV 102, 103, 105 y 106,

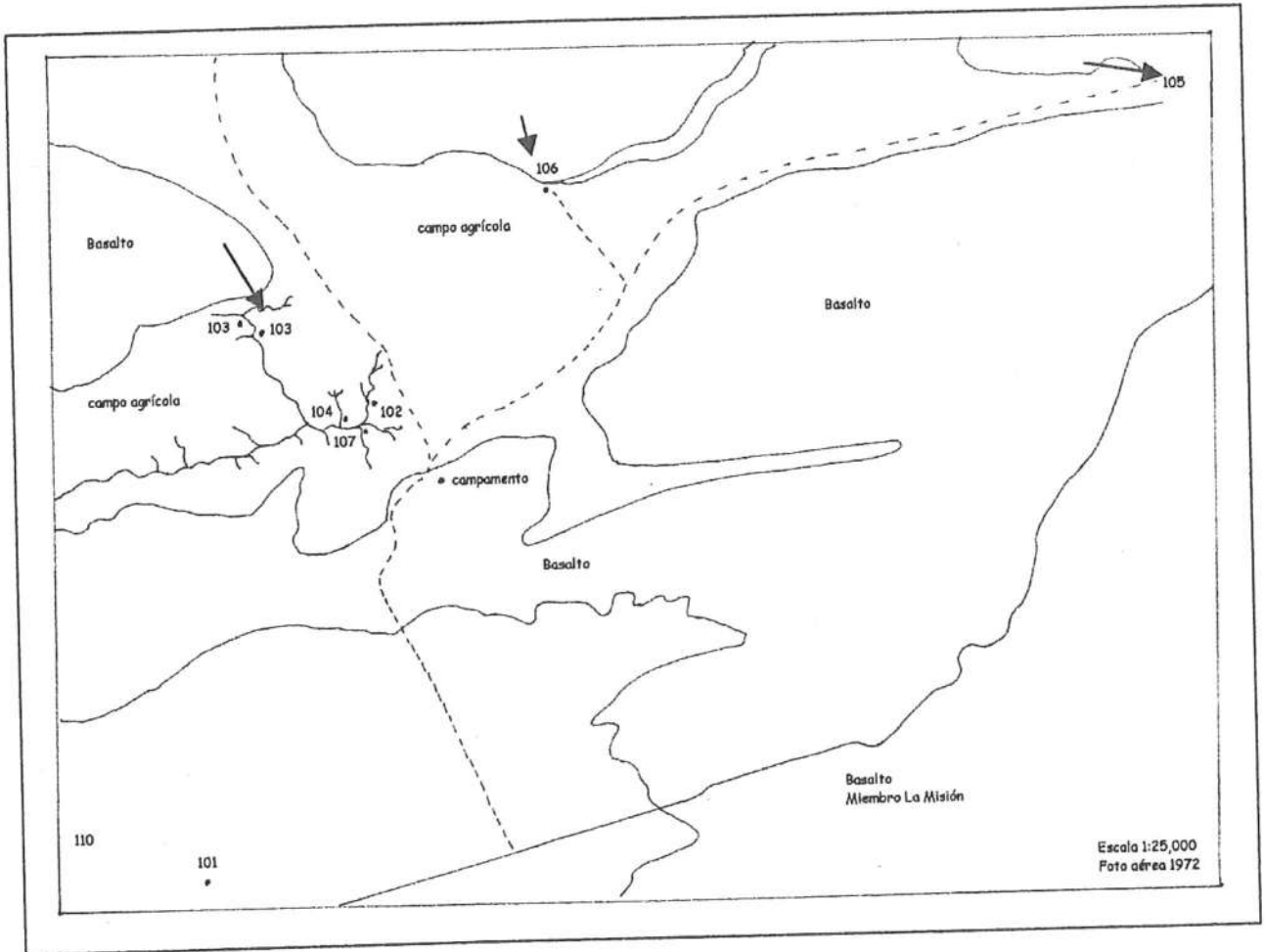


Figura 6.- Localización de las localidades UABC-FCMM-PV donde se realizó el levantamiento de columnas estratigráficas, de la Formación Rosarito Beach, Miembro Los Indios en la Mesa La Misión, Baja California, México (Modificado de CETENAL, 1972).

Tabla I.- Porcentaje de intervalos de tamaño en las fracciones de arena gruesa, media, fina, muy fina y lodosa de las rocas sedimentarias de la Formación Rosarito Beach, Miembro Los Indios en la Mesa La Misión por capa.

Capa	Arena Gruesa %	Arena Media %	Arena Fina %	Arena Muy Fina %	Lodo %
102 C2	12.55	16.60	26.06	32.68	12.11
102 C3	0.00	2.00	16.21	38.34	43.45
103 C1	7.87	22.68	41.04	25.52	2.89
103 C2	0.00	2.00	29.66	37.63	30.71
103 C3	0.00	2.00	37.67	48.45	11.88
103 C4	0.00	2.00	54.10	41.26	2.64
103 D1	52.03	19.63	20.49	7.49	0.36
103 D2INF	11.60	16.93	24.97	37.33	9.17
103 D2SUP	0.00	2.00	34.54	50.58	12.88
103 D3INF	19.67	19.71	22.76	28.75	9.11
103 D3SUP	1.00	15.75	45.63	29.83	7.79
103 E	0.50	11.47	30.29	47.73	10.01
103 G1	19.65	19.38	31.64	21.86	7.47
103 G2	0.50	13.27	43.86	38.31	4.06
103 G3	2.00	32.46	30.26	29.08	6.20
105 A1	0.00	2.00	37.63	34.22	26.15
105 B	41.14	10.93	9.07	7.83	31.03
105 C1	0.00	2.00	24.46	41.58	31.96
105 C2	0.00	2.00	23.86	35.98	38.16
105 C3	0.00	2.00	23.02	37.53	37.45
105 D1	0.00	2.00	20.60	58.94	18.46
105 D2	0.00	2.00	21.51	46.53	29.96
105 D3INF	0.00	0.00	32.93	26.36	40.71
105 D3INT	0.00	2.00	19.02	52.12	26.86
105 D3SUP	0.00	6.00	63.78	26.47	3.75
106 C1	0.00	0.00	31.47	42.55	25.98
106 C2	0.00	10.83	45.20	31.13	12.84
106 C3	0.00	0.00	27.92	41.1	30.98
106 D1	0.00	15.67	38.54	33.96	11.83
106 D2	0.00	0.00	54.42	33.5	12.08
106 D3	0.00	14.39	27.96	36.62	21.03
106 D4	0.00	7.89	67.67	14.61	9.83
106 E	0.00	0.00	8.40	18.14	74.46

Tabla II.- Valores de los parámetros texturales, de media, clasificación, asimetría y kurtosis (de acuerdo con Mc Cammon, 1962) de las muestras de rocas sedimentarias de la Formación Rosarito Beach, Miembro Los Indios en la Mesa La Misión, Baja California.

Muestra	Media	Clasificación	Asimetría	Kurtosis
102C2	2.7599	1.4069	0.0239	2.8315
102C3	4.0511	1.2126	0.6285	3.1707
103C1	2.4077	0.9604	-0.3256	3.0614
103C2	3.7037	1.2035	0.8154	3.3335
103C3	3.2403	0.7668	0.7108	4.3886
103C4	2.9410	0.5211	0.3362	4.0644
103D1	1.2602	1.3708	0.4739	2.1481
103D2INF	2.6589	1.2133	-0.5649	2.6329
103D2SUP	3.2288	0.7690	0.7489	4.3997
103D3INF	2.3894	1.2934	-0.1351	1.9332
103D3SUP	2.8160	0.8297	0.2557	2.6201
103E	3.0821	0.8178	-0.2117	2.5501
103G1	2.2439	1.2723	-0.1635	2.2996
103G2	2.8349	0.7001	-0.0179	3.1372
103G3	2.5475	0.9863	0.1519	2.1465
105A1	3.5632	1.1519	0.9777	3.8978
105B	0.9918	1.3790	1.4970	3.8396
105C1	3.8115	1.2339	0.9585	3.6463
105C2	3.8680	1.2087	0.6497	3.0603
105C3	3.8587	1.1930	0.6867	3.1939
105D1	3.5684	0.9627	1.4612	6.3376
105D2	3.6500	1.0143	0.9474	4.6408
105D3INF	3.7574	1.1948	0.6530	2.9070
105D3INT	3.7946	1.0573	0.8008	4.3040
105D3SUP	2.8508	0.6200	0.4950	3.7850
106C1	3.6226	1.0558	0.8776	3.2972
106C2	3.0143	0.8903	0.8147	3.5399
106C3	3.7515	1.1628	1.0138	3.6858
106D1	2.9862	0.8963	0.6205	3.2736
106D2	3.2084	0.8718	1.7981	7.9005
106D3	3.4313	1.3893	0.9223	4.0226
106D4	2.8194	0.7123	1.0277	3.6918
106E	5.4958	1.6192	-0.1624	2.1860

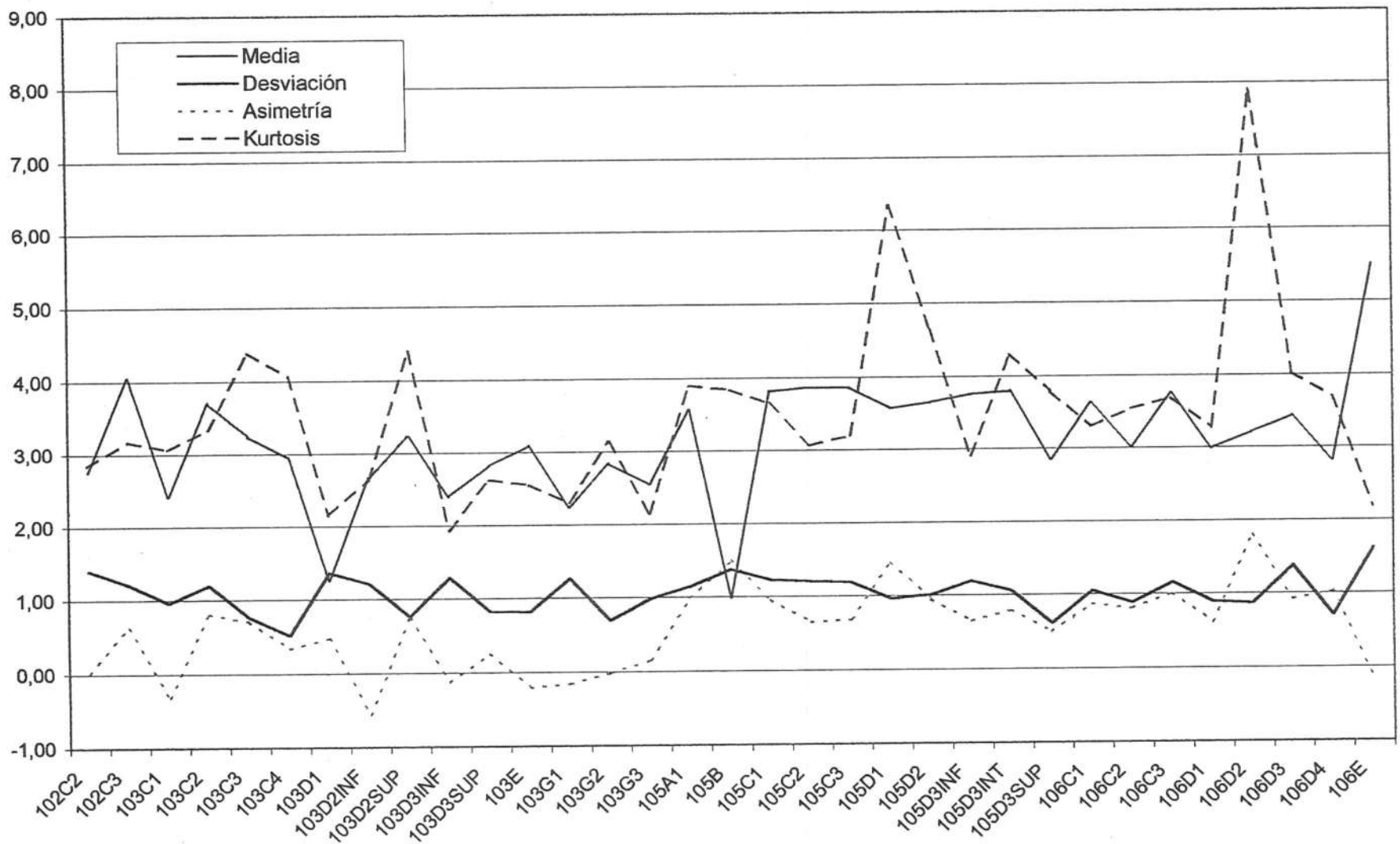


Figura 7.- Valores de media, clasificación, asimetría y kurtosis de los sedimentos por localidades, unidades y capas de la Formación Rosarito Beach, Miembro Los Indios, en La Mesa La Misión.

a) Localidad UABC-FCMM-PV_105

Esta localidad se encuentra al norte de la Mesa La Misión (Figs. 6 y 8). Aquí se puede observar el contacto entre el Miembro Los Indios y el Miembro La Misión, así como las unidades A, B, C y D. El Miembro Los Indios sobreyace en forma discontinua al Miembro La Misión, cuya capa superior está formada por basalto oscuro, moderadamente intemperizado, el cual contiene cristales de plagioclasas y abundantes burbujas.

i) UABC-FCMM-PV 105 Unidad A:

Toba lapilli que contiene abundantes fragmentos piroclásticos y pumicita. 5.06 metros (m) de espesor (Fig. 11). Color amarillento a gris claro. Sedimentos de tamaño arena fina a muy fina (Tabla I) con una media de 3.5 unidades Phi, muy pobremente clasificada, con asimetría positiva y extremadamente leptokúrtica (Tabla II y Fig. 7). La capa es masiva, (Figs. 9 y 11).

ii) UABC-FCMM-PV 105 Unidad B:

Arenisca tobácea "coquina". 0.99 m de espesor (Fig. 11). Color gris a café claro. Sedimentos de tamaño arena gruesa (Tabla I), con una media de 2.45 unidades Phi, muy pobremente clasificada, asimetría positiva y extremadamente leptokúrtica (Tabla I y Fig. 7). Masiva, consolidada, aparentemente cementada por Ca_2CO_3 . Presenta abundantes moldes del molusco, *Anadara topangensis* (Fig. 9), los cuales muestran organismos con sus dos valvas cerradas y se presentan aglomerados, características que sugieren un transporte masivo (Fig. 10).

iii) UABC-FCMM-PV 105 Unidad C:

Compuesta por una secuencia de areniscas tobáceas cristalinas y areniscas tobáceas que presenta un patrón de capas grises y cafés y se repite tres veces (Fig. 11 y 12a). La capa C1 es una arenisca tobácea de 0.77 m de espesor (Fig. 11). Color verde claro a gris. Sedimento de tamaño arena muy fina (Tabla I) con media de 3.81 unidades Phi, muy pobremente clasificada, asimetría positiva y extremadamente

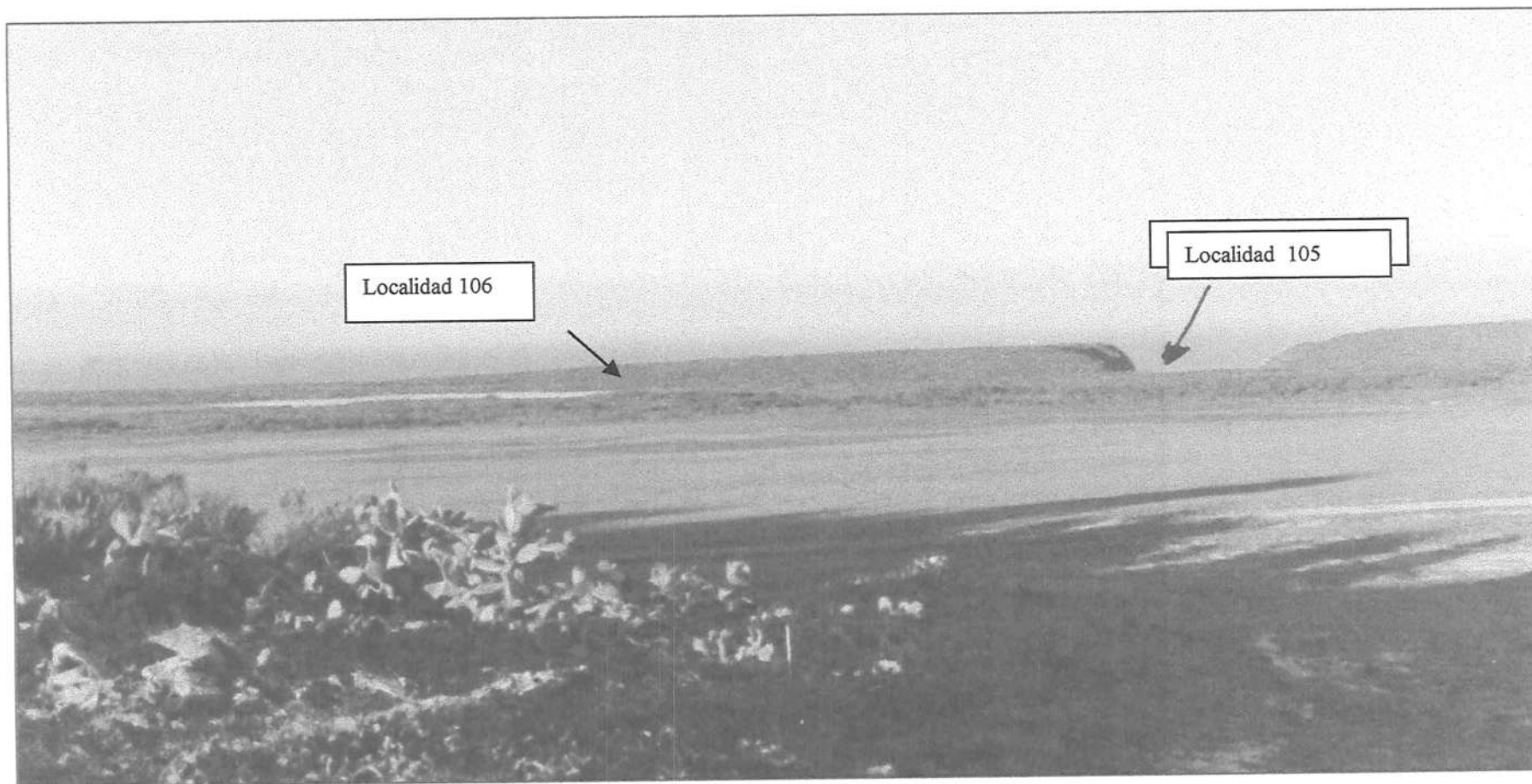


Figura 8.- Vista general del extremo norte de la Mesa La Misión y ubicación de las localidades UABC-FCMM-PV 105 y 106.

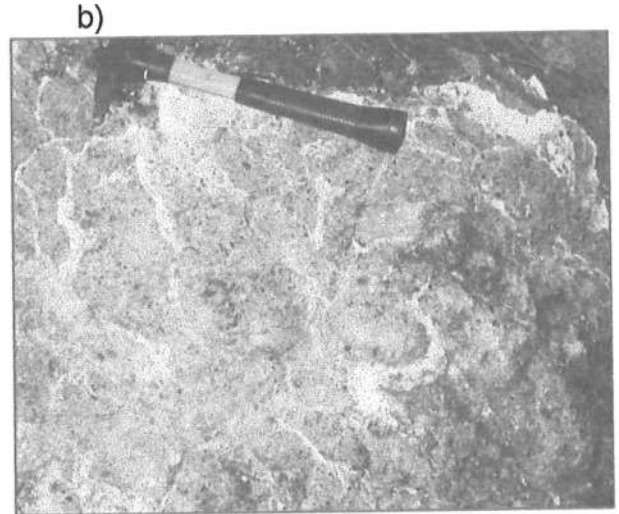
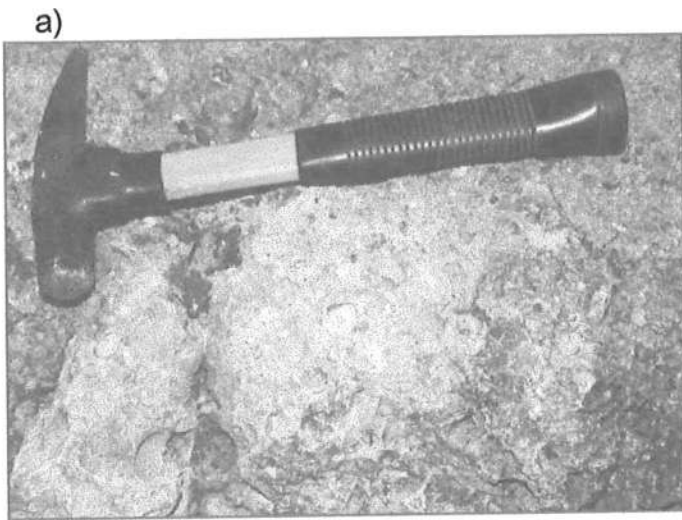


Figura 9 a y b.- Rocas ígneas piroclásticas formadas fragmentos piroclásticos y pumicita de localidad UABC-FCMM-PV 105, unidad A, depositados en ambiente aéreo de la base del Miembro Los Indios en la Mesa La Misión.

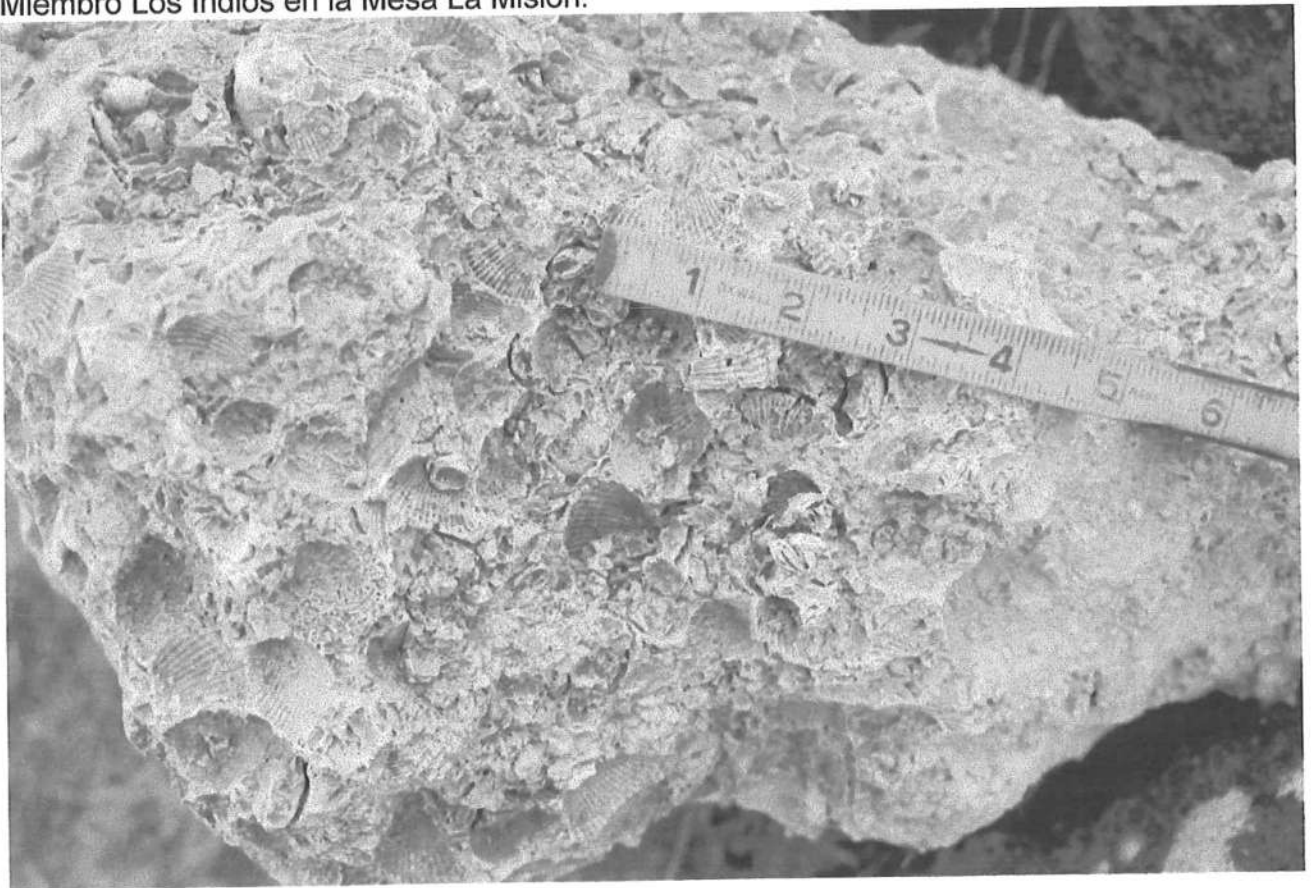


Figura 10.- Sedimentos marinos miocénicos de la Formación Rosarito Beach, Miembro Los Indios, en la Mesa La Misión, localidad UABC-FCMM-PV 105, unidad B, formada principalmente por moldes del bivalvo *Anadara topangensis* Reinhart.

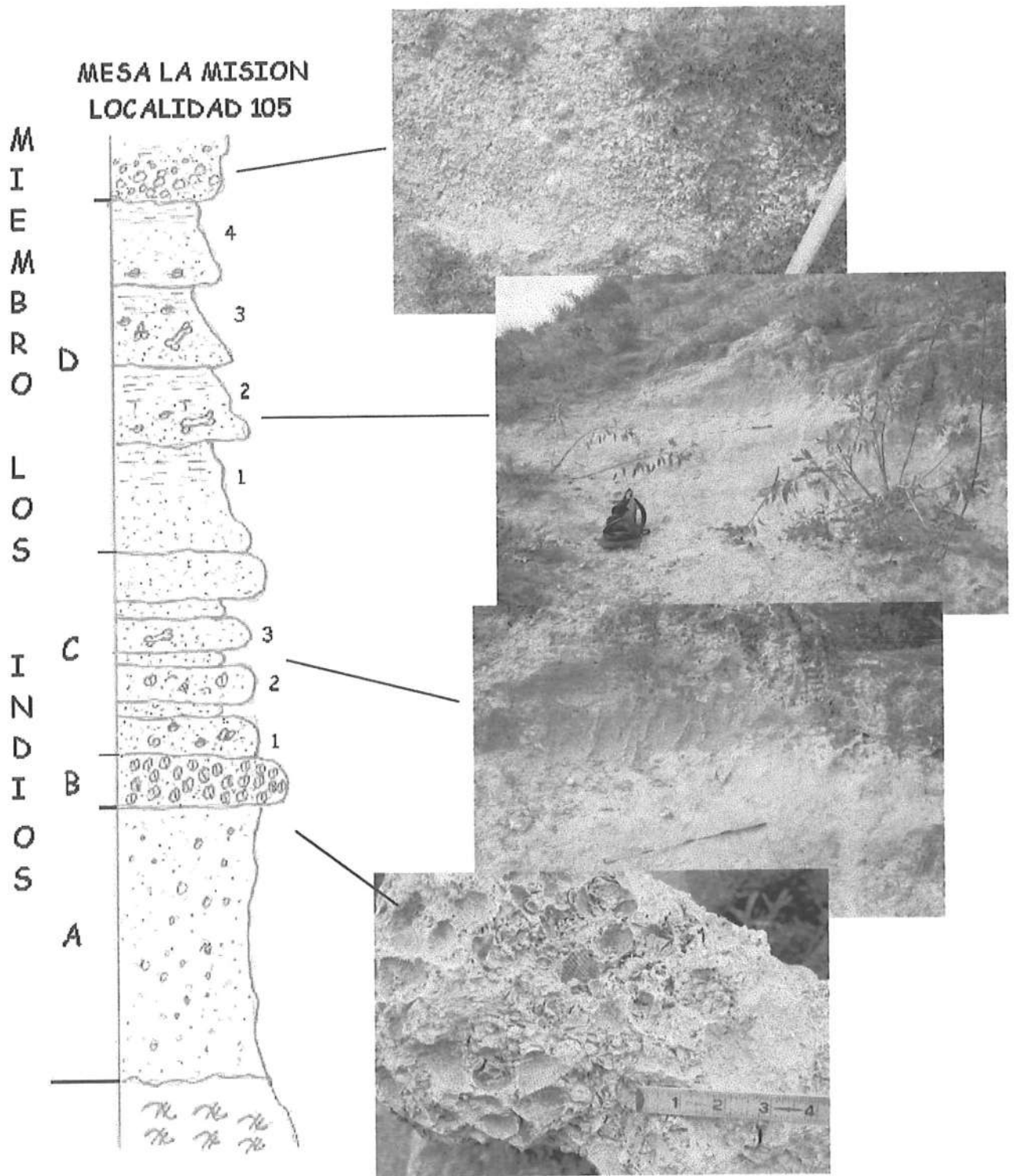


Figura 11.- Columna estratigráfica levantada en la localidad UABC-FCMM-PV 105 de la Formación Rosarito Beach, Miembro Los Indios en la Mesa La Misión, Baja California (escala 1: 0.9).

leptokúrtica (Tabla II, Fig. 7). Se observan algunos moluscos (ostreas) parcialmente disueltos además de restos de vertebrados como rayas y tiburones. Característicamente masiva y presenta venas de calcita en fracturas (Fig. 11 y 12). La capa C2 es una arenisca tobácea de 0.66 m de espesor (Fig. 11) y color amarillento a café claro. Formada por sedimentos de grano tamaño arena muy fina (Tabla I) con una media de 3.87 unidades Phi, muy pobremente clasificada, asimetría positiva y extremadamente leptokúrtica (Tabla II, Fig. 7). Contiene abundantes moluscos como *Tagelus* sp. y *Turritella* sp. (Figs. 12b y 11). La capa C3 es una arenisca tobácea de 0.66 m de espesor (Fig. 11), color café claro. La conforman sedimentos de tamaño arena muy fina (Tabla I), con media de 3.86 unidades Phi, muy pobremente clasificada, asimetría positiva y extremadamente leptokúrtica (Tabla II y Fig. 7). Presenta restos aislados de vertebrados marinos (Fig. 11). Sobre cada una de estas capas se presentan areniscas tobáceas cristalinas de color amarillento, masivas y de grano muy fino que presentan un espesor de 0.20 a 0.30 m.

iv) UABC-FCMM-PV 105 Unidad D:

Formada por una secuencia de cuatro capas de areniscas tobáceas cristalinas a areniscas tobáceas que varían de café claro a blanco y tienen un espesor total de 4 a 7 metros (Figs. 11 y 13).

La Capa D1 es una arenisca tobácea cristalina, con espesor de 1.98 m (Fig. 11) de color café claro. Formada por sedimentos de tamaño arena muy fina con una media de 3.57 unidades Phi, pobremente clasificada, asimetría positiva y extremadamente leptokúrtica (Tabla II, Fig. 7). Masiva y presenta poco desarrollo de estratificación en la parte superior (Fig. 11 y 13). La capa D2 es una arenisca tobácea de color más claro, blanco a grisáceo. Sedimento de grano tamaño arena muy fina (Tabla I) que presenta una media de 3.65 unidades Phi, muy pobremente clasificada, asimetría positiva y extremadamente leptokúrtica (Tabla II, Fig. 7). Masiva, con cristales devitrificados y sedimentos diatomáceos. Presenta bioturbación por perforadores y moldes de moluscos disueltos, escasos fósiles de vertebrados y estratificación en la parte superior (Fig. 11). La capa D3 inferior es una arenisca tobácea con 1.54 m de espesor (Fig. 11) y color café claro, presenta una distribución bimodal de sedimento de grano tamaño

a)



Figura 12.- a) Localidad UABC-FCMM-PV 105, unidad B, tobas arenas tobas amarillentas con moldes de moluscos, como *Turritella ocoyana* y *Chione temblorensis* y b) unidad D con secuencia de sedimentos marinos formados de arenas tobas grises y cafés de grano fino.

b)



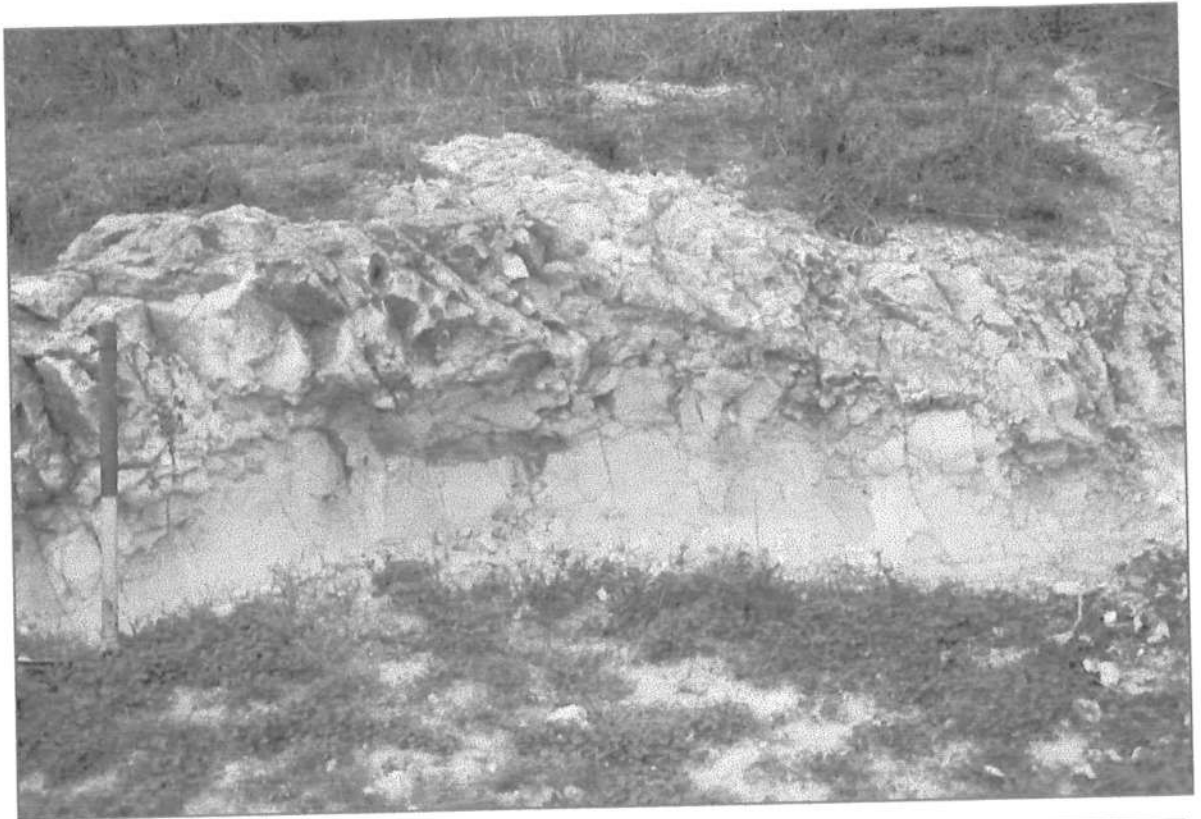


Figura 13.- Sedimentos marinos de la Formación Rosarito Beach, Miembro Los Indios en la Mesa La Misión, localidad UABC-FCMM-PV 105, unidad D, sedimentos masivos en la base y diatomáceos en la parte superior de la capa.

arena fina y lodo (Tabla I), con una media de 3.76 unidades Phi, muy pobremente clasificada, asimetría positiva y muy leptokúrtica (Tabla II, Fig. 7). Moderadamente estratificada en la parte superior. Presenta abundantes restos de vertebrados como peces óseos, rayas y tiburones (Fig. 11). La capa D3 intermedia es una arenisca toba lapilli, de 1.54 m de espesor (Fig. 11), color gris claro, formada por sedimentos de grano tamaño arena muy fina (Tabla I) que presentan una media de 3.79 unidades Phi, clasificación muy pobre, asimetría positiva y extremadamente leptokúrtica. Masiva a moderadamente laminada (Fig. 11). La capa D3 superior es una arenisca de 1.65 m de espesor (Fig. 11), color amarillento con sedimentos de tamaño arena fina (Tabla I) con media de 2.85 unidades Phi, pobremente clasificada, asimetría positiva y muy leptokúrtica (Tabla II, Fig. 7). Presenta en su parte inferior clastos redondeados de pumicita con fragmentos de hasta 10 cm. Se observan abundantes escamas de peces.

b) Localidad UABC-FCMM-PV 106

Esta localidad se encuentra en la parte central de la Mesa La Misión (Figs. 5 y 6). Su afloramiento fue originado por la construcción de un represo. En esta localidad afloran las unidades C, D y E (Fig. 14).

i) UABC-FCMM-PV 106 Unidad C:

La Capa C1, que se forma por una arenisca color amarillo claro de 2.55 m de espesor (Fig. 14) de sedimento tamaño arena fina a muy fina (Tabla I) con una media de 3.62 unidades Phi, muy pobremente clasificada, asimetría positiva y extremadamente leptokúrtica (Tabla II, Fig. 7); puede observarse estratificación ligera en la parte superior. La capa C2 es una arenisca café amarillenta de 0.60 m de espesor (Fig. 14) y sedimentos de tamaño arena fina (Tabla I), con una media de 3.01 unidades Phi, pobremente clasificada, asimetría positiva y extremadamente leptokúrtica (Tabla II, Fig. 7). En algunas capas de la secuencia que presentan las características de la Capa C2, se observó bioturbación, con madrigueras de enterramiento verticales, asociadas con abundantes restos de huesos de cetáceos y sirenios, además de dientes de tiburones y espinas caudales de rayas. La capa C3 es una arenisca color amarillo claro de 0.68 m de espesor (Fig. 14), con sedimentos de arena muy fina (Tabla I), cuya media

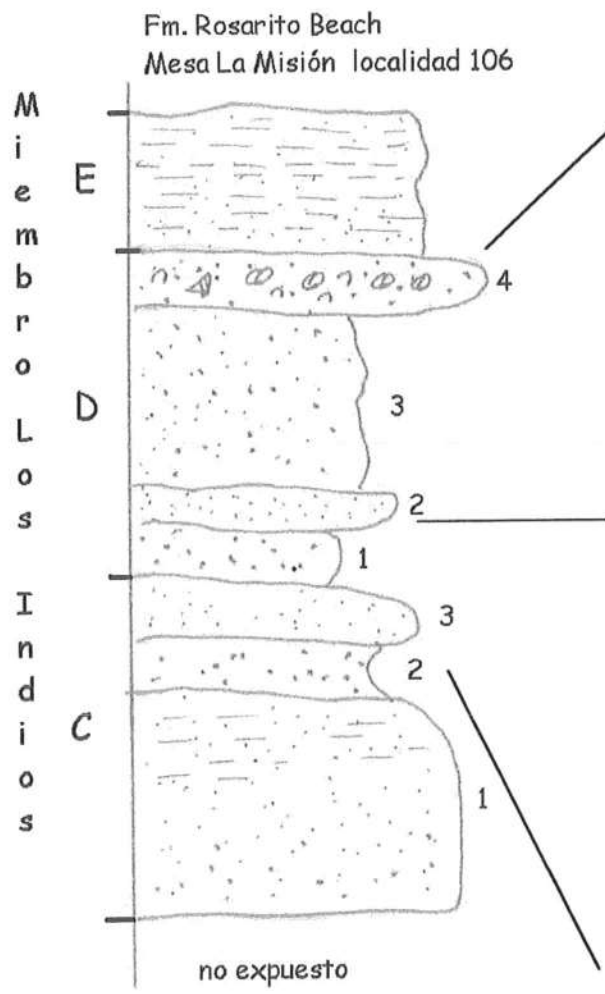


Figura 14.- Columna estratigráfica de la Formación Rosarito Beach, Miembro Los Indios en la Mesa La Misión, localidad UABC-FCMM-PV 106, unidades C, D y E (escala 1:0.85).

es de 3.75 unidades Phi, muy pobre clasificación, asimetría positiva y extremadamente leptokúrtica (Tabla II, Fig. 7).

ii) UABC-FCMM-PV 106 Unidad D:

Conformada por cuatro capas de areniscas tobáceas (Fig. 14). La Capa D1 es una arenisca tobácea lítica cristalina color café claro de 0.60m de espesor (Fig. 14) conformada por sedimentos de tamaño arena fina a muy fina (Tabla I), que presentan una media de 2.99 unidades Phi, pobremente clasificada, asimetría positiva y extremadamente leptokúrtica (Tabla II, Fig. 7), presenta bioturbación y restos de mamíferos marinos. La Capa D2 es una arenisca tobácea lítica cristalina de color amarillo claro y 0.43 m de espesor (Fig. 14), formada por sedimentos de arenas finas con una media de 3.21 unidades Phi, pobremente clasificadas, asimetría muy positiva y extremadamente leptokúrtica (Tabla II, Fig. 7). La Capa D3 es una arenisca tobácea lítica cristalina de color gris claro y 2.04 m de espesor (Fig. 14) formada por sedimentos de tamaño arena fina (Tabla I) que presentan una media de 3.43 unidades Phi, muy pobremente clasificados, asimetría positiva y extremadamente leptokúrtica (Tabla II, Fig. 7) presenta restos de mamíferos marinos, rayas y tiburones. Finalmente, la Capa D4 es una arenisca de color café anaranjado y 0.60 m de espesor (Fig. 14), conformada por sedimentos de tamaño arena fina (Tabla I) que presenta una media de 2.82 unidades Phi, pobremente clasificada, asimetría positiva y extremadamente leptokúrtica (Tabla II, Fig. 7); esta capa presenta restos de conchas de moluscos cementados con CaCO_3 .

iii) UABC-FCMM-PV 106 Unidad E:

Una sola capa de diatomita color blanco de 1.53 m de espesor (Fig. 14), conformada por lodos (Tabla I), en su mayoría limos finos y que presenta una media de 5.49 unidades Phi, no clasificada, asimetría negativa y muy leptokúrtica (Tabla II, Fig. 7). Esta capa se presenta laminada y tiene una textura jabonosa (Fig. 14).

c) Localidad UABC-FCMM-PV 102

Esta localidad se ubica al sureste de la Mesa La Misión (Fig. 6), en el denominado cañón uno de la principal cuenca de drenaje de la Mesa (Fig. 15).

En la localidad UABC-FCMM-PV 102, únicamente aflora la Unidad C, en la forma de una secuencia constituida por areniscas de color claro y de color café amarillento a naranja (Fig. 16). La capa C2 es de color café claro de 2.05 m de espesor, con sedimentos de tamaño arena fina a muy fina (Tabla I) una media de 2.76 unidades Phi, muy pobremente clasificada, prácticamente simétrica y muy leptokúrtica (Tabla II, Fig. 7). Y la capa de color café amarillento es la capa C3, de 0.6 m de espesor, que se caracteriza por presentar arenas muy finas (Tabla I) una media de 4.05 unidades Phi, muy pobremente clasificada, asimetría positiva y extremadamente leptokúrtica (Tabla II, Fig. 7). Las capas claras tienen abundantes fósiles de moldes de moluscos, asociados con abundantes restos de huesos y esqueletos de mamíferos marinos; algunos fósiles de vertebrados continentales se asocian a las capas de color café (Fig. 16). En esta localidad se han descubierto esqueletos articulados de sirenios y desmostylidos, a los que se asocian muy abundantes dientes de tiburones, peces óseos y rayas de tallas pequeñas.

d) Localidad UABC-FCMM-PV 103

La localidad 103 se ubica al sur de la Mesa la Misión y esta aflorando en el cañón más largo de la principal cuenca de drenaje de la Mesa (Figs. 6, 15 y 17a). En esta localidad afloran las unidades C, D, E, F, G y H (Fig. 18).

i) UABC-FCMM-PV 103 Unidad C:

La base de la secuencia no se encuentra expuesta, la capa inferior se denomina capa C1, conformada por una arenisca tobácea cristalina de 2.48 m de espesor (Fig. 18), de color café a naranja brillante y sedimentos de tamaño arena fina (Tabla I) con

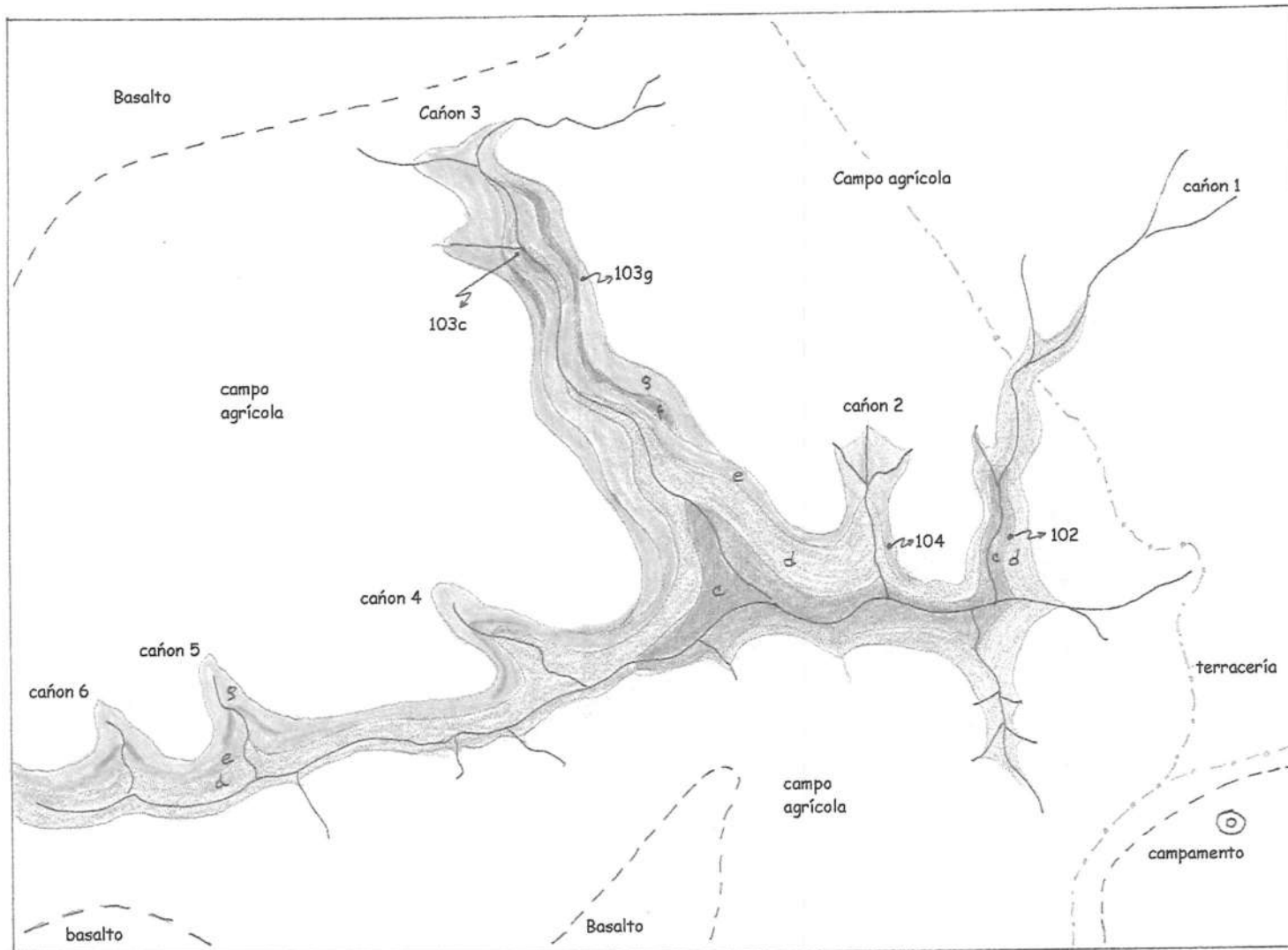


Figura 15.- Distribución de las unidades estratigráficas y localidades UABC-FCMM-PV de la Formación Rosarito Beach, Miembro Los Indios, en la cuenca hidrológica principal de la Mesa La Misión, Baja California. (con línea y punto los caminos vecinales).

a)



b)

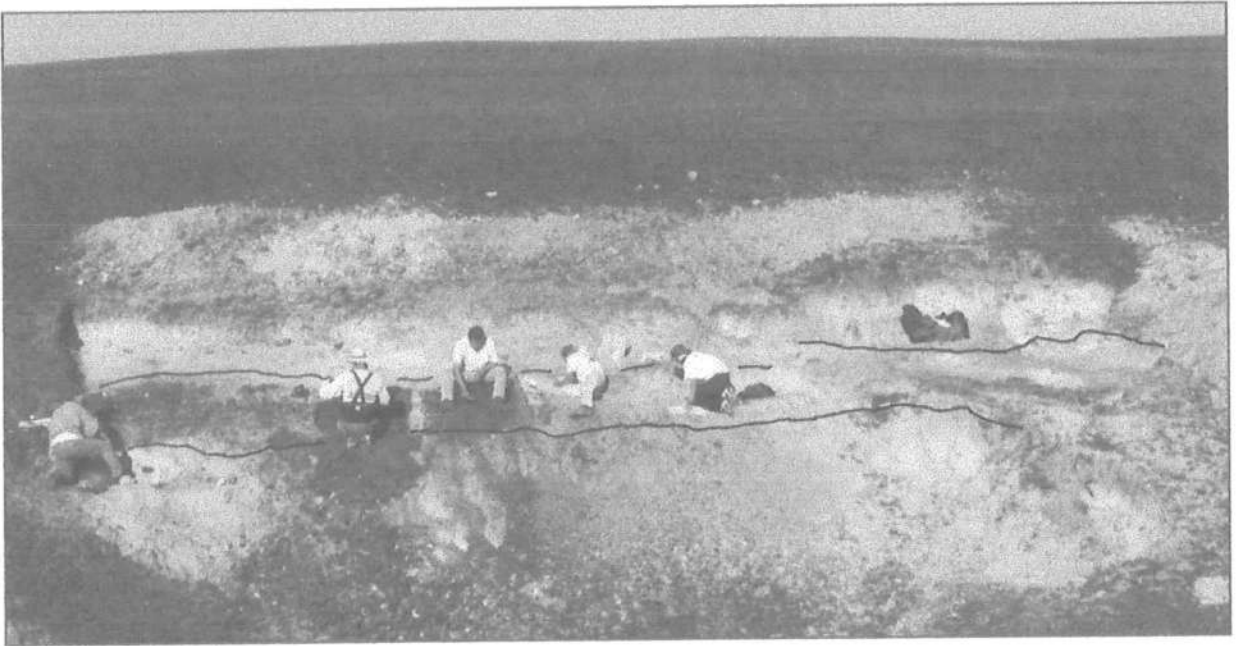
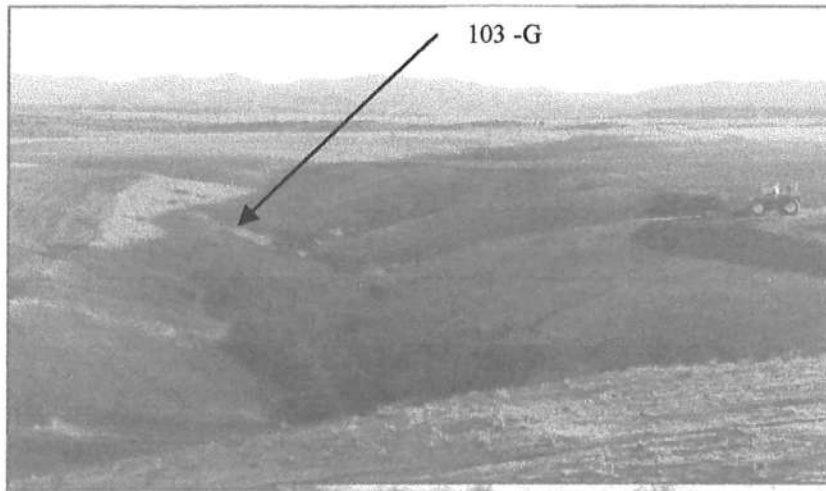


Figura 16.- a) Vista general del cañón uno, localidad UABC-FCMM-PV 102 de la Formación Rosarito Beach, Miembro los Indios en la Mesa la Misión, Baja California, la que mayor abundancia de especies a aportado; b) La secuencia de sedimentos marinos finos claros y arenas medias de color cafés amarillentos, sugiere el aporte sedimentario intermitente debido aporte de aguas de lluvia.



b)

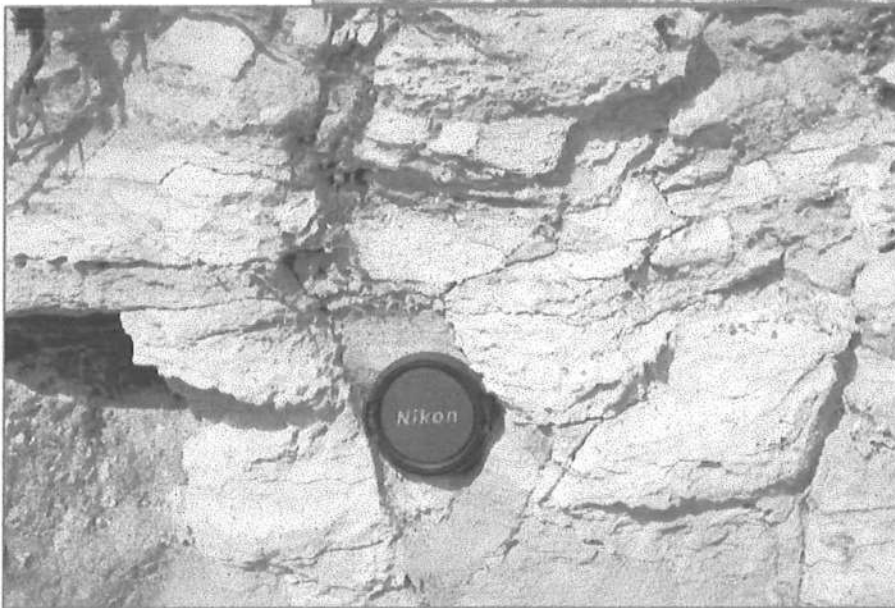


Figura 17.- a) vista general de cañón tres y ubicación de la localidad UABC-FCMM-PV 103, b) sedimentos diatomáceos y capa porcelanizada laminada y capa arenisca, de las unidades E, F y G, respectivamente y c) sedimentos diatomáceos laminados, unidad E.

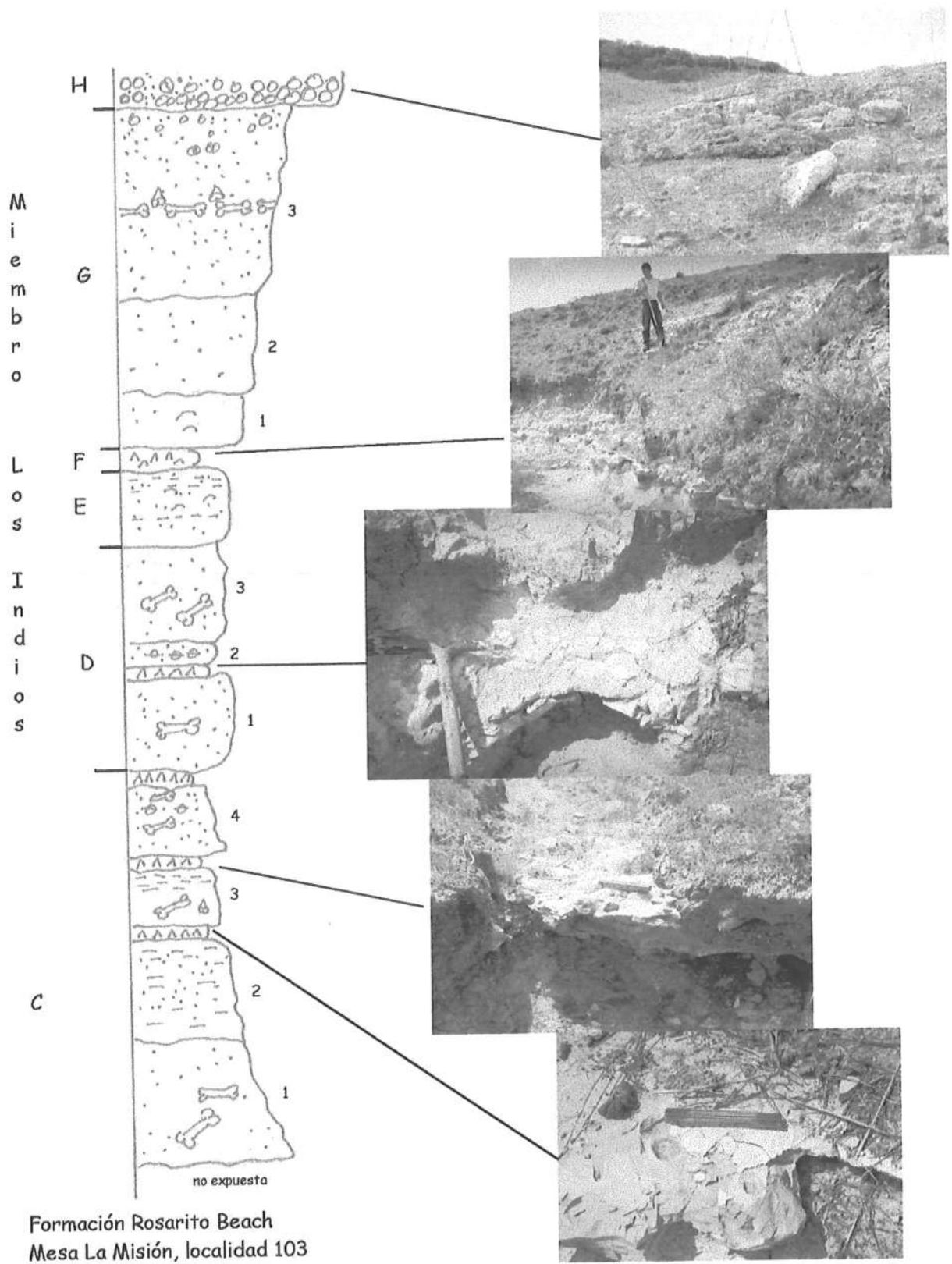


Figura 18.- Columna estratigráfica de la Formación Rosarito Beach, Miembro Los Indios, en la Mesa La Misión, localidad UABC-FCMM-PV 103, cañón tres (escala 1:0.85).

una media de 2.40 unidades Phi, pobremente clasificada, asimetría negativa y muy leptokúrtica (Tabla II, Fig. 7). Esta capa es masiva, moderadamente clasificada en la parte inferior a bien clasificada en la parte superior. Contiene huesos de mamíferos marinos aislados (Fig. 18). Sobre ésta, se encuentra la capa C2, conformada por una arenisca tobácea cristalina de 2.00 m de espesor (Fig. 18), de color amarillento claro a gris y sedimentos de arenas muy finas a lodos (Tabla I) con una media de 3.70 unidades Phi, muy pobremente clasificados, asimetría positiva y extremadamente leptokúrtica (Tabla I). La capa es masiva a pobremente laminada y gradada con la capa inferior. La parte superior de esta capa presenta pequeños huesos de peces (Fig. 17). La capa C3 es una arenisca tobácea lítica de 1.06 m de espesor (Fig. 18), de color gris claro, sedimentos tamaño arena fina a muy fina (Tabla I), con una media de 3.24 unidades Phi, pobremente clasificados, asimetría positiva y extremadamente leptokúrtica (Tabla II, Fig. 7). Se presenta moderadamente estratificada en la parte superior y se observan escamas de peces y restos de vertebrados (Fig. 18). Sobre las capas C2, C3 y C4 se encuentra una capa consolidada de grano muy fino, de color verde grisácea, entre 0.25 y 0.35 m de espesor (Fig. 18), laminada finamente, muy bien clasificada y contiene filipsita particularmente en la capa que descansa sobre la C3, se encontraron foraminíferos bentónicos, tipo Rotálidos y biseriados que presentan diferentes estados de conservación, desde sustituidos por sílice hasta semidisueltos *(Téllez-Duarte, com pers). La capa C4 conformada por una Toba lapilli diatomácea de 1.42 m de espesor (Fig. 18), color gris claro a café amarillento de grano tamaño arena fina a muy fina (Tabla I) con una media de 2.94 unidades Phi, pobremente clasificada, asimetría positiva y extremadamente leptokúrtica (Tabla II, Fig. 7). Esta capa se presenta bien estratificada a delgadamente laminada, contiene capas discontinuas de pedernal (cherty) y areniscas tobáceas cafés intercaladas. Contiene abundantes placas de rayas, peces, y huesos de grandes mamíferos marinos (Fig. 18).

ii) UABC-FCMM-PV 103 Unidad D:

La Capa D1 es una arenisca tobácea cristalina de color amarillo grisáceo de 1.77 m de espesor (Fig. 18), grano tamaño arena gruesa con una media de 1.26 unidades Phi, muy pobremente clasificada, asimetría positiva y muy leptokúrtica (Tabla II, Fig. 7). Sus sedimentos son masivos, pobremente estratificados, con abundantes fragmentos

*com. pers. Téllez-Duarte, Miguel Agustín, Facultad de Ciencias Marinas, UABC.

de pumicita de hasta 2 cm. Contiene restos aislados de vertebrados marinos. La Capa D2 inferior tiene en su base un horizonte de pumicita de color gris con clastos de hasta 0.5 cm. Es una arenisca tobácea color café claro con 0.71 m de espesor (Fig. 18), de grano fino (Tabla I), con una media de 2.66 unidades Phi, muy pobremente clasificada, asimetría negativa y muy leptokúrtica (Tabla II, Fig. 7). La Capa D2 superior es una arenisca tobácea de color gris claro (Fig. 18), sedimentos de tamaño arena muy fina (Tabla I) con una media de 3.22 unidades Phi, pobremente clasificada, asimetría positiva y extremadamente leptokúrtica (Tabla II, Fig. 7). La Capa D3 es una arenisca tobácea cristalina de color amarillo a gris claro con 1.89 m de espesor (Fig. 18), la sección inferior con sedimentos de tamaño arena con una media de 2.39 unidades phi, muy pobremente clasificados, asimetría negativa y muy leptokúrtica. Presenta restos aislados de vertebrados y horizontes de pumicitas blancas y amarillas de hasta 4 cm. La sección superior de la capa D3 es una arenisca tobácea cristalina de color café claro y sedimentos de arena fina con una media de 2.81 unidades phi, pobremente clasificada, asimetría ligeramente positiva y muy leptokúrtica.

iii) UABC-FCMM-PV 103 Unidad E:

Conformada por una arenisca tobácea cristalina lapilli lítica, de color gris claro con un espesor de 1.53 m (Fig. 18), grano fino a muy fino (Tabla I), con una media de 3.08 unidades Phi, pobremente clasificada, asimetría negativa y muy leptokúrtica (Tabla II, Figura 7). Sedimentos de textura jabonosa, muy laminados que contiene abundantes restos de diatomeas, radiolarios y silicoflagelados (Fig. 17b y c).

iv) UABC-FCMM-PV 103 Unidad F:

Capa delgada de toba cristalina, verde grisáceo de 0.47 m de espesor (Fig. 18), grano muy fino. Capa bien consolidada (silicificada), masiva a laminada delgadamente, muy bien clasificada, contiene fillipsita (Fig. 16b).

v) UABC-FCMM-PV 103 Unidad G:

La capa G1 es una arenisca toba lapilli lítica, color amarillo claro a gris de 1.06 m de espesor (Fig. 18), presenta sedimentos de grano fino a muy fino (Tabla I) con una media de 2.24 unidades Phi, muy pobremente clasificada, asimetría negativa y muy

leptokúrtica (Tabla II, Fig. 7) masiva, se puede observar estructuras sedimentarias primarias del tipo de estratificación cruzada hamacada "*hummikey crossbedding stratification*" (Figs. 17b y 18). Presenta escasos fósiles. Le sobreyace la capa G2 que es una arenisca toba cristalina color amarillo-café, de 1.89 m de espesor (Fig. 18), de grano fino con una media de 2.83 unidades Phi, pobremente clasificada, asimetría negativa y extremadamente leptokúrtica (Tabla II, Fig. 7). Masiva. Continúa la capa G3 que es una arenisca tobácea lapilli cristalina, color gris claro a café anaranjado de 3.78 m de espesor (Fig. 18), con sedimentos de arena fina (Tabla I) que presentan una media de 2.55 unidades Phi, clasificación pobre, asimetría ligeramente positiva, muy leptokúrtica (Tabla II, Fig. 7), la porción superior contiene grano fino a muy fino, masivo a pobremente estratificado, se observa una gradación inversa, presentando clastos moderadamente redondeados hasta de 3cm y abundante materia orgánica asociada a los sedimentos. Esta capa contiene característicamente un horizonte de abundantes huesos "*bonebed*" que presentan evidencias de haber sido transportados (Figs. 17b y 18).

vi) UABC-FCMM-PV 103 Unidad H:

Capa conformada por un conglomerado tobáceo, de color gris con clastos bien redondeados, la mayoría entre 4 y 5 cm pero los hay de hasta de 20cm, inmersos en una matriz que consiste de arenisca tobácea lítica cristalina, de grano medio a fino, pobremente clasificado y cementada por calcita. Presenta abundantes restos de conchas de moluscos, muy fragmentados y pulidos, en algunas áreas se aproxima a la composición de la coquina (Fig. 18).

Con base en los levantamientos estratigráficos de las localidades UABC-FCMM-PV 102 y 103, se siguieron las unidades estratigráficas a lo largo del cañón de drenaje principal de la Mesa La Misión, estableciéndose la distribución de afloramientos de capas que se muestra en la Figura 14. La totalidad de el trabajo de litoestratigrafía de la Mesa La Misión, permitió construir lo que se propone como una columna estratigráfica compuesta de los sedimentos marinos miocénicos de la Mesa La Misión, Miembro Los Indios, Formación Rosarito Beach (Fig. 19).

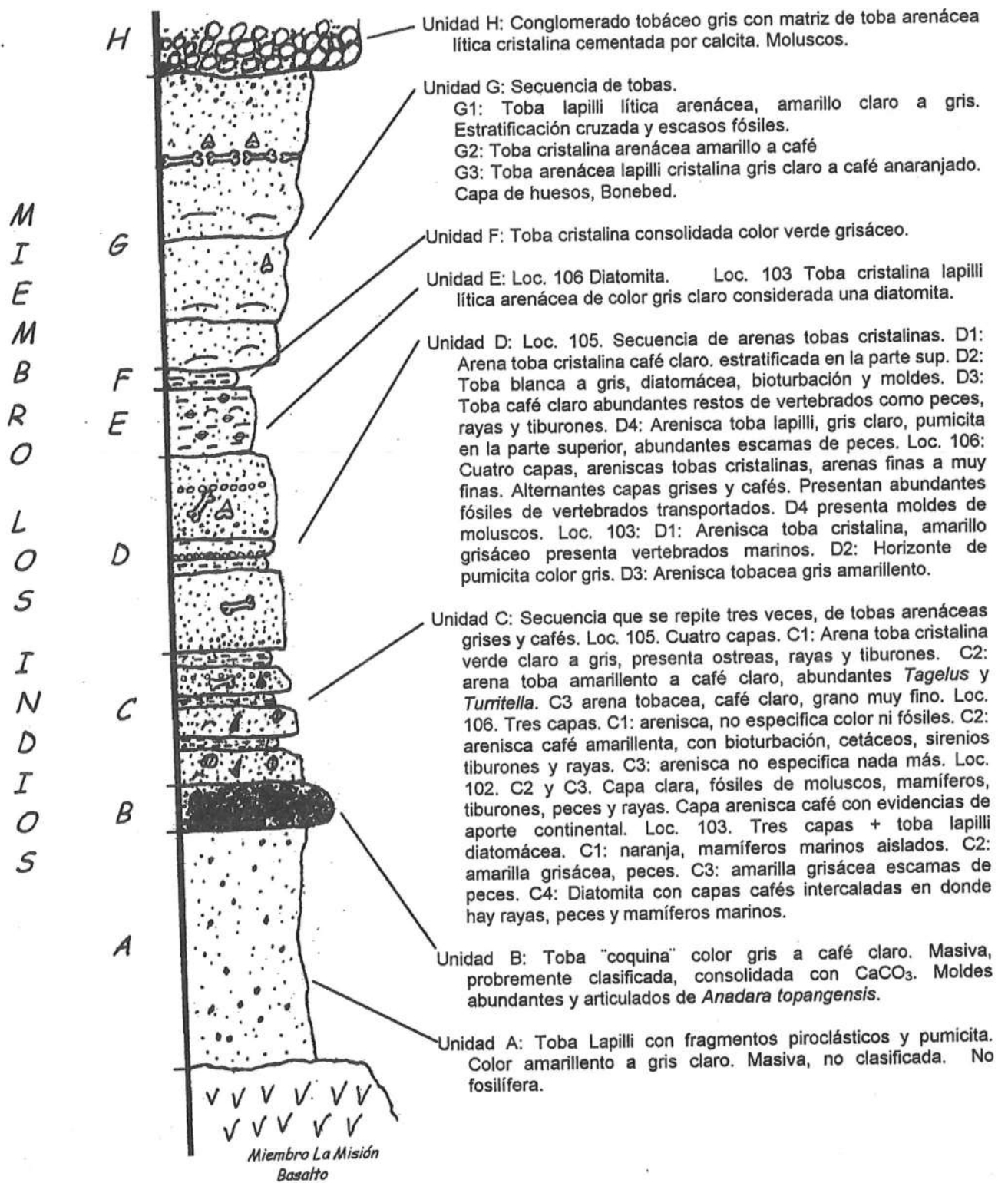


Figura 19.- Columna estratigráfica compuesta de las rocas sedimentarias marinas de la Formación Rosarito Beach, Miembro Los Indios en la Mesa La Misión, Baja California, México.

2.3 DISCUSIÓN

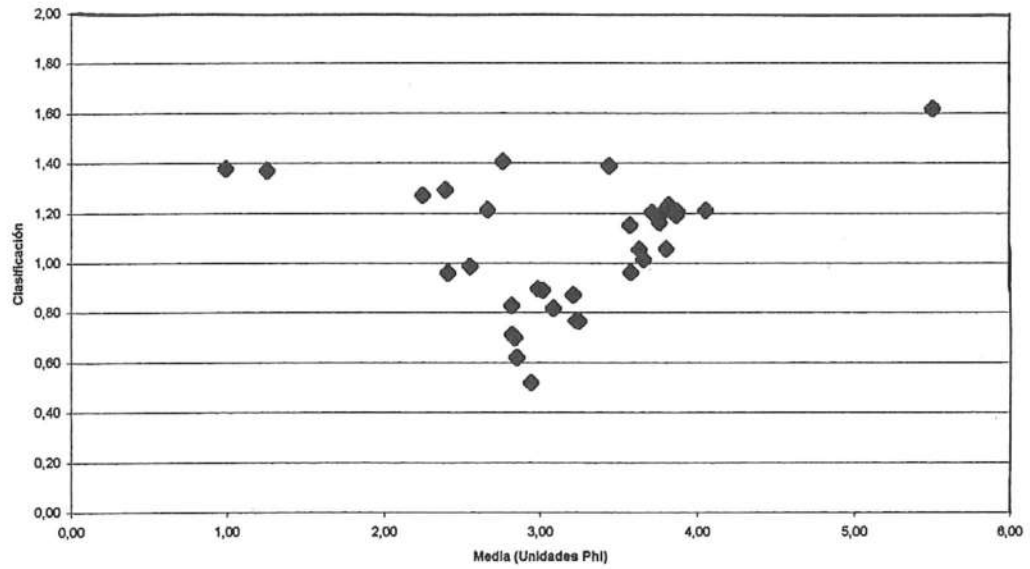
Se discuten los resultados del análisis textural y las características físicas y mineralógicas de sedimentos en términos de los procesos de la depositación final y el ambiente de depósito (Tabla II, Fig. 7), (McBride, 1971), mismos que se relacionaron con la cantidad de energía que transportó y acumuló el material sedimentario en el ambiente, así como las condiciones físicas que prevalecieron en el ambiente de depósito (Folk, 1957; Friedman, 1979).

Las gráficas binarias de media vs. clasificación (Fig. 20a) y media vs. asimetría (Fig. 20b), permiten observar el comportamiento y agrupación de los resultados de manera gráfica para todas las capas de todas las unidades estratigráficas de las localidades en conjunto.

De las 33 capas estudiadas, 29 de ellas presentan una media distribuida en el intervalo de 2 a 4 unidades phi, correspondiente a arenas finas y muy finas (Fig. 20a). La distribución del tamaño de grano es indicativo está relacionado directamente con el ambiente de depositación (Blatt et al., 1980). Por tanto, esto indica que las condiciones de transporte tienen semejanza en los niveles de energía involucrado en la depositación de los sedimentos que forman estas capas. De aquí que se estima un ambiente de depositación de baja energía, que de acuerdo con el diagrama de Hulstrom (Blatt et al., 1980), son producidos por corrientes que tenían velocidad mayor a los 20 cm/seg la cual disminuye hasta la depositación (Biggs, 1978).

Todas las capas analizadas presentan una clasificación mayor a 0.4 unidades (Fig. 20a), lo que se debe a que presentan una moderada a pobre clasificación, es decir la dispersión de la distribución del tamaño de grano alrededor de la media es alta, (Friedman 1961, 1979; Folk y Ward, 1957),. Esto indica que el fluido que transporto los sedimentos era variable y por tanto, poco selectivo. No se han reportado estructuras de tipo ondulitas, por tanto, estos sedimentos no corresponden a facies costeras formadas en zonas de alta energía (Clifton, et al., 1971, en Davis, 1978). Por lo que se considera

a)



b)

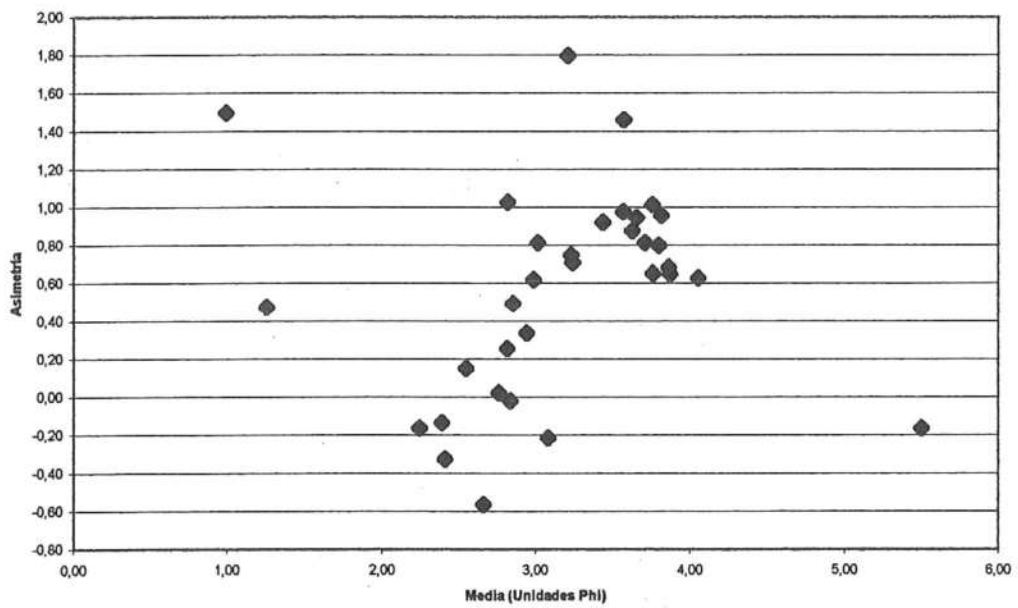


Figura 20.- a) Gráfica binaria de media vs. clasificación y b) Gráfica binaria de media vs. asimetría de todas las capas de las unidades y localidades de la Mesa La Misión, Baja California.

que la depositación ocurrió en un ambiente donde la acción del oleaje, las mareas y las corrientes litorales no tuvieron efecto mecánico o hidráulico sobre los sedimentos.

En general, al analizar la relación entre los valores de media y clasificación, se pueden identificar tres grupos y tres muestras aisladas, (Tabla II, Fig. 20a) :

- a) Las capas de la localidad UABC-FCMM-PV 103: C1, D2INF, D3INF, G1 y G3, compuestas por arena media a fina pobremente clasificadas. Según datos reportados en el levantamiento estratigráfico estas capas tienen en común los colores amarillos a grisáceos y ligera estratificación en la parte superior de cada capa. Particularmente las capas G1 y G3-103, presentan estratificación cruzada hamacada y gradación inversa respectivamente, estructuras sedimentarias ambas relacionadas con la acumulación de sedimentos producto de eventos de tormentas (Aigner, 1985). Se asume que estos sedimentos fueron transportados desde ambientes costeros producto de la combinación entre el efecto de las olas y las corrientes unidireccionales inducidas por el viento generando flujos de tormenta y depositadas, posteriormente en la zona de plataforma fuera del retrabajamiento por la acción del oleaje. Este flujo de mayor competencia poco selectivo que permitió el transporte y sedimentación de partículas de tamaño arena media a arena fina que presentan una dispersión alta en ambos sentidos en torno a la media, es decir, presentan porcentajes de arenas gruesas, medias, muy finas y lodos (Tabla I).

- b) Las capas de la localidad UABC-FCMM-PV 103: C3, C4, D2SUP, D3SUP; E y G2; de la localidad UABC-FCMM-PV 105: D3SUP; y de la localidad UABC-FCMM-PV 106: C2, D1, D2 Y D4, compuestas por arena fina moderadamente clasificada. Este grupo se caracteriza por tener una menor dispersión en torno a la media en relación con los grupos a) y c), lo cual puede asociarse con materiales provenientes de la zona de costa (Blatt et al., 1980) y la composición media de sus sedimentos se localiza en el límite entre las arenas finas a muy finas. En este grupo se observa la particularidad de que se agrupan capas de la localidad 103 de colores grises, con excepción de la capa D3SUP que presenta color café claro y que se puede relacionar con la misma capa de la localidad 105

que presenta color amarillo, siendo el mismo caso para las capas de la localidad 106 aquí asociadas que presentan color café y amarillo. Esta variación espacial en el color de las capas, pero no de las características texturales del sedimento, puede asociarse a cambios en las condiciones químicas del agua de mar, es decir de las facies, ocasionadas por el aporte de agua dulce que puede relacionarse con las capas de color café, debido a la oxidación del Hierro.

- c) Las capas de la localidad UABC-FCMM-PV 102: C3, C2; de la localidad UABC-FCMM-PV 105: A, C1, C2, C3, D1, D2, D3INF, D3INT; y de la localidad UABC-FCMM-PV 106: C1 y C3, compuestas por arena muy fina pobremente clasificada. La capa C2 presenta una variación en color de la localidad UABC-FCMM-PV 105 a la 103, presentándose amarillo-café en la primera y amarillo a gris en la segunda, misma que se presenta laminada. Esta idea refuerza la variación de una facies costera a una facies de plataforma de la localidad UABC-FCMM-PV 103 a la 105. Este es el mismo caso para la capa C3 en las localidades UABC-FCMM-PV 102, 105 y 106, en donde se observa una variación de café a amarillo, siendo las localidades 105 más profunda y las localidades UABC-FCMM-PV 102 y 106 con sedimentos provenientes de la zona costera. Las capas de este grupo son capas que se identificaron y que se asociaron con depósitos de plataforma.
- d) Las capas D1 y 105-B de la localidad UABC-FCMM-PV 103, presentan una media de arenas gruesas y medias y la capa 106-E presenta una media de limos gruesos. Todas estas capas salen de las agrupaciones por su elevada dispersión en torno a la media. Lo que indica dos diferentes intensidades en las corrientes de transporte.

Se definen tres grupos según sus valores de asimetría, de acuerdo con la Fig. 20b:

- a) La capa de la localidad UABC-FCMM-PV 103: Capa D2INF la única con asimetría positiva. Los valores de asimetría negativos indican una tendencia hacia la fracción fina y se asocia con depósitos de plataforma en donde no existe acción hidráulica que remueva el sedimento fino.

- b) Las capas de la localidad UABC-FCMM-PV 102: C2; de la localidad UABC-FCMM-PV 103: C1, C4, D3INF, D3SUP, E, G1, G2 y G3; y de la localidad UABC-FCMM-PV 106: E, con valores de asimetría ligeramente positiva o negativa (fuera del equilibrio sedimentario). Según el criterio establecido por Friedman (1961), capas que presentan un valor mayor a -0.32 (Capa 103-C1) unidades de clasificación y menor a 0.33 (Capa 103-C4), se consideran como sedimentos que no se encontraban en el equilibrio al momento de su depositación, debido probablemente a diferentes procesos hidráulicos actuando en su transporte y depositación, los cuales se han relacionado con aportes continentales intermitentes, transporte producto de eventos de tormenta y cambios en el nivel medio del mar.
- c) La capa de la localidad UABC-FCMM-PV 102: C3; de la localidad UABC-FCMM-PV 103: C2, D1 y D2SUP; de la localidad UABC-FCMM-PV 105: A, B, C1, C2, C3, D1, D2, D3INF, D3INT y D3SUP; y de la localidad UABC-FCMM-PV 106: C1, C2, C3, D1, D2, D2 y D4, con asimetría negativa. Este grupo por la tendencia de los sedimentos hacia los gruesos, indica un transporte de baja energía poco selectiva (Friedman, 1961, 1967).

2.4 AMBIENTE DE DEPÓSITO

2.4.1 Geometría del depósito

Para el análisis de facies en las rocas sedimentarias de la Formación Rosarito Beach, Miembro Los Indios, en la Mesa La Misión, lo primero fue establecer las características geométricas del depósito. Las fotografías aéreas (CETENAL, 1972) y mapas muestran que el depósito tiene forma lobada (Fig.1), indicando un cuerpo de agua, con forma de ensenada o bahía, con una línea de costa en la sección este del depósito.

En la Mesa La Misión, la zona norte (localidad UABC-FCMM-PV 105) y centro (localidad UABC-FCMM-PV 106), muestran afloramientos la sección inferior de la columna estratigráfica representada por las capas A, B, C, D y E (Figs. 5 y 6); en la zona sur (localidad UABC-FCMM-PV 103) aflora parte de la sección inferior capas C y D y toda la sección superior con las capas E, F, G y H (Fig. 15 y 18). Puede observarse un gradiente espacial en las diferentes cantidad de arenas, la localidad UABC-FCMM-PV 106 muestra capas con porcentajes entre 90.19 (D4) y 26.54% (E) de arenas; la localidad 105 presenta porcentajes que varían desde 95.45 (E) a 59.62 (D3); en la localidad 103, los porcentajes varían desde 97.15 (C1) a 88.14 (C3) (Tabla I), por lo que puede asumirse que las localidades UABC-FCMM-PV 103 y 106 representan zonas de mayor energía, particularmente en la localidad UABC-FCMM-PV 103, en donde se mantiene muy alta la cantidad de arenas, por lo que se deduce la mayor cercanía con la fuente de sedimentos. Debido a que la localidad 106 se encuentra en la zona central del depósito y la localidad UABC-FCMM-PV 103 se encuentran más al este, y la localidad UABC-FCMM-PV 105 más al oeste (Fig. 5), esta variación espacial en la distribución del tamaño de grano confirma la forma lobada de la geometría del depósito. Y la localidad UABC-FCMM-PV 105 representa una zona de menor energía, tal vez más profunda o alejada de la costa.

2.4.2 Proveniencia Geológica

Es posible reconocer en la sección inferior de la columna general compuesta (Fig. 19), que la unidad basáltica del Miembro La Misión, se formó en un ambiente subaéreo, generando una plataforma volcánica y la depositación de partículas piroclásticas (Minch *et al.*, 1984; Ashby, 1989; Aranda-Manteca, 1990, 1994), así como la Unidad A de la columna estratigráfica del Miembro Los Indios para la Mesa La Misión, se acumuló en un ambiente subaéreo posiblemente continental (Figs. 19, 21a y b).

Los sedimentos de la Formación Rosarito Beach, Miembro Los Indios en La Mesa La Misión, tienen una proveniencia principalmente de origen volcánico piroclástico, producto de las emanaciones volcánicas al oeste del depósito (Minch *et al.*,

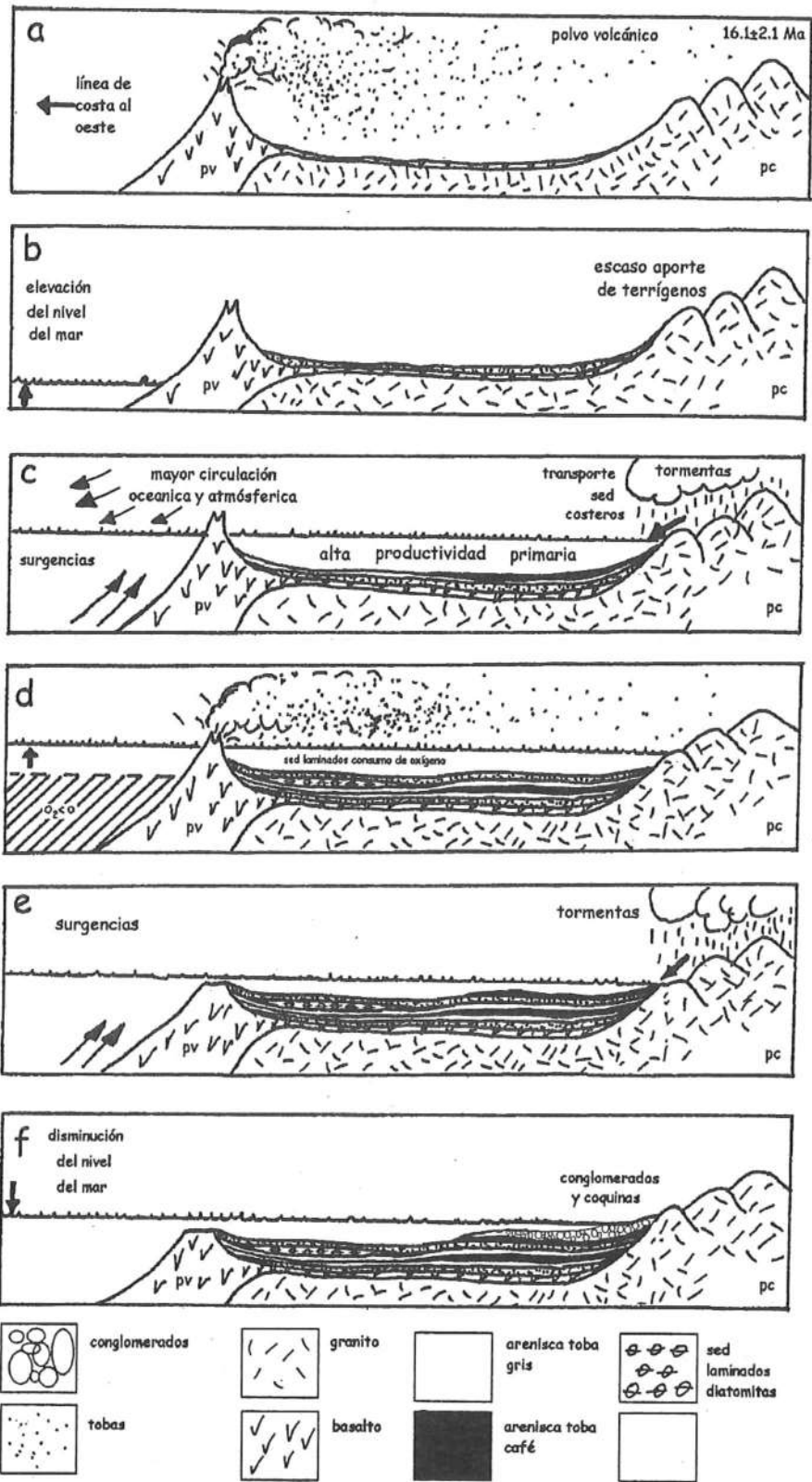


Figura 21.- Descripción gráfica de la secuencia de deposición de las capas sedimentarias de la Formación Rosario Beach, Miembro Los Indios en la Mesa La Misión, Baja California. a) formación del Miembro basáltico La Misión, b) deposición de piroclástos en ambiente aéreo, c) mayor circulación atmosférica y oceánica, produce surgencias, d) elevación del nivel del mar, alto consumo de oxígeno produce formación de sedimentos laminados de diatomeas, e) nuevo periodo de surgencias y tormentas, e) disminución del nivel del mar.

1984; Ashby, 1989), cuyas partículas fueron depositadas sobre un basamento de basalto (Figs. 21a y b). Evidencias de ello son todos los sedimentos claros y los horizontes de pumicitas en la localidad 102, unidades C y D, así como en las localidades 103 y 105 (Figs. 11 y 18).

El ambiente sedimentario de depósito presenta variaciones en las condiciones físicas, geológicas y químicas en que los sedimentos fueron acumulados. Estas variaciones, pueden ser atribuidas a un cambio en el nivel del mar (Ashby, 1989; Aranda-Manteca, 1990, 1994), durante el Mioceno medio, Ya que se han observado que ocurre durante el Terciario tardío una regresión gradual del mar (Fig. 22) que fue interrumpida por pequeñas transgresiones (Selley, 1996).

El aporte sedimentario continental durante este periodo es escaso (Minch et al., 1984), sin embargo la elevación del nivel del mar, tal vez producto del aumento en la temperatura global, está representada en las capas de la unidad B, que es la primera de origen marino en la secuencia, asociada con abundantes restos de moluscos disueltos y transportados. El transporte fue corto, ya que no permitió la desarticulación de los bivalvos, que presentan ambas valvas unidas. Keller y Barron (1981), muestran que los sedimentos de fondo y las secciones de tierra, de edad Mioceno, exhiben un mismo patrón de disolución de carbonatos y hiatos, observados aquí, que pueden ser relacionados con periodos de enfriamiento climático global.

Este proceso de aparente elevación del nivel del mar o basculamiento del continente, puede corresponder al ciclo global TM2.2 (Vail y Herdenbol, 1979, en Kennett, 1982), que puede ser relacionado con un proceso progradacional, que se produjo hace 15 Ma (Fig. 22). La elevación de la temperatura ocasiono mayor circulación oceánica y atmosférica, produciendo lluvias y tormentas (Fig. 21c). Se observan en los sedimentos las evidencias de un proceso sedimentario costero y el aporte continental de tipo fluvial, que están presentes en las unidades C y D, representados por la secuencia alternada de capas que varían de color grisáceo a color café amarillento y que contienen ortoclasa y cuarzo (Aranda-Manteca, 1990), así como óxidos de hierro, asociados a transporte de sedimentos en agua dulce (Blatt et

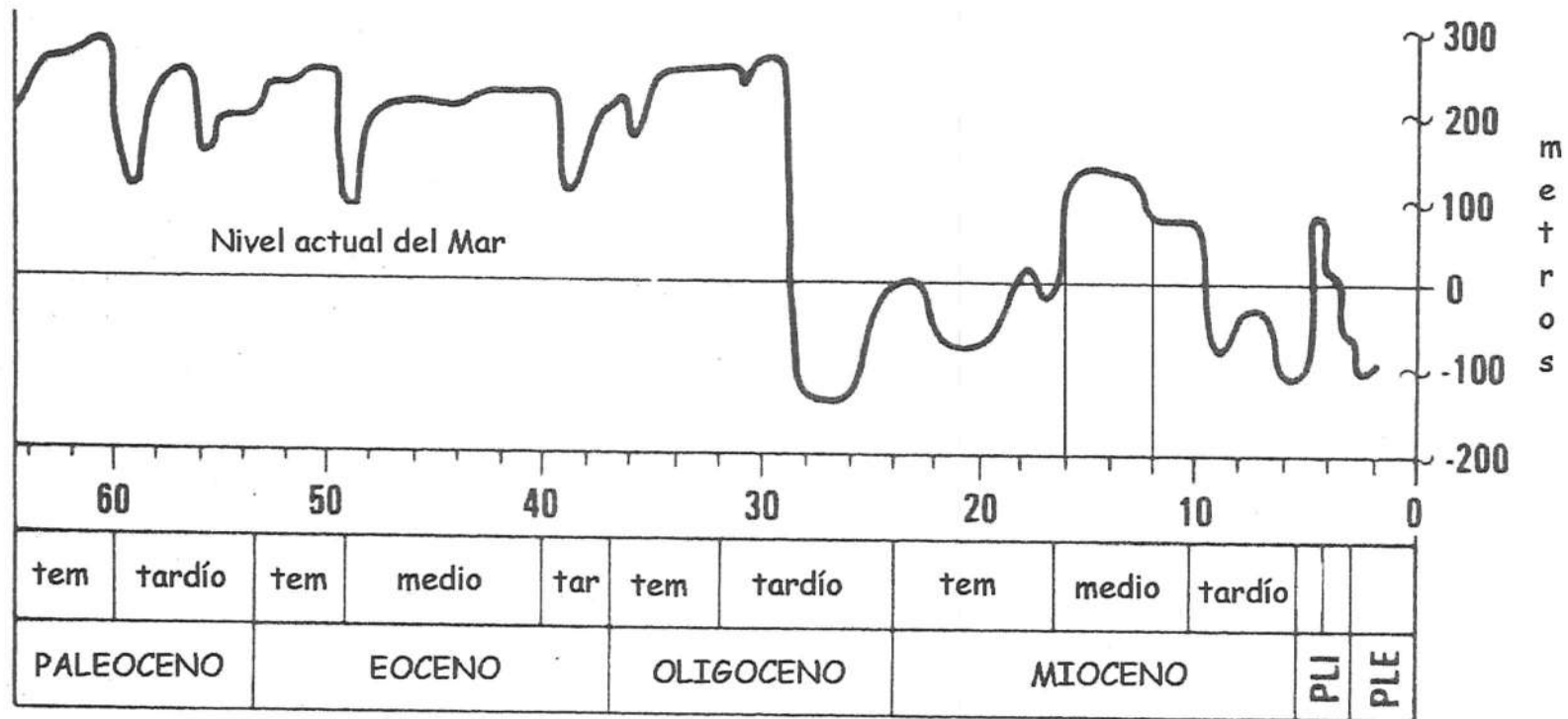


Figura 22.- Variaciones en el nivel medio del mar durante el Terciario. La escala absoluta de los cambios en metros es tentativa (tomada de P.R. Vail and J. Herdenbol, Oceanus Int. Mag. Of Mar. Sci., Vol.22, no.3, p.71, 1979).

al., 1980). Este aporte fluvial debió ser intermitente, según muestra la alternancia de capas (Fig. 21c), lo que sugiere periodos de lluvias intensos, que transportan material terrígeno escaso, alternado y mezclado con el material piroclástico que encubre la depositación terrígena.

Este proceso de elevación del nivel del mar (aparente o real) se observa en la columna de la Mesa la Misión, con una disminución en el tamaño de grano de los sedimentos desde la unidad A, con arenas gruesa a medias hasta las capas de las unidades D y E, con arenas finas y muy finas (Figs. 11, 14, 18 y 20), estos últimos representan el ambiente de menor cantidad de energía, asociado a sedimentos diatomáceos, muy finos con laminación bien desarrollada, en una cuenca semiprotectida y no muy profunda (Fig. 21).

La mayor circulación atmosférica provocan también procesos de surgencias de masas de aguas del fondo ricas en nutrientes, que ayudan al desarrollo de una alta productividad primaria (van Geen y Takesue, 1999). La elevación del nivel del mar y las surgencias provocan una floración de los organismos del plancton, en este caso representados por las capas laminadas, formadas por restos de diatomeas, presentes en la secuencia sedimentaria (Fig. 21c). La confluencia de la tectónica, el clima y eventos oceanográficos que se producen en el desarrollo de la cuenca de Mioceno, coinciden con la intensificación de los sistemas de surgencias y con la alta productividad (Garrison y Douglas, 1981).

Esta alta productividad primaria es la base para una importante trama trófica que utiliza el oxígeno disuelto en el agua, lo que ocasiona que la capa de oxígeno mínimo de fondo se ubique en la zona de plataforma y permita la formación de capas de sedimentos biogénicos laminados constituidos principalmente por diatomeas (Fig. 21d). Este proceso se asocia con el máximo óptimo climático de Mioceno medio, donde existe la mayor concentración de nutrientes, que a la larga provoca la mínima concentración de oxígeno y está asociado a una tasa de sedimentación baja (Fig. 21d). Los sedimentos biogénicos son un importante contribuyente en la proveniencia de los escasos sedimentos de la Fm. Rosarito Beach, Miembro Los Indios en la Mesa La

Misión, Baja California.

El material piroclástico que representa la fuente principal de sedimentos al sistema, ha sido retrabajado de diferentes maneras, de acuerdo a la energía del ambiente donde ha sido sometido al transporte, generando diferentes facies sedimentarias. Se observa que la mayoría de las muestras tienen sedimentos tienen una media formada por arenas finas y muy finas, con una regular clasificación (Tabla II), lo que sugiere un ambiente somero de moderada a baja energía, más o menos selectivo. La mayor parte de los sedimentos muestran asimetría hacia los finos, tal vez resultado de un transporte unidireccional (Friedman, 1961), como las corrientes de marea y de tormenta. Las trazas o bioturbación observadas en las capas C y D de la localidad UABC-FCMM-PV 102 (Fig. 23), que tienen forma vertical indican aguas someras, no mayores a 50 m de profundidad.

La única muestra que tiene sedimentos muy finos que esta asociada con ambiente de muy baja energía, es la capa D (Fig. 19), que representa el máximo de elevación del nivel del mar o el máximo de productividad primaria (Fig. 24), lo que indica que fue depositada en condiciones de muy baja tasa de sedimentación y un mínimo de oxígeno.

Según se observa posteriormente en la secuencia superior de la columna, unidad G (Fig. 19), que las condiciones vuelven a ser oceánicas poco profundas, que puede corresponder al comienzo del ciclo global TM2.3 (Kennett, 1982) (Fig. 22). En esta secuencia se reconocen estructuras sedimentarias, que forman estratificación cruzada hamacada (Fig. 18), que sugiere condiciones de tormenta en aguas poco profundas (Aigner, 1985), por encima del nivel base de la ola de tormenta, los sedimentos están formados por arenas medias a finas y los restos de fósiles muestran evidencias de que fueron transportados y mezclados, a corta distancia, provocando la desarticulación (Martín, 1999).

La parte superior del estadio Luisiano está asociado con el cambio en la sedimentación predominantemente de depósitos calcáreos a ricos en sílice (Poore et

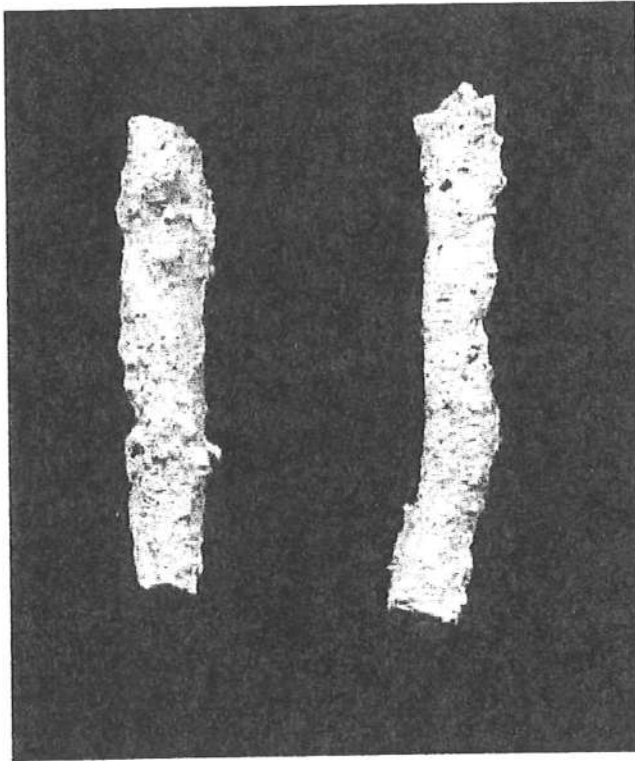
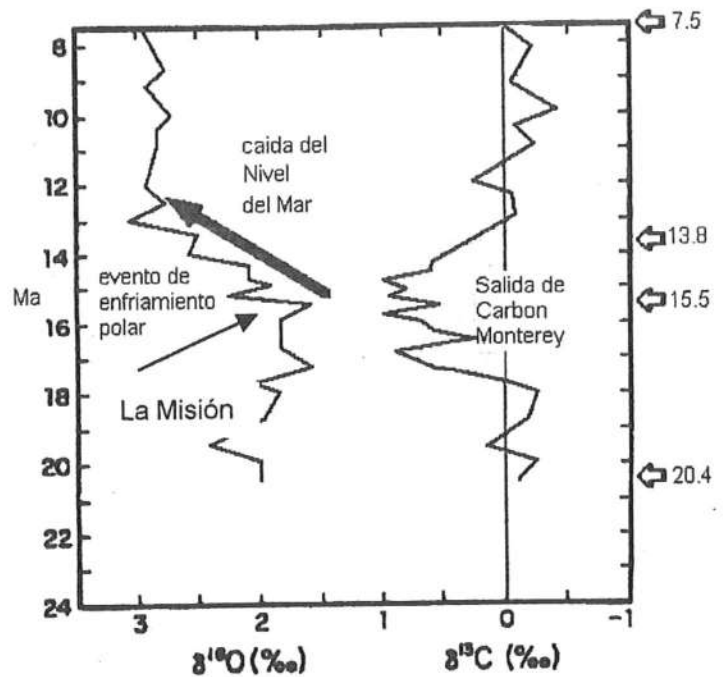


Figura 23.- Moldes de trazas o madrigueras verticales, observadas en la localidad UABC-FCMM-PV 102, unidad C.

La hipótesis Monterey

Figura 24.- Relación entre el evento de enfriamiento polar, la disminución del nivel del mar y la salida del carbón hacia los sedimentos, como producto de la actividad primaria de las diatomeas del Mioceno en la costa de California, propuesta por Vincent y Berger (1985).



Vincent and Berger (1985)

al., 1981). Este cambio es probablemente resultado de variaciones en el clima y en los parámetros oceánicos. Este cambio ocurre entre 13 y 14 Ma y coincide con el decremento en la temperatura del agua de fondo. Este decremento es causado por el incremento de la formación de la capa de agua de la Antártica asociada con el desarrollo de una glaciación continental (Garrison y Douglas, 1981). Que puede ser observado en la secuencia regresiva de la parte superior de la columna de la localidad UABC-FCMM-PV 103 donde se observa un aumento en el tamaño de grano.

2.5 CONCLUSIONES

La Formación Rosarito Beach, Miembro Los Indios en la Mesa La Misión, forma parte de un sistema de cuencas sedimentarias Miocénicas de California y Baja California, que presentan claras evidencias de variación en las condiciones de depositación, tal vez debidas a variaciones climáticas y/o a cambios en el nivel del mar.

La columna estratigráfica compuesta que describe las características sedimentarias de la Formación Rosarito Beach, Miembro Los Indios en la Mesa La Misión es una secuencia estratigráfica donde se presenta una variación vertical de facie, evidenciada por las variaciones de los parámetros texturales de los sedimentos, los cuales permiten identificar tres diferentes procesos de acumulación en la zona costera y de plataforma, el primero un ambiente de baja energía, el segundo de muy baja energía y el tercero, un proceso general de baja energía alternado con cambios bruscos de energía, todos producto de la variación eustática, reconocida a escala mundial, ocurrido durante el Mioceno Medio, entre los 16 y los 14 Ma, asociado con la formación de hielo de la Antártida.

La proveniencia de los sedimentos es principalmente origen volcánico (polvo volcánico), formando tobas y lapillis, escasos materiales de origen terrígeno (formando areniscas) y en menor proporción sedimentos de origen biogénico (diatomitas), la reducida potencia de las capas indica una baja tasa de sedimentación, por esto se distingue como una secuencia comprimida, tipo retrogradacional, transgresiva-regresiva.

Taxonomía y Análisis Faunal de la muestra de Fósiles de Vertebrados Marinos de La Misión, Baja California, México.

3.1 Prospección y Colecta

Se realizaron visitas de prospección para la planeación de la colecta de vertebrados fósiles en la Mesa La Misión, en las localidades donde afloran los sedimentos marinos (Fig. 1), usando el tradicional método de "Visu". Se usaron marcas en los sedimentos para ubicar los restos de fósiles de vertebrados visibles a simple vista, así se establecieron las principales localidades de afloramiento y acumulación, basados en la calidad de la preservación, la abundancia y la diversidad, se determinaron las capas más importantes (Aranda-Manteca, 1994).

Así mismo para establecer un buen marco estratigráfico, se realizaron levantamientos detallados de las secuencias sedimentarias (ver Estratigrafía), de las localidades UABC-FCMM-PV 102, 103, 105 y 106 (Fig. 5). Dando como resultado una descripción correlativa de los tres principales cañones, en donde se reconocen las capas y las localidades de colecta (Fig. 15). Con toda esta información se estableció la estratigrafía general de la Mesa, realizando una columna compuesta (Fig. 19).

3.2 Colecta de Fósiles

Se realizaron dos tipos de colecta: el primero denominado volumétrica y el segundo llamado de visu.

3.2.1 Técnica volumétrica

En las dos principales capas de acumulación de restos óseos fueron identificadas como: loc. UABC-FCMM-PV 102 C y 103 G, en estas capas se tomaron

tres muestras de 18 dm³ de sedimentos para establecer la relación entre el número de especímenes por especie colectadas y el volumen, así como la observación de la variabilidad del muestreo, estas muestras se llamarán volumétricas. El sedimento de estas muestras fue humedecido y cernido en húmedo por una malla de 1 mm. Posteriormente esta fracción atrapada se seco y fue observada al microscopio estereoscópico, para hacer la separación manual de los fósiles (comun. pers. J.D. Stewart, 2000). Después fueron identificados y contados, los resultados se presentan en la tabla III.

3.2.2 Técnica de Visu

El rescate y la colecta de especímenes fósiles se realizó utilizando la técnica de "visu", durante un periodo de 14 años, entre 1985 y 1998, sistemáticamente después de la época de lluvias, aprovechando el lavado natural de los sedimentos, se realizó una tarea de rescate y observación de las localidades de la Mesa La Misión. Como resultado de esta observación se obtuvo el descubrimiento y la colecta de los restos acumulados sobre el sedimento en las principales capas de restos fósiles en la Mesa La Misión. Las piezas acumuladas en la superficie fueron colectadas en bolsas de plástico debidamente etiquetadas (Aranda-Manteca, 1994). Los resultados de la colecta se presentan en las tablas IV, V, VI, VII, VIII, IX y X para su análisis y discusión.

Los especímenes articulados o que permanecían en el sedimento fueron colectados utilizando las tradicionales técnicas de extracción para restos esquelétales depositados en sedimentos arenosos, poco consolidados. Así como los tradicionales métodos de limpieza, reconstrucción y catalogación (Rixon, 1979).

3.3 TAXA PRINCIPALES

En la asociación fosilífera resultante de la colecta en la Mesa La Misión se reconocen más de 84 especies de vertebrados, representados por la Superclase Piscis, con dos clases Condrichthyes y Osteichthyes; la clase Reptilia, con el Orden Testudines;

Tabla III.- Resultados de colecta de piezas utilizando la técnica de tamizado de 18 dm³ de volumen de sedimentos con malla de 1 mm, en dos localidades de la Mesa La Misión, Baja California.

Género	102-1	102-2	102-3	103-1	103-2	103-3
<i>Echinorhinus</i>	0	3	0	0	0	0
<i>Squalus</i>	0	0	0	3	2	3
<i>Squatina</i>	0	0	0	3	1	0
<i>Isurus</i>	1	0	0	4	7	9
<i>Alopias</i>	2	2	1	0	0	0
<i>Galeorhinus</i>	0	1	2	0	0	0
<i>Mustelus</i>	2	8	3	0	0	0
<i>Triakis</i>	0	1	2	0	0	0
<i>Carcharhinus</i>	2	1	5	0	0	0
<i>C. sp.2</i>	0	0	0	3	5	4
<i>Galeocerdo</i>	0	1	0	2	1	3
<i>Negaprion</i>	0	4	2	0	0	0
<i>Rhizoprionodon</i>	1	1	0	1	0	0
<i>Sphyrna</i>	1	1	0	1	0	0
<i>Rhinobatos</i>	6	2	5	0	0	0
<i>Dasyatis</i>	132	145	68	25	14	32
<i>Aetobatus</i>	4	11	13	12	11	10
<i>Aetomylaeus</i>	3	6	0	15	10	23
Myliobatidae	15	28	0	11	10	8
<i>Pteromylaeus</i>	5	7	3	12	15	20
<i>Rhinoptera</i>	41	47	39	5	4	8
<i>Mobula</i>	0	0	0	1	0	0
Colas rayas	7	12	13	0	0	0
Vértebras rayas	0	0	2	145	120	115
Balistidae	1	0	0	0	1	0
Labridae	64	43	35	0	0	0
<i>Sphyrnaena barracuda</i>	1	0	4	7	5	3
<i>Semicosyphus</i>	15	12	26	5	3	4
Clupeidae	2	6	8	25	32	14
Albulidae	21	33	28	0	0	0
Cono	1	8	12	0	0	0
Anguiliformes	0	0	0	15	12	8
Oplegnathidae	0	0	0	2	0	5
Espinas	60	25	74	102	96	85
Coprolitos	2	0	0	36	45	28
Vértebras peces óseos	74	45	62	125	110	136
Quelas cangrejos	1	0	12	0	0	0
madrigueras	0	0	3	0	0	0

la clase Aves y la clase Mammalia, con los Ordenes Cetacea, Carnivora, Sirenia, Desmostylia y Artiodactyla (Aranda-Manteca, 1990, 1994).

El número total de piezas colectadas, que representa la muestra, es de aproximadamente 21,700 piezas, que corresponden a diferentes huesos, espinas, dientes y escamas. Los restos de especies de tiburones son muy abundantes en la muestra, 11,049 piezas que representan el 50.92% de la muestra total, los Batoideos, con 7276 piezas representan el 33.53%, los Peces óseos con 2,732 piezas representan el 12.59%, los Reptiles con 374 piezas son el 1.73%, las Aves con 36 piezas representan el 0.16% y los Mamíferos con 233 piezas representan el 1.07% (Fig. 25, Tabla IV).

Los principales componentes faunísticos de la muestra, para facilitar su descripción y análisis se presentan los resultados por separado en las distintas clases y ordenes, de acuerdo con su importancia.

3.3.1 TIBURONES

Se reconocen los elasmobranquios, Euselacios, Neoselacios con tres Superordenes, seis ordenes, 15 familias, 23 géneros y por lo menos, 32 especies, representados por un total más de 11, 049 dientes colectados, 27 vértebras, cinco placas dérmicas y una espina (Tablas IV y V).

El Superorden preservado más abundante corresponde a los Galeomorfos, seguido de los Esqualomorfos y finalmente los Esquatinomorfos. El orden preservado más abundante corresponde a los Carcharhiniformes, seguido de los Lamniformes, Esqualiformes, Esquatiniformes, Hexanchiformes y Heterodontiformes.

La familia con mayor porcentaje en la muestra es Carcharhinidae con el 76.43% del total (Tabla V), representada por cuatro géneros *Carcharhinus* con 64.52%, *Galeocerdo* con 7.30%, *Negaprion* con 4.33% y *Rhizoprionodon* con 0.28%. El género

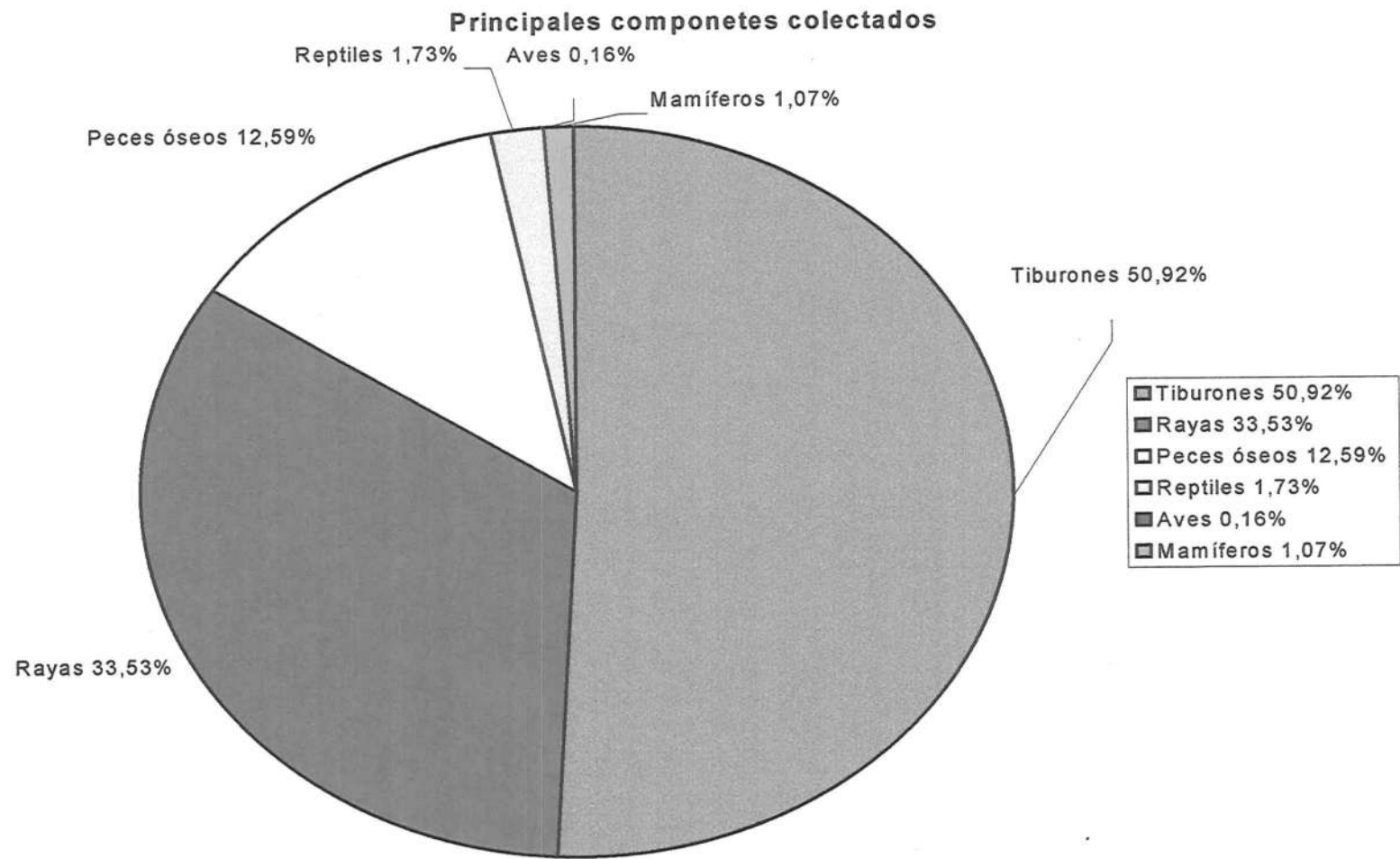


Figura 25.- Diagrama de pastel del porcentaje de piezas colectadas por grupos taxonómicos, de la Fauna Local de la Mesa La Misión.

Tabla IV.- Número de piezas por especie de fósiles colectadas por localidad en la Mesa La Misión, Formación Rosarito Beach, Miembro Los Indios, Baja California.

ESPECIE	LOC. 101	LOC. 102	LOC.103	LOC. 104	LOC. 109	TOTAL	%
<i>Hexanchus</i> sp.	0	4	0	0	0	4	
<i>Hepranchias perlo</i>	0	1	0	1	0	2	
<i>Echinorhinus blakei</i>	0	6	0	2	0	8	
<i>Squalus serriculus</i>	0	0	31	0	0	31	
<i>Isistius triangulus</i>	0	1	0	0	0	1	
<i>Squatina subserata</i>	0	4	0	1	1	6	
<i>Heterodontus</i> sp.	0	1	0	0	0	1	
<i>Glynglimostoma</i> sp.	0	1	0	0	0	1	
<i>Isurus oxyrinchus</i>	2	111	228	14	6	361	
<i>Isurus hastalis</i>	7	16	706	6	10	745	
<i>Isurus planus</i>	2	13	654	15	8	692	
<i>Isurus retroflexus</i>	2	13	235	2	3	255	
<i>Carcharocles megalodon</i>	0	3	7	0	0	10	
<i>Carcharocles chubutensis</i>	1	8	18	0	0	27	
<i>Parotodus benedeni</i>	1	0	0	0	0	1	
<i>Alopias</i> spp.	1	50	6	12	0	69	
<i>Cetorhinus</i> sp.	0	1	8	1	0	10	
<i>Scyliorhinus</i> sp.	0	5	0	0	0	5	
<i>Galeorhinus</i> sp.	0	1	0	2	0	3	
<i>Mustelus</i> sp.	0	10	0	0	0	10	
<i>Triakis</i> sp.	0	5	0	2	0	7	
<i>Hemipristis serra</i>	0	175	84	25	6	290	
<i>Carcharhinus</i> sp.1	15	972	138	237	40	1402	
<i>Carcharhinus</i> sp.2	8	129	594	111	26	868	
<i>Carcharhinus</i> sp.3	22	1420	202	346	59	2049	
<i>Carcharhinus</i> sp.4	19	1248	177	304	52	1800	
<i>Carcharhinus</i> spp.	9	131	689	144	33	1006	
<i>Galeocerdo aduncus</i>	1	308	126	33	10	478	
<i>Galeocerdo contortus</i>	1	151	116	56	5	329	
<i>Negaprion euribathrodon</i>	0	339	58	69	13	479	
<i>Rhizoprionodon</i> sp.	0	14	9	6	3	32	
<i>Sphyma</i> spp.	0	52	9	5	1	67	50.92
<i>Rhinobatos</i> sp.	0	6	0	6	0	12	
<i>Dasyatis</i> spp.	0	115	0	80	0	195	
<i>Aetobatus arcautus</i>	15	123	61	145	12	356	
<i>Aetobatus</i> sp.	0	45	385	36	6	472	
<i>Aetomylaeus</i> sp.	2	52	423	61	10	548	
<i>Myliobatis</i> spp.	3	58	0	42	0	103	
<i>Pteromylaeus</i> sp.	17	65	226	95	5	408	
<i>Rhinoptera</i>	86	1032	49	489	80	1736	
<i>Mobula</i> sp.	0	0	13	0	0	13	
Batoideos indet.(Colas y vertebras)	54	756	67	201	40	1118	
Batoideos indet (placas fragm.)	35	1468	112	663	37	2315	33.53
<i>Acipenser</i> sp.	0	2	0	0	0	2	
<i>Sardinops</i> sp.	19	792	71	215	0	1097	
<i>Ganolytes</i> sp.	0	6	12	2	0	20	
Syngnathidae	0	0	2	0	0	2	
Carangidae	0	2	0	0	0	2	

<i>Stereolepis</i> sp.	0	0	3	0	0	3	
Albulidae	0	27	0	5	0	32	
Oplegnathidae	0	2	2	0	0	4	
<i>Sphyræna barracuda</i>	3	198	17	94	3	315	
<i>Trichiurus</i> sp.	3	73	6	45	2	129	
<i>Calamus</i> sp.	1	96	3	13	0	113	
<i>Semicossyphus</i> sp.	0	20	16	1	0	37	
<i>Thysocles</i> sp.	0	1	2	0	0	3	
<i>Scomberomorus</i> sp.	0	5	10	1	0	16	
<i>Euthynnus</i> sp.	0	0	12	0	0	12	
<i>Thunnus</i> sp.	1	7	85	5	0	98	
Balistidae	0	2	3	0	0	5	
<i>Diodon</i> sp.	0	15	10	11	0	36	
Peces indet. (espinas y vertebras)	5	120	614	67	0	806	12.59
Cheloniidae <i>nov. gen. et sp.</i>	0	11	307	0	22	340	
Cheloniidae spp.	0	3	18	2	0	23	
Caretinii (<i>Caretta</i>)	1	0	6	0	0	7	
Dermochelyidae	0	2	1	1	0	4	1.73
<i>Diomedea</i> sp.	0	0	1	0	0	1	
<i>Puffinus inceptor</i>	0	2	0	0	0	2	
<i>Puffinus</i> sp.	0	1	0	0	0	1	
<i>Sula</i> sp.	0	0	4	3	0	7	
<i>Morus vagabundus</i>	0	0	0	2	0	2	
Aves Indet.	1	8	9	5	0	23	0.16
Kentriodontidae	1	5	19	4	1	30	
<i>Kentriodon</i> sp.	0	0	2	0	0	2	
<i>Liolithax kemensis</i>	0	0	9	0	0	9	
<i>Lamprolithax</i> sp.	0	3	0	0	0	3	
<i>Delphinodon</i> sp.	0	0	1	0	0	1	
Phocoenidae	0	0	3	0	0	3	
Physeteridae	0	0	0	1	0	1	
Odontocetos indet.	1	9	16	6	2	34	
<i>Thyphocetus temblorensis</i>	0	0	3	0	0	3	
Cetotheriidae sp.1	0	2	0	0	0	2	
Cetotheriidae sp.2	0	0	1	0	0	1	
Cetotheriidae spp.	1	3	7	2	0	13	
Cetotheriidae sp. Indet	0	0	102	0	0	102	
Allodesminae	0	3	8	0	0	11	
<i>Neotherium mirium</i>	0	0	1	0	0	1	
Otaridos indet.	0	0	3	0	0	3	
<i>Metaxytherium arctodites</i>	0	4	1	0	0	5	
<i>Paleoparadoxiidae nov gen et sp.</i>	0	1	0	0	0	1	
<i>Desmostylus</i> sp.	0	5	1	0	0	6	1.06
Artiodactyla	1	1	0	0	0	2	0.01
Total	341	10344	6822	3697	496	21700	
% (porciento)	1.57	47.67	31.44	17.04	2.28		
Número de especies	28	67	59	47	17	84	

Tabla V.- Por ciento de la muestra de tiburones fósiles por familias y especies colectados en la Formación Rosarito Beach, Miembro Los Indios, en la Mesa La Misión, Baja California.

FAMILIA	ESPECIE	%
HEXANCHIDAE 0.03%	<i>Hexanchus</i> sp.	0.03
HEPTRANCHIDAE 0.01%	<i>Heptranchias perlo</i>	0.01
ECHINORHINIDAE 0.07%	<i>Echinorhinus blakei</i>	0.07
SQUALIDAE 0.29%	<i>Squalus serriculus</i>	0.28
	<i>Isistius triangulus</i>	0.01
SQUATINIDAE 0.05%	<i>Squatina subserata</i>	0.05
HETERODONTIDAE 0.01%	<i>Heterodontus</i> sp.	0.01
GINGLYMOSTOMATIDAE 0.01%	<i>Glynglimostoma</i> sp.	0.01
LAMNIDAE 18.60%	<i>Isurus oxyrinchus</i>	3.26
	<i>Isurus hastalis</i>	6.74
	<i>Isurus planus</i>	6.29
	<i>Isurus retroflexus</i>	2.31
OTODONTIDAE 0.35%	<i>Carcharocles megalodon</i>	0.10
	<i>Carcharocles chubutensis</i>	0.24
	<i>Parotodus benedeni</i>	0.01
ALOPIDAE 0.62	<i>Alopias</i> spp.	0.62
CETORHINIDAE 0.10%	<i>Cetorhinus</i> sp.	0.10
SCYLIORHINIDAE 0.22%	<i>Scyliorhinus</i> sp.	0.04
	<i>Galliorhinus</i> sp.	0.02
	<i>Mustelus</i> sp.	0.10
	<i>Triakis</i> sp.	0.06
HEMIGALEIDAE 2.62%	<i>Hemipristis serra</i>	2.62
CARCHARHINIDAE 76.43%	<i>Carcharhinus</i> sp.1	12.70
	<i>Carcharhinus</i> sp.2	7.87
	<i>Carcharhinus</i> sp.3	18.55
	<i>Carcharhinus</i> sp.4	16.29
	<i>Carcharhinus</i> spp.	9.11
	<i>Galeocerdo aduncus</i>	4.32
	<i>Galeocerdo contortus</i>	2.98
	<i>Negaprion euribathrodon</i>	4.33
	<i>Rhizoprionodon</i> sp.	0.28
SPHYRNIDAE 0.60%	<i>Sphyrna</i> spp.	0.60

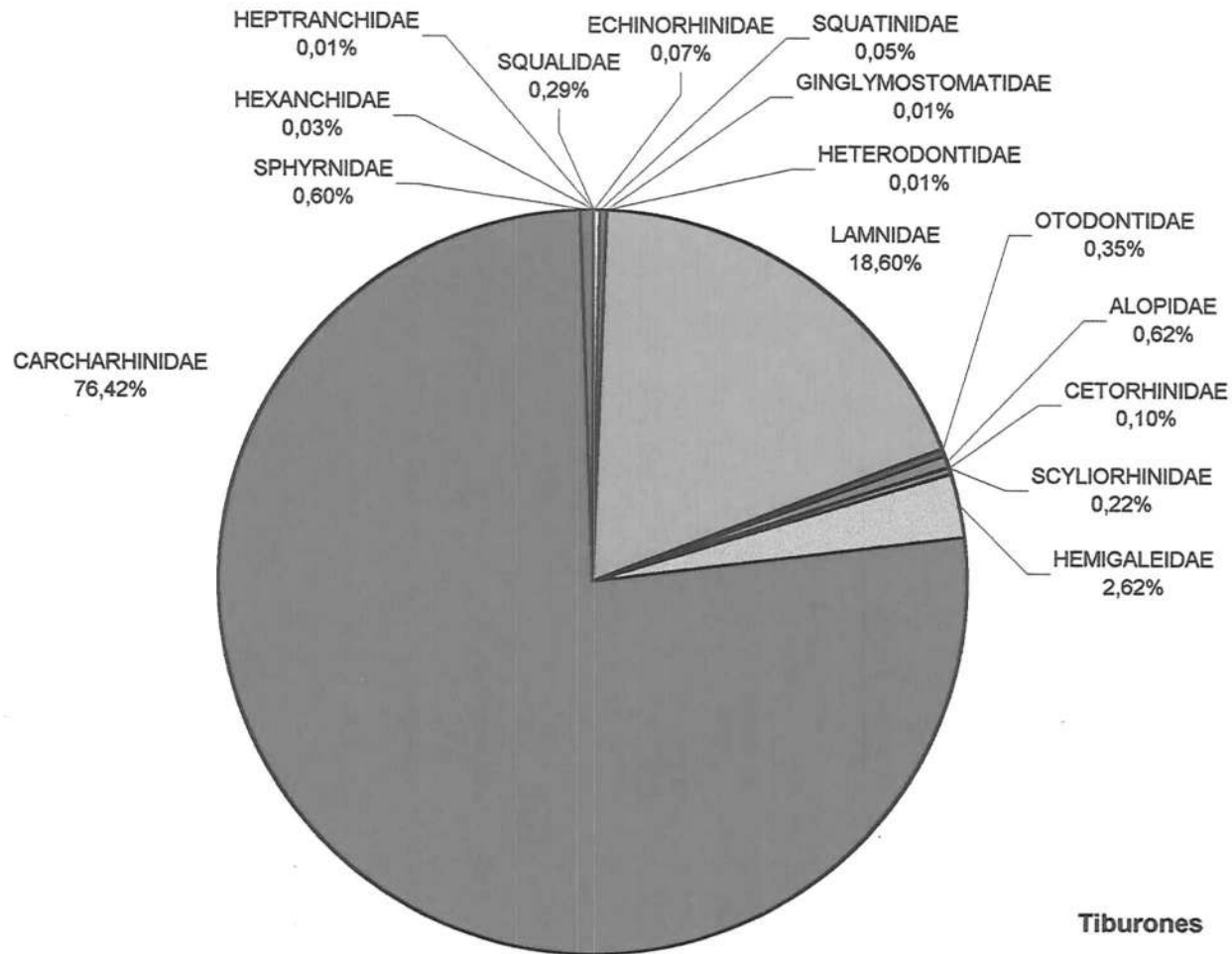


Figura 26.- Diagrama de pastel del número de piezas colectadas, en por ciento de la fauna de tiburones fósiles por familias, de la Formación Rosarito Beach, Miembro Los Indios, en la Mesa La Misión, Baja California.

Carcharhinus es el más abundante en la muestra, con cuatro especies claramente identificables y seis posibles, la especie preservada más abundante es *Carcharhinus* sp.3 con 18.55%, seguido de *Carcharhinus* sp.4 con 16.29%, *Carcharhinus* sp.1 con 12.70% y *Carcharhinus* sp.2 con 7.87 (Tabla V, Fig. 26).

La familia Lamnidae con 18.60% es la segunda que mayor porcentaje representa en la muestra con dos géneros: *Isurus*, con 18.60%, *Carcharodon* con 0.33% y *Parotodus* con 0.01%; el género *Isurus* presenta cuatro especies reconocidas, la de mayor porcentaje en la muestra es *Isurus hastalis* con 6.74%, seguido de *Isurus planus* con 6.29%, *Isurus oxyrinchus* con 3.26% e *Isurus retroflexus* con 2.31% (Tabla V, Fig. 26).

De las 32 especies de tiburones preservadas solamente trece especies sobrepasan el uno por ciento de la muestra, corresponden a tres familias Carcharhinidae (76.43%), Lamnidae (18.60%) y Hemigaleidae (2.62%), representan el 97.65% del total de la muestra de tiburones. Las 19 especies restantes son menores al uno por ciento del total de la muestra de tiburones, corresponde a 14 familias, Hexanchidae (0.03%), Heptranchidae (0.01%), Echinorhinidae (0.07%), Squalidae (0.29%), Squatinidae (0.05%), Heterodontidae (0.01%), Ginglymostomatidae (0.01%), Otodontidae (0.35%), Alopidae (0.62%), Cetorhinidae (0.10%), Scyliorhinidae (0.04%), Triakidae (0.12%) y Sphyrnidae (0.60%), que sumadas alcanzan el 2.36% del total de la muestra (Tabla V, Fig. 26).

3.3.2 RAYAS

La muestra de batomorfos está representada por 7601 piezas colectadas (Tabla IV), entre las que se cuentan placas dentarias, espinas caudales y vértebras, ya que por sus características son las únicas estructuras que pueden fosilizarse de este grupo. Por sus preferencias alimenticias tienden a encontrarse en ambientes de fondo, epibentónico y bentónico. Estos organismos son muy buenos indicadores de la profundidad.

Se reconocen dos ordenes, cinco familias y por lo menos, ocho especies de batiformes (ver apéndice) en las cinco localidades de La Mesa La Misión, aquí estudiadas.

La familia Myliobatidae tiene un 25.94%, representada por al menos, seis especies, *Aetobatus* spp. (11.38%), *Aetomyleus* sp. (7.54%), *Myliobatis* spp. (1.41%) y *Pteromylaeus* spp. (5.61%). La familia Rhinopteridae con un 23.86%, está representada por una o dos especies. Dasyatidae con un 2.68%, por más de una especie y Rhinobatidae con un 0.16% y Mobulidae con un 0.17%, ambas con una especie (Tabla VI, Fig. 27).

La abundancia de espinas caudales es de 12.78%; estas son más abundantes en la muestra. Las vértebras fosilizadas son el 2.57%. Muchos Restos de la muestra no pudieron ser identificados debido a que su estado de preservación es muy malo, se encuentran fragmentados y son muy pequeños, el 31.82% de la muestra (Tabla VI, Fig. 27).

3.3.3 PECES ÓSEOS

Los resultados de la colecta de peces óseos en las cinco localidades de La Mesa La Misión, se presentan en la Tabla VII, se colectaron un total de 2732 piezas, que corresponden a vértebras, mandíbulas, dientes, placas óseas, espinas y otolitos. El material identificado corresponde a 15 familias, 18 géneros y por lo menos 18 especies. Debido a las dificultades que implica el reconocer las piezas óseas de las diferentes especies, muchas piezas sólo han sido identificadas a nivel familia.

La mayor cantidad de piezas colectadas corresponde a vértebras de la familia Clupeidae con 40.89% de la muestra, también la familia Sphyrnaeidae tiene un importante porcentaje de 11.54%, las familias Sparidae (4.13%), Trichiuridae (4.72%), Scombridae (4.59%), Labridae (1.35%), Diodontidae (1.31%) y Albulidae (1.17%) sobrepasan el 1% de la muestra, las demás Acipenseridae (0.01%), Sygnathidae

Tabla VI.- Relación del porcentaje de la muestra de batoideos fósiles por familia y por especie colectados en la Formación Rosarito Beach, Miembro Los Indios en la Mesa La Misión, Baja California.

FAMILIA	ESPECIE	%
RHINOBATIDAE 0.16%	<i>Rhinobatos sp.</i>	0.16
DASYATIDAE 2.68%	<i>Dasyatis spp.</i>	2.68
MYLIOBATIDAE 25.94%	<i>Aetobatus arcautus</i>	4.90
	<i>Aetobatus sp.</i>	6.48
	<i>Aetomylaeus sp.</i>	7.54
	<i>Myliobatis spp.</i>	1.41
	<i>Pteromylaeus sp.</i>	5.61
RHINOPTERIDAE 23.86%	<i>Rhinoptera</i>	23.86
MOBULIDAE 0.17%	<i>Mobula sp.</i>	0.17
	Batoideos indet.(Colas y vertebras)	15.37
	Batoideos indet (placas fragm.)	31.82

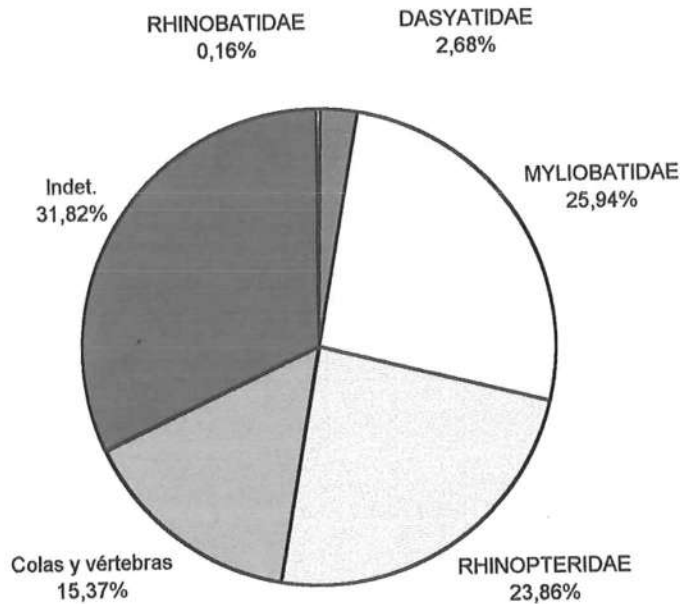


Figura 27.- Diagrama de pastel de la muestra de familias de batoideos fósiles colectados en la Formación Rosarito Beach, Miembro Los Indios en la Mesa La Misión, Baja California.

(0.10%), Carangidae (0.10%), Gempilidae (0.12%), Serranidae (0.12%), Oplegnathidae (0.15%) y Balistidae (0.18%), no alcanzan ese valor (Tabla VII, Fig. 28).

Muy diversos tipos de peces óseos, como macarelas, anchovetas, arenques, meros, entre otros, se representan por vértebras y espinas aisladas, las cuales son prácticamente imposibles de identificar, estas representan el 29.49% de la muestra de colecta (Tabla VII, Fig. 28).

Los dientes colectados más frecuentemente de peces óseos son los de *Sphyraena barracuda*, de *Trichiurus* sp., de *Semicosiphus* sp. y *Calamus* sp. En cambio, otros restos abundantes en la colecta son las vértebras y mandíbulas de *Thunnus* sp.

3.3.4 TORTUGAS MARINAS

De un total de 366 restos esquelétales de tortugas marinas colectadas en las localidades de La Mesa La Misión, B.C. (Tabla IV), son frecuentemente colectados los restos de caparazones (costillas) y huesos de las extremidades, no las falanges.

La mayor abundancia de preservación corresponde a un nuevo género y especie de la familia Cheloniidae (Sánchez y Aranda-Manteca, en prep.) con 90.90% de la muestra de tortugas (Tabla VIII, Fig. 29). El segundo sitio en preservación corresponde a otras especies de la misma familia, con 6.16%, seguido por los restos de la tribu Carettini (1.88%) y los menos frecuentemente colectados son los restos de la familia Dermochelyidae (1.06%).

3.3.5 AVES

Los restos óseos de aves marinas son muy difíciles de preservar. En la Mesa La Misión, se han colectado apenas 36 restos (Tabla IV), generalmente fragmentados debido a la fragilidad de su estructura.

Tabla VII.- Porcentaje de la muestra de peces óseos fósiles por familia y por especie colectados en la Formación Rosarito Beach, Miembro Los Indios en la Mesa La Misión, Baja California.

FAMILIA	ESPECIE	%
ACIPENSERIDEA 0.01%	<i>Acipenser</i> sp.	0.10
CLUPEIDAE 40.89%	<i>Sardinops</i> sp.	40.16
	<i>Ganolytes</i> sp.	0.73
SYNGNATHIDAE 0.10%	Syngnathidae	0.10
CARANGIDAE 0.10%	Carangidae	0.10
SERRANIDAE 0.12%	<i>Stereolepis</i> sp.	0.12
ALBULIDAE 1.17%	Albulidae	1.17
OPLEGNATHIDAE 0.15%	Oplegnathidae	0.15
SPHYRAENIDAE 11.54%	<i>Sphyraena barracuda</i>	11.54
TRICHIURIDAE 4.72%	<i>Trichiurus</i> sp.	4.72
SPARIDAE 4.13%	<i>Calamus</i> sp.	4.13
LABRIDAE 1.35%	<i>Semicossyphus</i> sp.	1.35
GEMPYLIDAE 0.12%	<i>Thysocles</i> sp.	0.12
	<i>Scomberomorus</i> sp.	0.58
	<i>Euthynnus</i> sp.	0.43
SCOMBRIDAE 4.59%	<i>Thunnus</i> sp.	3.58
	Balistidae	0.18
BALISTIDAE 0.18%	Balistidae	0.18
DIODONTIDAE 1.31%	<i>Diodon</i> sp.	1.31
	Peces indet. (espinas y vertebras)	29.49

PECES ÓSEOS

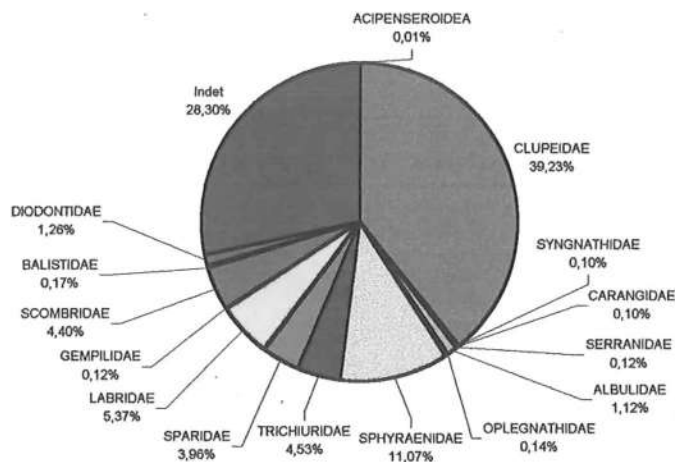
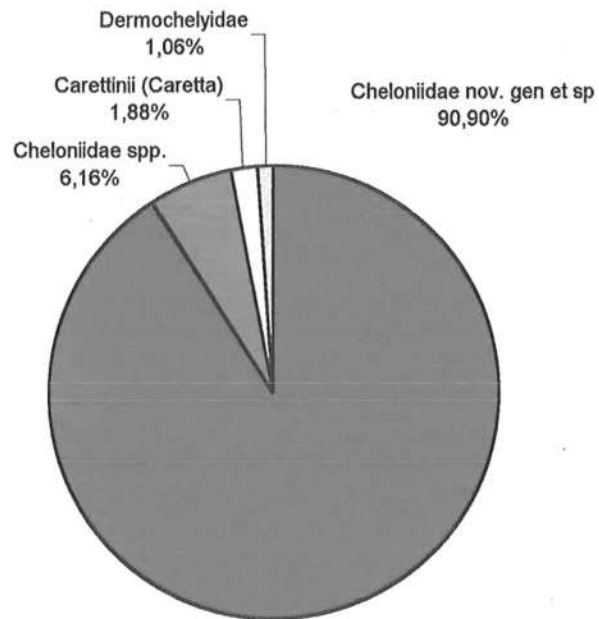


Figura 28.- Diagrama de pastel de la muestra de peces óseos fósiles por familia colectados en la Formación Rosarito Beach, Miembro Los Indios en la Mesa La Misión, Baja California.

Tabla VIII.- Por ciento de la muestra de tortugas marinas por familia colectados en la Formación Rosarito Beach, Miembro Los Indios en la Mesa La Misión, Baja California.

FAMILIA	%
Cheloniidae <i>nov. gen et sp</i>	90.90
Cheloniidae spp.	6.16
Caretinii (<i>Caretta</i>)	1.88
Dermodochelyidae	1.06



MUESTRA DE COLECTA DE TORTUGAS MARINAS

Figura 29.- Diagrama de pastel de la muestra de tortugas marinas por familias colectadas en la Formación Rosarito Beach, Miembro Los Indios en la Mesa La Misión, Baja California.

Los restos más abundantemente preservados, desafortunadamente no han sido identificados (63.88% de la muestra). La especie *Sula* sp. con siete ejemplares, representa el 25.00% de la muestra. Las otras tres especies identificadas, *Diomedea* sp. *Puffinus* spp. y *Morus* sp. solamente tienen una o dos piezas que en conjunto representan el 11.12% de la muestra (Tabla IX, Fig. 30).

En este caso, las aves aportan información significativa para el entendimiento de las condiciones paleoecológicas del depósito sedimentario, su presencia indica fuertemente la cercanía de la línea de costa continental o insular, así como la abundante pesca de peces en el área.

3.3.6 MAMÍFEROS

i) Cetáceos Odontocetos

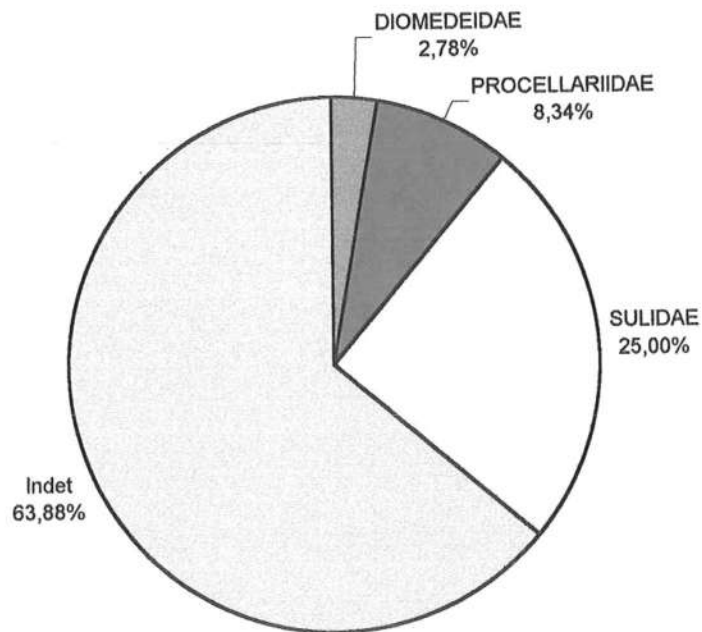
En el grupo de los mamíferos los odontocetos representan el 35.63%. Los miembros de la familia Kentriodontidae son los más frecuentemente colectados de este grupo de cetáceos odontocetos, representan el 19.34% del total de la muestra de mamíferos. Los géneros *Kentriodon* (0.85%), *Liolita* (3.87%) *Delphinodon* sp. (0.43%) y *Lamprolithax* (1.28%) son reconocidos para esta familia en la asociación (Tabla X, Fig. 31). Posiblemente tres ejemplares no identificados podrían pertenecer a la Familia Phocoenidae, representan el 1.28% de la muestra. La familia, *Physeteridae* sólo se conoce un ejemplar y representa el 0.43% (Tabla X, Fig. 31). Algunos de los restos sólo no han sido identificados a nivel familia y representan el 14.59% de la muestra.

ii) Cetáceos Mysticetos

La mayor parte de los restos de cetáceos mysticetos colectados en la Mesa La Misión, son vértebras y costillas, que por sus características morfológicas no pueden ser identificados, representan el 43.78% de la muestra total de mamíferos (Tabla X, Fig. 31).

Tabla IX.- Porcentaje de la muestra de aves marinas por familia colectadas en la Formación Rosarito Beach, Miembro Los Indios en la Mesa La Misión, Baja California.

FAMILIA	%
DIOMEDEIDAE	2.78
PROCELLARIIDAE	8.34
SULIDAE	25.00
INDET..	63.88



MUESTRA DE COLECTA DE AVES MARINAS

Figura 30.- Diagrama de pastel de la muestra de aves marinas por familia colectadas en la Formación Rosarito Beach, Miembro Los Indios en la Mesa La Misión, Baja California.

Tabla X.- Porcentaje de la muestra de mamíferos fósiles por familia en la Formación Rosarito Beach, Miembro Los Indios en la Mesa La Misión, Baja California.

FAMILIA	%
KENTRIODONTIDAE	19.34
PHOCOENIDAE	1.28
PHYSETERIDAE	0.42
ODONTOCETOS INDET	14.59
CETOTHERIIDAE	51.95
ALLODEAMINAE	6.43
DUGONGIDAE	2.14
PALEOPARADOXIIDAE	3.00
ARTIODACTYLA	0.85

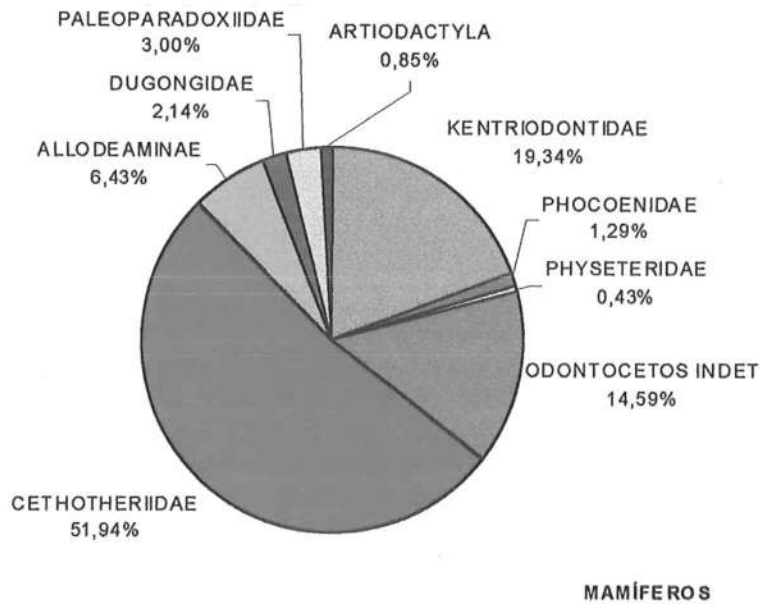


Figura 31.- Diagrama de pastel de la muestra de mamíferos por familia colectados en la Formación Rosarito Beach, Miembro Los Indios en la Mesa La Misión, Baja California.

Las mandíbulas, bulas timpánicas y fragmentos craneales resultan ser los únicos elementos útiles para la identificación, por esto solo unos pocos ejemplares han sido identificados a nivel especie, como *Typhlocetus temblorensis* Kellogg, 1931, con tres ejemplares que representa el 1.28%. De los restos identificables, la familia Cetotheriidae son los más frecuentemente colectados y representa un 51.95% del total de la muestra de mamíferos (Tabla X, Fig. 31).

iii) Otaridos

La subfamilia Allodesminae es la más frecuentemente colectada con el 6.43% de la muestra de mamíferos, representada por organismos por lo menos dos especies, una de la subfamilia Allodeminae (4.73%) y otra por la especie *Neotherium mirium* (0.43%). Los restos no identificados no corresponden a la subfamilia Allodesminae y representan el 1.27% de la muestra total de mamíferos (Tabla X, Fig. 31). Se han colectado un total de 19 restos de otarios en las diferentes localidades de la Mesa La Misión, la mayor parte de los restos (16 de 19), han sido colectados en la localidad UABC-FCMM-PV 103.

iv) Mamíferos herbívoros

Los fósiles de mamíferos herbívoros corresponden a dos ordenes: Sirenia, representado por la especie *Metaxytherium arctodites* y Desmostylia, representado por dos especies, *Paleoparadoxiidae nov gen et sp* (Aranda-Manteca y Barnes en prep.) y *Desmostylus sp.*

Los sirenios colectados han sido cinco especímenes, dos de ellos corresponden a esqueletos parcialmente preservados y articulados, que representan el 2.14% del total de los mamíferos colectados. Los restos, han sido colectados principalmente en la localidad UABC-FCMM-PV 102, capa C (Tabla X, Fig. 31).

Los restos de desmostilidos son muy especiales, ya que se tiene el único ejemplar de un nuevo género y especie, el cual es un espécimen parcialmente preservado y que fue colectado en la localidad UABC-FCMM-PV 102, capa C (Tabla X, Fig. 31), al igual que los esqueletos articulados de sirenios, representa el 0.43% del total de la muestra de mamíferos.

Los restos de *Desmostylus* sp. corresponden a fragmentos de molares, de seis especímenes distintos, que representan el 2.57% de la muestra de mamíferos, colectados principalmente en la localidad UABC-FCMM-PV 102, capa C (Tabla X, Fig. 31).

v) Mamíferos terrestres

Se tienen solamente tres dientes de mamíferos terrestres, que corresponden a dos especímenes de los camélidos y representan el 0.85% de la muestra de mamíferos, son los únicos mamíferos terrestres colectados hasta la fecha en la Mesa La Misión, por sus características indican un ambiente diferente al de la asociación de fósiles marinos y el ambiente de depósito, lo que implica un notable transporte de las piezas por ríos hasta el depósito marino costero.

3.4 Comparación de los resultados de las técnicas de colecta.

Se observa que los restos más abundantes por unidad de volumen, son diferentes en ambas capas de las unidades muestreadas, en la localidad UABC-FCMM-PV 102, unidad C es la que muestra una mayor abundancia de dientes de rayas del género *Dasyatis* spp. y abundantes dientes de peces de la familia Labridae, así como vértebras y espinas de peces óseos. En cambio en la localidad UABC-FCMM-PV 103, capa G, no se observan *Dasyatis* spp. y los peces óseos son sumamente abundantes, sobre todo la familia Clupeidae y muy especialmente ocurren gran cantidad de vértebras, espinas y copros. (Tabla III).

Las rayas están presentes en ambas capas, representados principalmente por la familia Myliobatidae, sin embargo no se reportan los mismos géneros: en la localidad UABC-FCMM-PV 102, capa C están principalmente por *Rhinoptera* spp. y en la localidad UABC-FCMM-PV 103, capa G por *Aetomyleaus* sp. y *Pteromyleaus* sp. Estos son nuevos registros de taxa en La Misión (ver apéndice).

De las 32 especies de tiburones encontradas en las muestras de visu, con este tipo de muestreo y con sólo tres muestras por capa se reportan 15 especies, cerca del 50% del total. Lo que indica que los resultados de la muestra no alcanzan el valor mínimo necesario para reconocer la mayoría de las especies presentes en la asociación. En estas muestras los dientes de tiburón de tallas medias y grandes son escasos. Y es importante resaltar que especies de tiburones pequeños o con dientes muy pequeños sólo aparecen en esta muestra, como dientes de la familia Triakidae (Tabla III), que por su tamaño no habían sido observadas en los muestreos de visu.

Sin embargo estas observaciones, sobre el número de especies por unidad de volumen, permiten tener una mayor confianza en los datos obtenidos de visu, ya que estas colectas representan una muy importante acumulación de restos, una vez que fueron lavados por el agua de las lluvias y la remoción de sedimentos por el viento.

Es muy importante resaltar que algunas de las especies que fueron observadas en estas muestras son muy pequeñas y sólo al microscopio pueden ser observadas. Se recomienda hacer este tipo de muestreo para complementar las observaciones, pero para hacer una correlación de datos, será necesario hacer un mayor número de muestras tamizadas.

Haciendo la suposición que por cada 20 dm³ de sedimento, ocurre la preservación de 10 a 20 dientes de tiburones, podría derivar en que para obtener una cantidad de 11,040 dientes se tendrían que lavar aproximadamente entre 22,080 a 44,160 dm³ de sedimentos, o su equivalente de 1104 a 2208 cubetas de 20 dm³ cada una. Lo que demuestra que la colecta de Visu, es la más adecuada ya que representa una acumulación natural de los fósiles, debida al lavado por las lluvias y la acción

erosiva del viento. Esta permite tener un mayor número de datos y por tanto, se considera que tiene un mayor valor para las pruebas estadísticas.

3.5 TANATOCENOSIS POR LOCALIDADES

Los resultados corresponden a un esfuerzo de rescate paleontológico durante 14 años de colectas sistemáticas estacionales, comenzando desde 1985 hasta 1998. El esfuerzo de rescate paleontológico se centra en las localidades que mayor cantidad de fósiles reportaron, durante las primeras temporadas de trabajo, así como en la calidad de la preservación de los mismos, el estudio fue dirigido hacia cinco localidades distribuidas en La Mesa La Misión (Fig.5 y 15), UABC-FCMM-PV 101, 102, 103, 104 y 109. Ya que estas mostraron una mayor abundancia de restos preservados y muy buena calidad en la conservación. Se mantuvo un control estratigráfico estricto en cada una de las localidades para poder establecer diferencias o variaciones en las comunidades y reconocer así, los cambios en la composición de la comunidad y poblaciones, apoyados en los análisis estadísticos, tipo cluster multivariado, prueba Chi cuadrada, así como los índices de diversidad y abundancia, con el propósito de obtener el grado de similitud.

3.5.1 Número Mínimo de Individuos en la asociación

Los factores bioestratigráficos de desmembramiento y transporte no sólo afectan la condición individual de los fósiles y su enterramiento, sino también su número en la asociación fosilífera. Obviamente, la dificultad para determinar el contexto ecológico y tafonómico dentro del cual se formaron, donde reconocer el contexto puede depender del método de conteo. Para esto, Badgley (1986b) recomienda el Mínimo Número de Individuos (MNI), esta basado en la cuenta de los elementos más abundantes presentes en un lado del cuerpo o en la cuenta determinada de todas las partes esqueléticas presentes, es la mejor estimación del número verdadero de animales representados en una asociación.

En este caso se utiliza el MNI de dos formas, la primera para el caso de los tiburones de la Fauna La Misión, donde se utilizan como criterios para su calculo: observación detallada de la heterodoncia de cada género, utilizando la fórmula dentaria, se reconoce el número posible de dientes por posición, ya que cada especie tiene diferente número de dientes en cada posición, en caso de que el número de dientes es mayor a uno, de esta manera se hace posible la estandarización. El mayor número de dientes reconocidos para cada una de las posibles posiciones en la mandíbula entre el número de dientes por posición presentes en la muestra es un indicador del NMI. También es importante establecer que dientes de diferentes localidades se reconocen como diferentes individuos y dientes de distintos tamaños en la misma posición se reconocen como diferentes individuos, por que tienen diferente edad. El segundo método es usando huesos, se consideran todos los huesos articulados o muy cercanos como un individuo, así mismo por especie el mayor número de huesos iguales de la misma ubicación ósea, nos indica al número de individuos colectados. De esta manera la abundancia numérica puede ser un indicador de abundancia (Fürsich y Aberhan, 1990).

Los resultados del número Mínimo de individuos calculado se representan en la Tabla XII, donde se observa que los individuos más abundantes preservados, son las rayas del Género *Dasyatis*, las cuales representan el 11.27%, seguida de *Carcharhinus* sp 3 y *Carcharhinus* sp. 4, con 4.30% y 4.20% respectivamente, *Isurus hastalis* con 4.09% *Rhinoptera* con 3.99%, le siguen *Sphyræna barracuda* (3.89%), *Carcharhinus* sp.1 (3.69%), *Diodon* (3.69%), los atunes (3.58%), Sardinas (3.28%), *Isurus planus* (3.17%), *Trichiurus* (3.07%), *Aetobatus* (2.97 y 2.35%), *Calamus* (2.76%), *Isurus oxyrinchus* y *Aetomylæus* (2.35%), *Carcharhinus* sp2 (2.15%), *Galeocerdo aduncus* (2.04%), *Pteromylæus* (1.64%), *I retroflexus* (1.53%), *Galeocerdo contortus* (1.43%), Cetotheriidae (1.33%), *Hemipristis*, *Rhinobatos*, Albulidae y *Euthynnus* (1.23%), Kentriodontidae (1.12%), *Semicossyphus* y Cheloniidae (1.02%), las otras 57 especies tienen menos del uno por ciento de la muestra. El mayor número de individuos corresponde a un batoideo que en la actualidad es muy abundante en aguas templadas y subtropicales, de la zona arenosa costera.

Tabla XII.- Número Mínimo de individuos calculado y porcentaje por especie de los fósiles de la Fauna La Misión, reportados en la muestra de la Formación Rosarito Beach, Miembro Los Indios en las localidades de la Mesa La Misión, Baja California.

ESPECIE	LOC. 101	LOC. 102	LOC.103	LOC 104	LOC 109	TOTAL	%
<i>Hexanchus</i> sp.	0	1	0	0	0	1	0.10
<i>Heptranchias perlo</i>	0	1	0	1	0	2	0.20
<i>Echinorhinus blakei</i>	0	2	0	1	0	3	0.30
<i>Squalus serriculus</i>	0	0	5	0	0	5	0.50
<i>Isistius triangulus</i>	0	1	0	0	0	1	0.10
<i>Squatina subserata</i>	0	4	0	1	1	6	0.60
<i>Heterodontus</i> sp.	0	1	0	0	0	1	0.10
<i>Glynglimostoma</i> sp.	0	1	0	0	0	1	0.10
<i>Isurus oxyrinchus</i>	1	6	13	2	1	23	2.35
<i>Isurus hastalis</i>	1	4	32	2	1	40	4.09
<i>Isurus planus</i>	1	2	25	2	1	31	3.17
<i>Isurus retroflexus</i>	1	2	10	1	1	15	1.53
<i>Carcharocles megalodon</i>	0	2	3	0	0	5	0.50
<i>Carcharocles chubutensis</i>	1	2	4	0	0	7	0.71
<i>Parotodus benedeni</i>	1	0	0	0	0	1	0.10
<i>Alopias</i> spp.	1	5	1	2	0	9	0.92
<i>Cetorhinus</i> sp.	0	1	1	1	0	3	0.30
<i>Scyliorhinus</i> sp.	0	1	0	0	0	1	0.10
<i>Galeorhinus</i> sp.	0	1	0	0	0	1	0.10
<i>Mustelus</i> sp.	0	5	0	3	0	8	0.82
<i>Triakis</i> sp.	0	2	0	1	0	3	0.30
<i>Hemipristis serra</i>	0	7	3	2	0	12	1.23
<i>Carcharhinus</i> sp.1	1	24	4	6	1	36	3.69
<i>Carcharhinus</i> sp.2	1	3	13	3	1	21	2.15
<i>Carcharhinus</i> sp.3	1	26	5	8	2	42	4.30
<i>Carcharhinus</i> sp.4	1	28	4	6	2	41	4.20
<i>Galeocerdo aduncus</i>	1	9	7	2	1	20	2.04
<i>Galeocerdo contortus</i>	0	4	7	2	1	14	1.43
<i>Negaprion euribathrodon</i>	0	5	1	1	0	7	0.71
<i>Rhizoprionodon</i> sp.	0	3	1	1	0	5	0.50
<i>Sphyrma</i> spp.	0	4	1	1	1	7	0.71
<i>Rhinobatos</i> sp.	0	6	0	6	0	12	1.23
<i>Dasyatis</i> spp.	0	75	5	25	0	110	11.27
<i>Aetobatus arcautus</i>	1	8	2	3	0	14	1.43
<i>Aetobatus</i> sp.	0	3	22	3	1	29	2.97
<i>Aetomylaeus</i> sp.	1	3	16	2	1	23	2.35
<i>Myliobatis</i> spp.	1	3	0	3	0	7	0.71
<i>Pteromylaeus</i> sp.	1	4	8	3	1	16	1.64
<i>Rhinoptera</i>	4	20	3	10	2	39	3.99
<i>Mobula</i> sp.	0	0	1	0	0	1	0.10
<i>Acipenser</i> sp.	0	2	0	0	0	2	0.20
<i>Sardinops</i> sp.	2	20	3	7	0	32	3.28
<i>Ganolytes</i> sp.	0	3	4	2	0	9	0.92
Syngnathidae	0	0	2	0	0	2	0.20
Carangidae	0	2	0	0	0	2	0.20
<i>Stereolepis</i> sp.	0	0	3	0	0	3	0.30
Albulidae	0	7	0	5	0	12	1.23
Oplegnathidae	0	2	2	0	0	4	0.40

<i>Sphyraena barracuda</i>	1	25	5	6	1	38	3.89
<i>Trichiurus</i> sp.	1	12	1	15	1	30	3.07
<i>Calamus</i> sp.	1	23	1	2	0	27	2.76
<i>Semicossyphus</i> sp.	0	4	5	1	0	10	1.02
<i>Thysocles</i> sp.	0	1	2	0	0	3	0.30
<i>Scomberomorus</i> sp.	0	2	4	1	0	6	0.60
<i>Euthynnus</i> sp.	0	0	12	0	0	12	1.23
<i>Thunnus</i> sp.	1	4	25	5	0	35	3.58
Balistidae	0	2	3	0	0	5	0.50
<i>Diodon</i> sp.	0	15	10	11	0	36	3.69
Cheloniidae <i>nov. gen. et sp.</i>	0	2	7	0	1	10	1.02
Cheloniidae spp.	0	1	1	1	0	3	0.30
Caretinii (<i>Caretta</i>)	1	0	1	0	0	1	0.10
Dermodochelyidae	0	2	1	1	0	4	0.40
<i>Diomedea</i> sp.	0	0	1	0	0	1	0.10
<i>Puffinus inceptor</i>	0	2	0	0	0	2	0.20
<i>Puffinus</i> sp.	0	1	0	0	0	1	0.10
<i>Sula</i> sp.	0	0	1	1	0	2	0.20
<i>Morus vagabundus</i>	0	0	0	1	0	1	0.10
Kentriodontidae	1	2	5	2	1	11	1.12
<i>Kentriodon</i> sp.	0	0	2	0	0	2	0.20
<i>Liolithax kernensis</i>	0	0	1	0	0	1	0.10
<i>Lamprolithax</i> sp.	0	1	0	0	0	1	0.10
<i>Delphinodon</i> sp.	0	0	1	0	0	1	0.10
Phocoenidae	0	0	3	0	0	3	0.30
Physeteridae	0	0	0	1	0	1	0.10
<i>Thyphyocetus temblorensis</i>	0	0	3	0	0	3	0.30
Cetotheriidae sp.1	0	2	0	0	0	2	0.20
Cetotheriidae sp.2	0	0	1	0	0	1	0.10
Cetotheriidae spp.	1	3	7	2	0	13	1.33
Allodesminae	0	3	5	0	0	8	0.82
<i>Neotherium mirium</i>	0	0	1	0	0	1	0.10
<i>Metaxytherium arctodites</i>	0	4	1	0	0	5	0.50
<i>Paleoparadoxiidae nov. gen. et sp.</i>	0	1	0	0	0	1	0.10
<i>Desmostylus</i> sp.	1	2	1	0	0	4	0.40
Artiodactyla	1	1	0	0	0	2	0.20
Total						976	

3.5.2 Indicadores numéricos de la Diversidad

El concepto de diversidad, puede ser expresado como la distribución de observaciones en categorías, utilizando índices que representan medidas de dispersión y variabilidad. Se relaciona con un modelo de amplia distribución, alta diversidad con muchas categorías y baja diversidad con pocas (Zar, 1999).

La Riqueza (S) puede ser considerada una medida de la diversidad y es igual al número de especies o taxa (Tabla XIII). La riqueza depende del tamaño de la muestra (Dodd y Stanton, 1984). La abundancia relativa o importancia del taxa en una muestra esta descrito en términos de la dominancia, igualdad y equitatividad, que son índices numéricos que representan una medida de la uniformidad de la abundancia.

i) Índice de Dominancia H (Shannon, 1948)

$$H' = - \sum p_i \log p_i$$

donde p_i , es la proporción de las observaciones encontradas por categoría i . $p_i = n_i / N$; donde n_i es el número de observaciones en la categoría i y N es el tamaño de la muestra.

Este índice prueba la hipótesis de igual abundancia en la i categoría y está afectado por la distribución de los datos y por el número de categorías, teóricamente, la máxima diversidad de los datos con i categorías es: $H_{\max} = \log i$ (Zar, 1999).

ii) Índice de Equitatividad de Shannon (Dodd y Stanton, 1981)

Este indice se deduce del anterior y es un buen indicador de la uniformidad (homogeneidad) en el número de individuos por especie, esta definido por:

$$e = H / \log S$$

donde e es la equitatividad, H el índice de Shannon –Weaver y S es el número total de

especies en la muestra. De aquí se puede derivar el índice de heterogeneidad al realizar la sustracción: $1 - e = J$, que es un indicador de la dominancia.

iii) Índice de Dominancia de Simpson (Peet, 1974)

Este índice relaciona la distribución de frecuencias del tamaño de la población con el tamaño de la muestra, está definido por:

$$C = (n_i / N)^2$$

Donde: C es la dominancia, n_i el número de individuos de la i ésima especie y N es el número de individuos de todas las especies de la muestra.

iv) Índice de Diversidad de Simpson (Valentine, 1983)

Este índice es relativamente sensible a la presencia de especies raras, por lo tanto, es relativamente insensible al tamaño de la muestra, pero si contiene la relación de frecuencias del tamaño de la población con el tamaño e la muestra. Está definido por:

$$I = n_i (n_i - 1) / N (N - 1)$$

Donde: I es la dominancia, n_i es el número de individuos de la i ésima especie y N es el número total de individuos de todas las especies de la muestra.

3.5.2.1 Valor de los índices

Como se observa en la Tabla XIII, Fig. 32, cada uno de los diferentes índices revela información que describe en forma numérica la diversidad por localidad de colecta. Para el índice Sahnnon-Weaver, se tiene que la localidad UABC-FCMM-PV 103 es la presenta el mayor valor, reflejando que esta localidad es la que tiene un mayor número de especies igualmente abundantes. Para el índice de Equitatividad (e), se

Tabla XIII.- Presenta los valores de índices de diversidad, aplicados a los resultados de la colecta de vertebrados en las localidades UABC-FCMM-PV 101, 102, 103, 104 y 109, de la Formación Rosarito Beach, Miembro Los Indios en la Mesa La Misión, Baja California.

Índice Localidad	Riqueza S	Dominancia Shannon	Shannon - Weaver	Heterogeneidad Shannon	Dominancia Simpson	Diversidad Simpson
101	27	0.0259	1.3942	0.9740	0.0492	0.0150
102	65	0.4313	1.4976	0.5686	0.0568	0.0483
103	59	0.1488	1.5431	0.8511	0.0392	0.0386
104	46	0.1223	1.4594	0.8776	0.0516	0.0473
109	20	0.0137	1.2832	0.9862	0.0604	0.0118

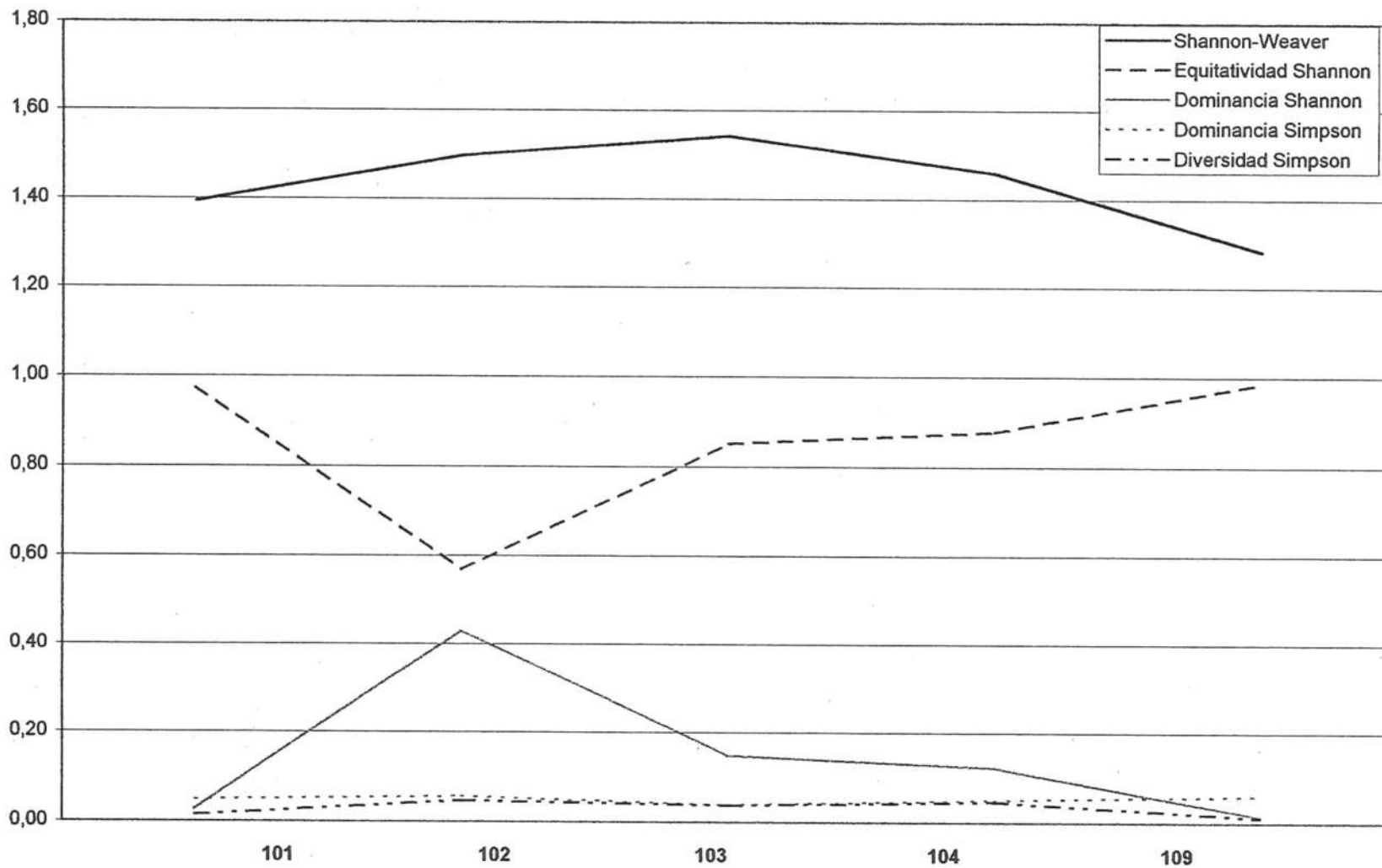


Figura 32.- Valores de los índices o indicadores numéricos de la diversidad, equitatividad y dominancia por localidad.

observa que las localidades UABC-FCMM-PV 101 y 109 presentan valores cercanos a uno, lo que indica que todas las especies son igualmente abundantes, estas localidades muestran una gran cantidad de especies con un solo individuo; las localidades UABC-FCMM-PV 103 y 104, muestran valores altos y el valor más bajo corresponde a la localidad UABC-FCMM-PV 102, lo que indica que existe dominancia, corroborada por el índice de dominancia de Shannon, donde la localidad UABC-FCMM-PV 102 presenta el valor más alto. Para el índice de dominancia de Simpson, se observa que la localidad UABC-FCMM-PV 103 presenta el valor más bajo y las demás localidades presentan valores cercanos entre sí. Para el índice de diversidad de Simpson, se observa que la mayor diversidad se encuentra en las estaciones UABC-FCMM-PV 102 y 104, siendo los valores más bajos para las localidades UABC-FCMM-PV 101 y 109.

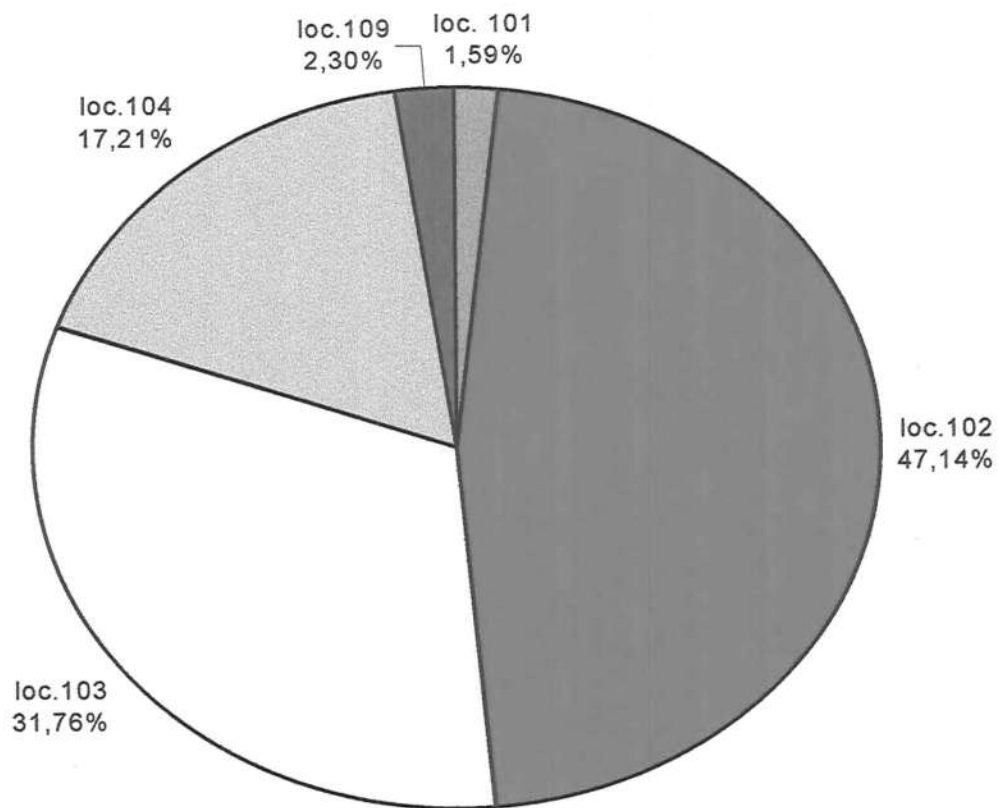
3.5.2.2 Variación en la frecuencia de las especies en la muestra por localidad

Para entender cuales son las diferencias que nos muestran los índices de diversidad y dominancia, se discuten las diferencias entre las especies de los grupos de vertebrados para cada localidad.

La localidad UABC-FCMM-PV 102 es en la que más restos se colectaron con 10,344 piezas, que representan el 47.67% de la muestra total (Tabla IV, Fig. 33). En esta localidad se han reconocido, al menos, 67 especies de vertebrados, 30 de tiburones, ocho de rayas, 15 de peces óseos, tres de tortugas marinas, dos de aves y nueve de mamíferos (Tabla IV).

En la localidad UABC-FCMM-PV 103 se colectaron 6822 piezas que corresponden al 31.44% de la muestra total. Se han reconocido, al menos, 59 especies de vertebrados, 20 de tiburones, seis de rayas, 15 de peces óseos, cuatro de tortugas marinas, dos de aves y 12 de mamíferos (Tablas IV y XIV, Figs. 33 y 34).

En la localidad UABC-FCMM-PV 104 se colectaron 3697 restos que equivalen al 17.04%, de la muestra total. Se han reconocido, al menos, 47 especies de vertebrados,



Por ciento de la muestra por localidad

Figura 33.- Diagrama de pastel del por ciento de la muestra de fósiles colectados por localidad en la Formación Rosarito Beach, Miembro Los Indios en la Mesa La Misión, Baja California.

Tabla XIV.- Número de especies presentes en las localidades UABC-FCMM-PV de colecta.

	Loc.101	Loc.102	Loc.103	Loc.104	Loc. 109	Total
Tiburones	14	30	20	22	16	32
Rayas	5	8	6	8	5	9
Peces óseos	5	15	15	10	2	18
Tortugas marinas	1	3	4	2	1	4
Aves	1	2	2	2	0	4
Mamíferos	4	9	12	3	2	17
Total	28	67	59	47	17	84

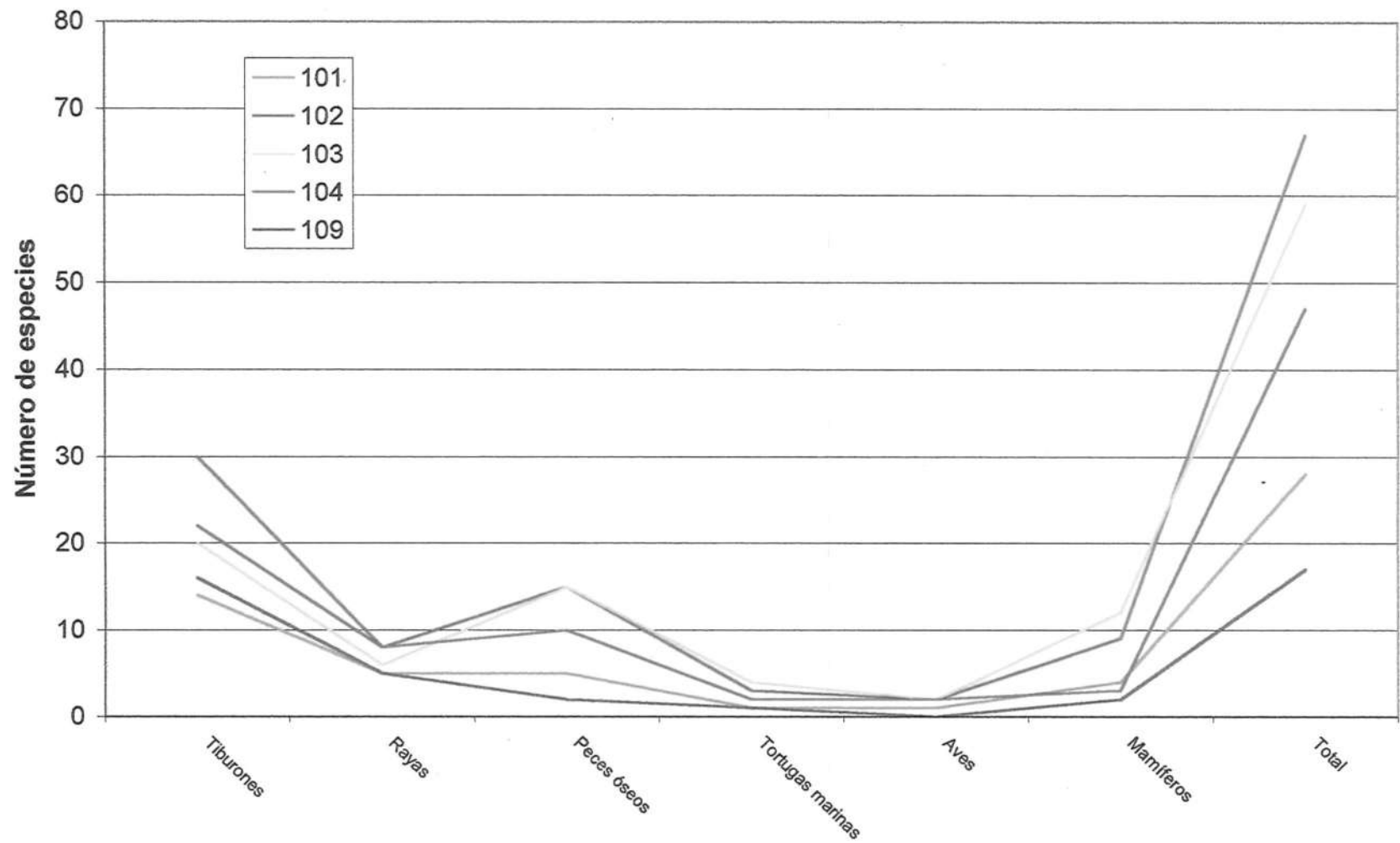


Figura 34.- Número de especies de tiburones, rayas, peces óseos, tortugas marinas, aves y mamíferos por localidad.

22 de tiburones, ocho de rayas, 10 de peces óseos, dos de tortugas marinas, dos de aves y tres de mamíferos (Tablas IV y XIV, Figs. 33 y 34).

En la localidad UABC-FCMM-PV 109 se tienen 496 piezas colectadas que son el 2.28% de la muestra total. Se han reconocido, al menos, 26 especies de vertebrados, 16 de tiburones, cinco de rayas, dos de peces óseos, una de tortugas marinas, ninguna de aves y dos de mamíferos (Tablas IV y XIV, Figs. 33 y 34).

En la localidad UABC-FCMM-PV 101 con 341 piezas colectadas que corresponden al 1.57% de la muestra total. Se han reconocido, al menos, 28 especies de vertebrados, 14 de tiburones, cinco de rayas, cinco de peces óseos, una de tortugas marinas, una de aves y cuatro de mamíferos (Tablas IV y XIV, Figs. 33 y 34).

3.5.3 Descriptores gráficos

i) Curvas de K-Dominancia

Para entender cual es la estructura de la comunidad en términos del número y la forma en como se encuentra distribuida la abundancia se usan las curvas de K-dominancia (Lambshhead *et al*, 1983), las cuales usan en el grafico el orden de abundancia de las especies presentes en la asociación y su porcentaje relativo acumulativo; Este método es usando para comparar la diversidad o equitatividad de las asociaciones cuando sus curvas no se interceptan. Como se observa en la Fig. 35 las únicas curvas que no se interceptan son las de las localidades UABC-FCMM-PV 103 y 104, las cuales si pueden ser comparadas en términos de diversidad. Por esto se observa que la localidad UABC-FCMM-PV 103 presenta una mayor diversidad que la 102, esto representa un gradiente de diversidad.

Entre las localidades UABC-FCMM-PV 103 y 104, se puede observar un gradiente de diversidad, que puede ser relacionado con la riqueza la localidad UABC-FCMM-PV 103 presenta 59 especies y la localidad UABC-FCMM-PV 104 presenta 47.

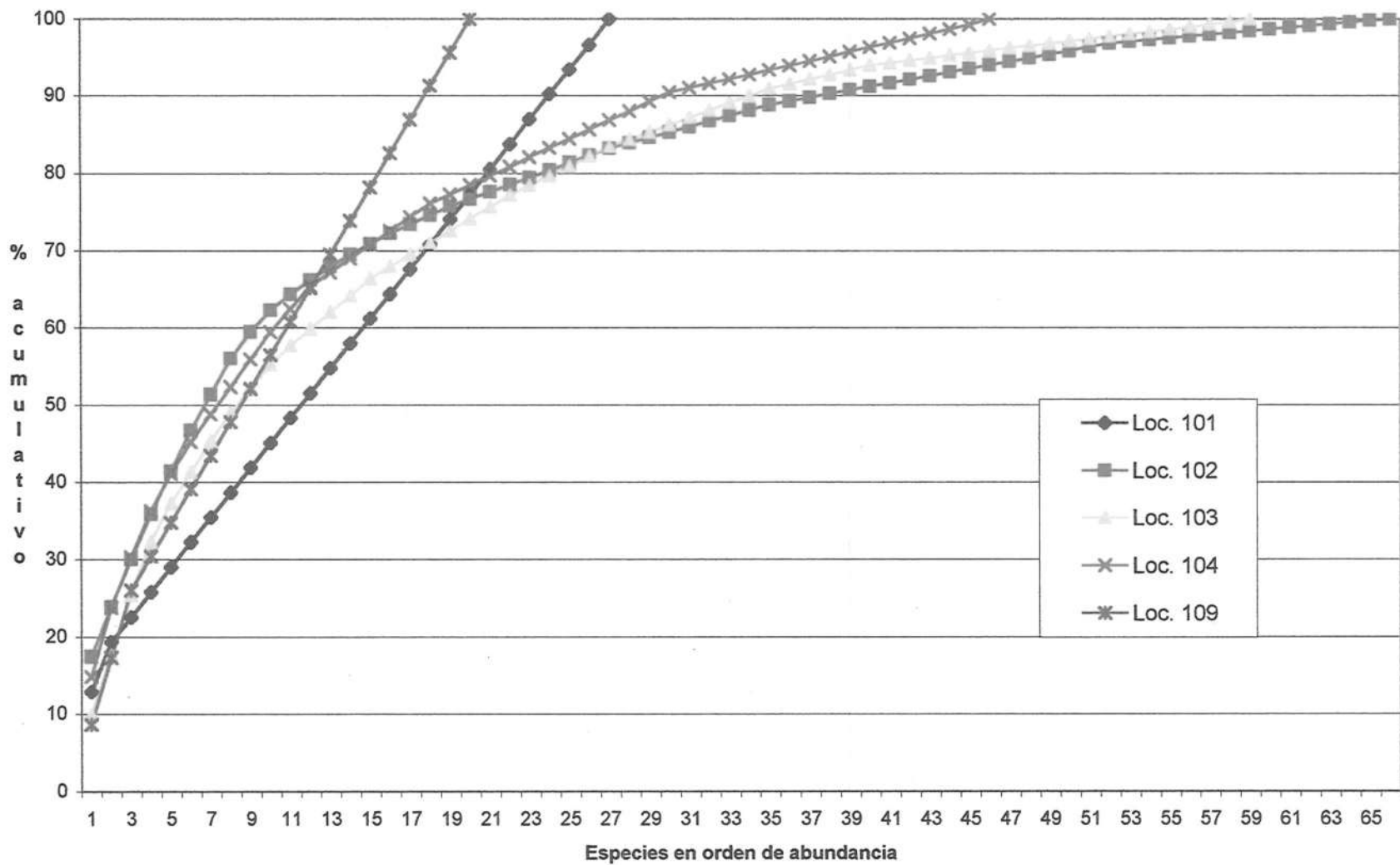


Figura 35.- Curvas de porcentaje acumulativo de especies en orden de abundancia para cada una de las localidades UABC-FCMM-PV, en la Mesa La Misión.

Ambas localidades tienen equitatividad similar, ya que pocas especies tienen una dominancia sobre la muestra.

ii) Curvas de rarefacción

Para la aplicación de este método empírico se graficó el número de individuos por especie contra el número acumulativo de especies, para comparar la diversidad de especies entre las localidades que representan ambientes similares, se asume que es independiente del tamaño de la muestra. Relaciona la hipótesis que en ambientes con un rigor ambiental bajo, se presentan un número mayor de especies, en cambio para un rigor ambiental alto, el número de especies es bajo (Sanders, 1968).

Se observa que en todas las localidades (Fig. 36) existe un gran número de especies con pocos individuos, para la localidad UABC-FCMM-PV 101 y 109, casi todas las especies tienen pocos individuos, lo que indica alta equitatividad, en cambio las localidades UABC-FCMM-PV 102, 103 y 104, presentan muchas especies con pocos individuos y pocas especies con muchos individuos, lo que nos indica una dominancia.

El ambiente de acuerdo con la gráfica es un ambiente que presenta un gran número de especies por lo que se puede considerar como que presenta un bajo rigor ambiental. La diversidad gran puede ser evidencia de una estabilidad del ambiente.

3.5.4 Variación de especies entre localidades

En las Tablas IV y XIV, Figs. 33, 34 y 37, muestran las diferencias en el número y la cantidad de las especies vertebrados colectados en las cinco localidades de colecta. Se desglosan cada una de las comparaciones entre localidades para ampliar las posibilidades de discusión.

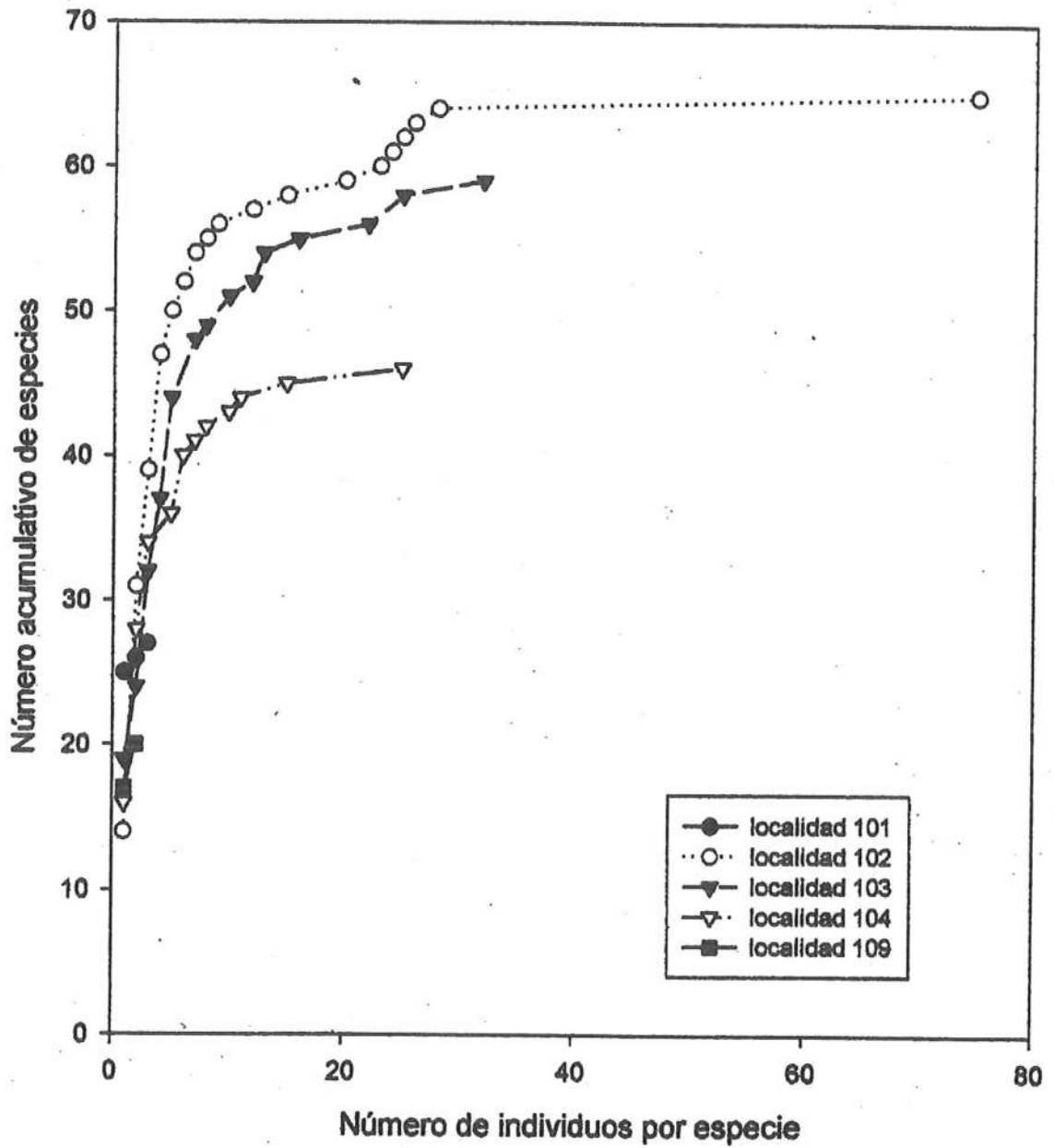


Figura 36.- Curvas de rarefacción, gráfica binaria entre el número de individuos por especie contra el número de especies de vertebrados fósiles de las localidades UABC-FCMM-PV 101, 102, 103, 104 y 109 de la Mesa La Misión.

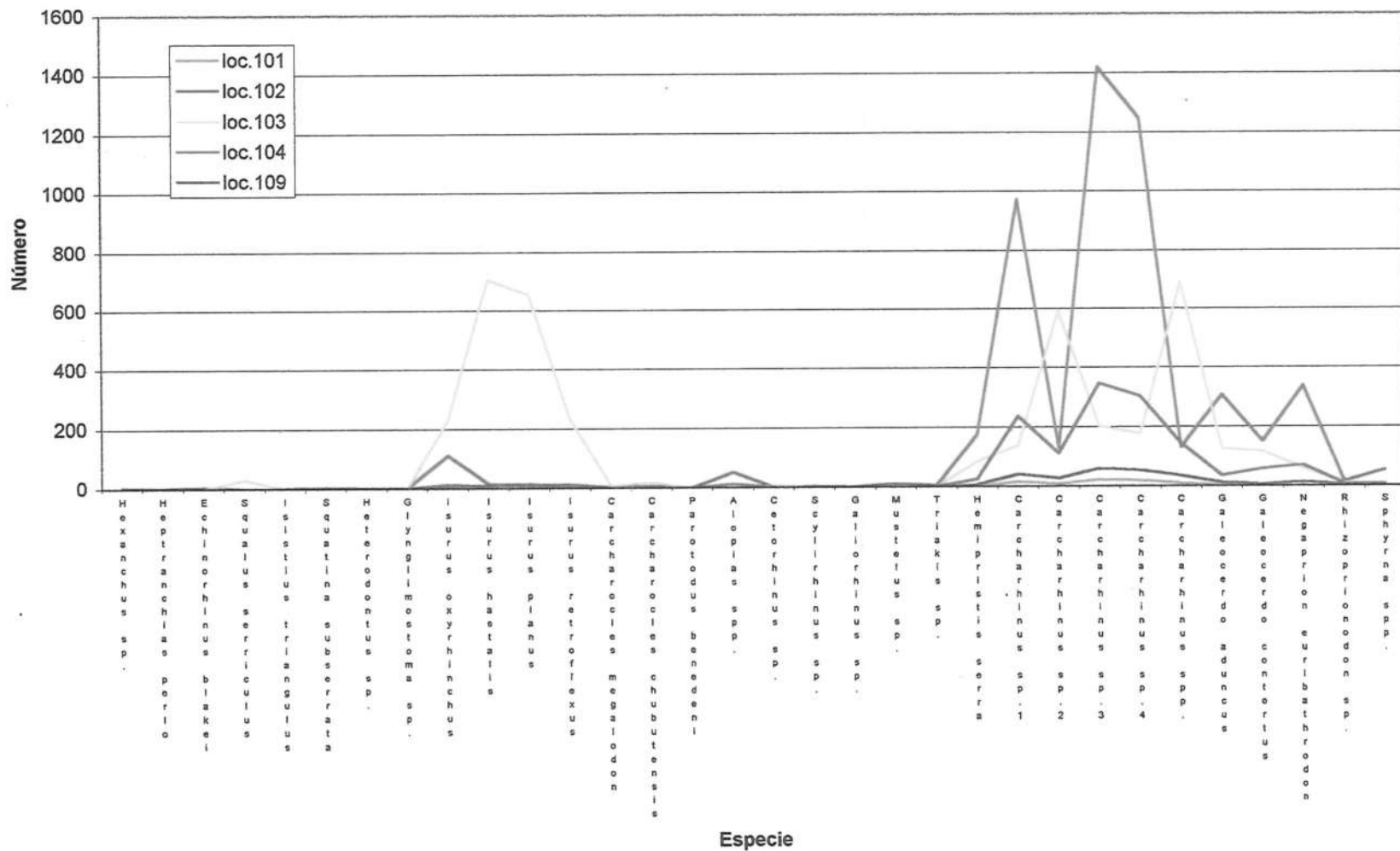


Figura 37.- Número de piezas por especie de tiburones fósiles colectadas por localidad UABC-FCMM-PV, en la Formación Rosarito Beach, Miembro Los Indios, en La Mesa La Misión, Baja California.

i) Comparación en la frecuencia de colecta de especies entre las localidades UABC-FCMM-PV 101-102.

Se reconocen para la localidad UABC-FCMM-PV 101, un total 28 spp. y para la localidad UABC-FCMM-PV 102, un total de 67. Esta es una gran diferencia, ya que se han colectado más del doble de especies en total, con 14 a 30 especies tiburones, 5 a 8 de rayas, 5 a 15 de peces óseos, 1 a 3 de tortugas, 1 a 2 de aves y 4 a 9 de mamíferos (Tablas IV y XIV, Figs. 33, 34 y 37). Las especies más frecuentemente colectadas en la muestra han sido colectadas en la localidad UABC-FCMM-PV 101, como las especies de las familias Lamnidae y Carcharhinidae, en particular los géneros *Isurus*, *Carcharhinus* y *Galeocerdo*. De 29 especies comunes, sólo una especie se encuentra en 101 y no se encuentra en 102 (*Parotodus benedeni*); 40 especies sólo se encuentran en la localidad UABC-FCMM-PV 102 y no se han colectado en la localidad UABC-FCMM-PV 101. además 14 especies reportadas no se encuentran en ninguna de las dos localidades (Tablas IV y XIV, Figs. 33, 34 y 37).

ii) Comparación en la frecuencia de colecta de especies entre las localidades UABC-FCMM-PV 101-103.

Para la localidad UABC-FCMM-PV 103 se tienen 59 especies reportadas, casi el doble que en la localidad UABC-FCMM-PV 101 (Tablas IV y XIV, Figs. 33, 34 y 37). Entre ambas se tienen 28 especies comunes, sólo dos especies diferentes la ya mencionada especie de tiburón y una especie de camélido, 35 especies que sólo se reportan para la localidad UABC-FCMM-PV 103 y 19 especies que no son reportadas para ambas localidades del total de la muestra. La variación por grupos es: 14 a 20 de tiburones, de 5 a 6 de rayas, 5 a 15 de peces óseos, de 1 a 4 de tortugas, de 1 a 2 de aves y de 4 a 12 de mamíferos. Al igual que la comparación anterior comparte principalmente las especies más frecuentemente colectadas en la muestra de las familias Lamnidae y Carcharhinidae (Tablas IV y XIV, Figs. 33, 34 y 37).

iii) Comparación en la frecuencia de colecta de especies entre las localidades UABC-FCMM-PV 101-104.

Para la localidad UABC-FCMM-PV 104 se reportan 47 especies, la variación consiste en: de 14 a 22 especies de tiburones, de 5 a 8 de rayas, de 5 a 10 de peces, de 1 a 2 de tortugas, de 1 a 2 de aves y de 4 a 3 de mamíferos (Tablas IV y XIV, Figs. 33, 34 y 37). Las especies de tiburones de las familias Lamnidae y Carcharhinidae son compartidas, en esta localidad UABC-FCMM-PV 104 se reporta un menor número de especies de mamíferos. Comparten 26 especies, cinco sólo se reportan para 101 y 23 exclusivas para la localidad UABC-FCMM-PV 104, además 30 especies del total de la colecta no se han colectado en ambas localidades.

iv) Comparación en la frecuencia de colecta de especies entre las localidades UABC-FCMM-PV 101-109.

La localidad UABC-FCMM-PV 109 es la que menor número de especies ha reportado sólo 17. Sin embargo, se han colectado más especie de tiburones en la localidad UABC-FCMM-PV 109 que en la 101, de 14 a 16, de rayas de 5 a 5, de peces óseos de 5 a 2, de tortugas de 1 a 1, de aves de 1 a 0 y mamíferos de 4 a 2 (Tablas IV y XIV, Figs. 33, 34 y 37). Se reconocen 19 especies comunes, los ya mencionados tiburones, ocurren siete especies que sólo se reportan para 109, 11 que sólo ocurren en 104 y 47 que no se reportan para ninguna de las dos localidades en cuestión.

v) Comparación en la frecuencia de colecta de especies entre las localidades UABC-FCMM-PV 102-103.

En la localidad UABC-FCMM-PV 102 es donde un mayor número de especies ha sido colectado, 67 especies, aunque la localidad UABC-FCMM-PV 103 es la segunda en número de especies colectadas, con 59 especies. Comparten un total de 44 especies comunes, 17 sólo se encuentran en 103 y 23 sólo en la localidad UABC-

FCMM-PV 102, en conjunto representan el total de la muestra, ya que todas las especies colectadas se encuentran reportadas en estas dos localidades. En general, *Hemipristis serra*, *Carcharhinus* spp., *Galeocerdo* spp. y *Negaprion eurybathodon* son más frecuentemente colectados que en la localidad UABC-FCMM-PV 102 (Tablas IV y XIV, Figs. 33, 34 y 37). En cambio las especies: *Isurus hastalis*, *Isurus planus*, *Isurus oxyrinchus* e *Isurus retroflexus* son más frecuentemente colectadas que en la localidad UABC-FCMM-PV 103. Con esto se observan dos gradientes inversos en ambos casos, cuando una especie aumenta en una localidad disminuye en la otra y viceversa.

vi) Comparación en la frecuencia de colecta de especies entre las localidades UABC-FCMM-PV 102-104.

La diferencia en número de especies entre ambas localidades es de 67 a 47. En las Tablas IV y XIV, Figs. 33, 34 y 37, muestran las diferencias en la colecta de las especies entre las localidades UABC-FCMM-PV 102-104, que son muy pocas, comparten 46 especies, sólo tres se encuentran en la localidad UABC-FCMM-PV 104 y no se encuentran en 102, 23 especies se encuentran en 102 y no se encuentran en 104; y 12 especies no se reportan en estas localidades. En la localidad UABC-FCMM-PV 102: *Carcharhinus* spp., *Isurus oxyrinchus* y *Negaprion eurybathrodon* son más frecuentemente colectados que en la localidad UABC-FCMM-PV 104. Se observa un gradiente, a pesar de que la capa que aflora en la localidad 102 es la unidad C y la localidad 104 es la unidad D.

vii) Comparación en la frecuencia de colecta de especies entre las localidades UABC-FCMM-PV 102-109.

Existe una gran diferencia en la colecta de las localidades UABC-FCMM-PV 102 y 109, con 67 y 17 especies respectivamente, comparten 26 especies, 43 son reportadas sólo para la localidad UABC-FCMM-PV 102 y 15 no son reportadas para ambas. La muestra varía de 30 a 16 especies de tiburones, de rayas de 8 a 5, de peces óseos de 15 a 2, de tortugas de 2 a 1, de aves de 2 a 0 y de mamíferos de 9 a 2. Las

Tablas IV y XIV, Figs. 33, 34 y 37, las diferencias entre las especies de *Carcharhinus* spp. presentan un gradiente más amplio.

viii) Comparación en la frecuencia de colecta de especies entre las localidades UABC-FCMM-PV 103-104.

Ambas son localidades cercanas en el espacio pero diferentes en la estratigrafía. Varían de 59 a 47 especies en total, con 20 a 22 especies de tiburones, de 6 a 8 especies de rayas, de 15 a 10 especies de peces óseos, de 4 a 2 de tortugas, de 2 a 2 de aves y de 12 a 3 de mamíferos. Las Tablas IV y XIV, Figs. 33, 34 y 37, muestran las diferencias en frecuencia de colecta de las especies entre las localidades UABC-FCMM-PV 103-104, comparten 38 especies, 24 sólo se encuentran en la localidad 103, 10 sólo en la 104 y 12 de las especies reportadas en la colecta total no se reportan para estas localidades. En la localidad UABC-FCMM-PV 103 son más frecuentemente colectadas las especies: *Squalus serriculus* (especie exclusiva de esta localidad), *Carcharocles chubutensis*, *Isurus* spp. *Galeocerdo aduncus* y *Galeocerdo contortus* y son más frecuentemente colectadas en la localidad UABC-FCMM-PV 104: *Carcharhinus* spp., *Negaprion eurybathodon* y *Alopias superciliosus*.

ix) Comparación en la frecuencia de colecta de especies entre las localidades UABC-FCMM-PV 103-109.

La cantidad de especies colectadas varía de 59 a 17. Comparten 25 especies, 37 sólo se reportan para 103 y una para 109. Se reportan 20 a 16 especies de tiburones, de 6 a 5 de rayas, de 15 a 2 de peces óseos, de 4 a 1 de tortugas, de 2 a 0 de aves y de 12 a 2 de mamíferos. Tablas IV y XIV, Figs. 33, 34 y 37, muestran las diferencias en frecuencia de colecta de las especies entre las localidades UABC-FCMM-PV 103-109, en la localidad 103 las especies: *Isurus* spp., *Carcharhinus* spp., *Hemipristis serra*, *Negaprion eurybathodon* son más frecuentemente colectados en la localidad 109. Mostrando un amplio gradiente.

x) Comparación en la frecuencia de colecta de especies entre las localidades UABC-FCMM-PV 104-109.

Se observa una variación en la frecuencia de colectad de 47 a 17 especies en total. Comparten 25 especies, 23 sólo para 104 y una sola para 109. Las especies de tiburones van de 22 a 16, de rayas de 8 a 5, de peces óseos de 10 a 2, de tortugas de 2 a 1, de aves de 2 a 0 y de mamíferos de 3 a 2. Tablas IV y XIV, Figs. 33, 34 y 37, muestran las diferencias en colecta de las especies entre las localidades 104-109, las dos localidades son muy semejantes en composición y se observa un gradiente amplio en la abundancia de *Carcharhinus* spp.

Con esta descripción es posible tener un panorama más amplio y claro de las diferencias entre localidades, a continuación se procede a presentar discutir los resultados.

3.5.5 Índices de similitud entre localidades

Se realizó un análisis de agrupación tipo Cluster, utilizando el programa Statistica for Windows, para establecer la asociación entre localidades usando dos diferentes métodos. Primero utilizando la asociación simple y el porcentaje de discrepancia, se observa una menor discrepancia entre las localidades UABC-FCMM-PV 101 y 109, con 42%, las cuales se asocian con la localidad 104, con 55%, seguido de la localidad UABC-FCMM-PV 103, con 72% y por último la que mayor discrepancia presenta con respecto a las otras es la localidad UABC-FCMM-PV 102, con 77% (Fig. 38a). El segundo método consistió en utilizar la asociación simple y el método de 1-Pearson r, para establecer las relaciones especie por especie, se observa que las localidades UABC-FCMM-PV 102 y 104 son las que menor distancia de asociación presentan, con 8%, asociadas con la localidad UABC-FCMM-PV 109, con 9% y la localidad UABC-FCMM-PV 101, con 13%, la mayor diferencia se encuentra en la localidad UABC-FCMM-PV 103, con 59% (Fig. 38b).

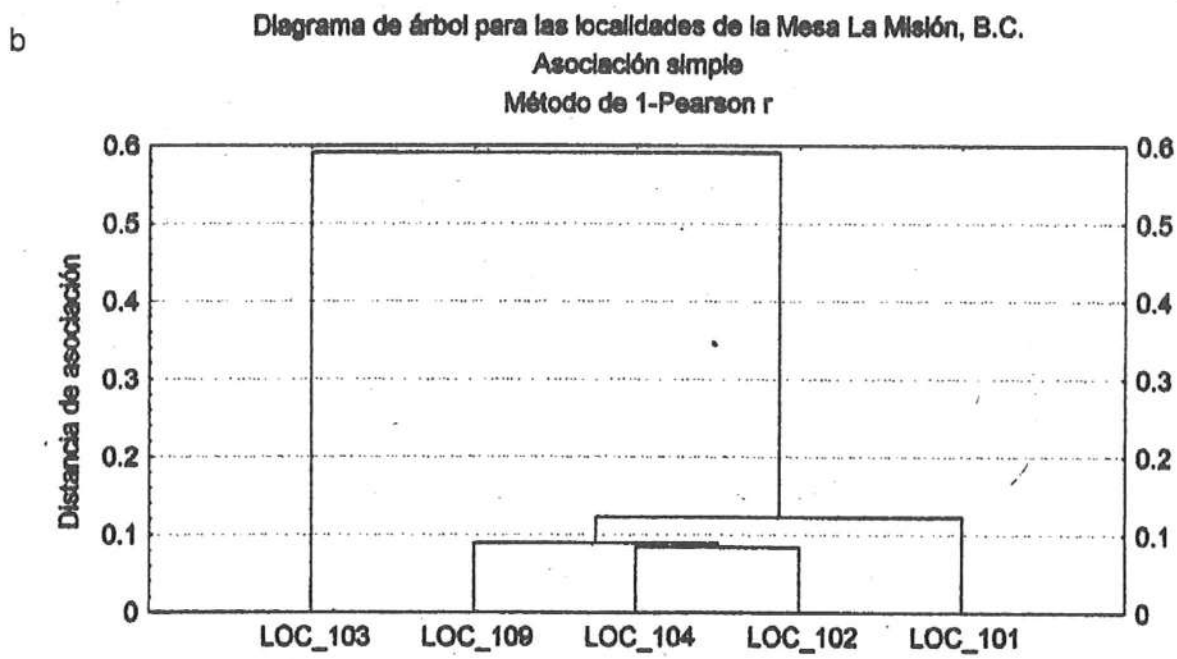
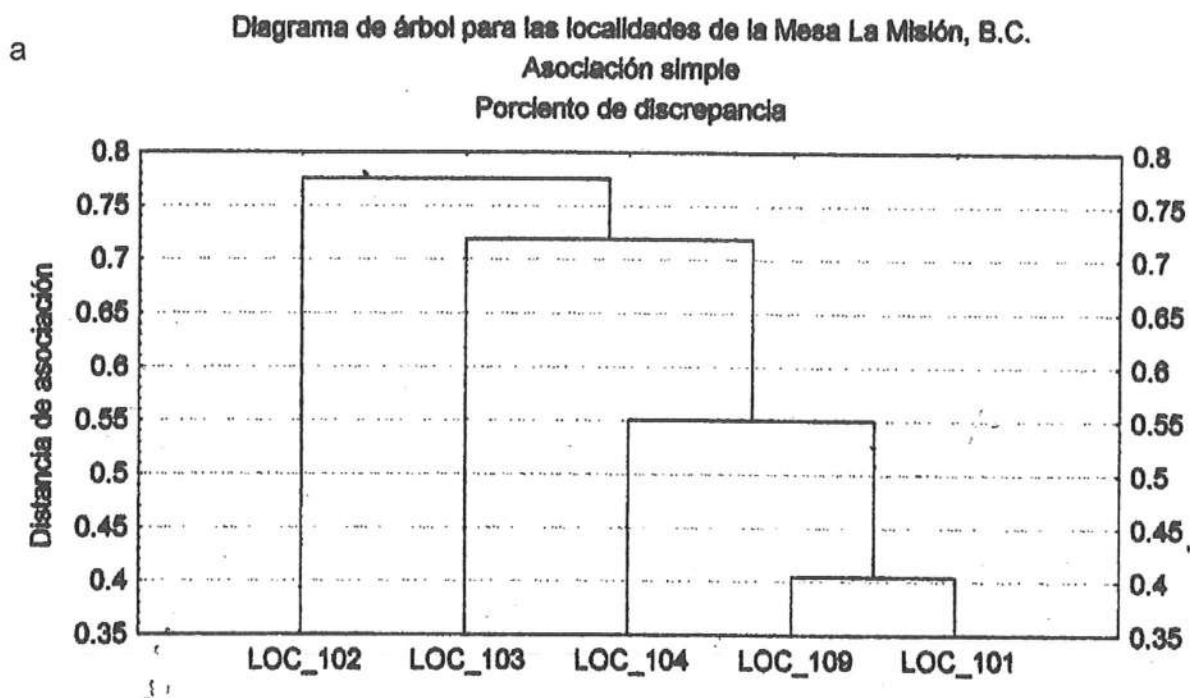


Figura 38.- Diagramas de árbol de agrupación por análisis multivariado, tipo cluster, de la asociación faunística por localidades en la Mesa La Misión, Baja California, a) asociación simple y porcentaje de discrepancia, b) asociación simple y método de Pearson.

También se compararon los resultados de las muestras por localidades utilizando el Índice cualitativo de Similitud de Sørensen (Brower y Zar, 1977), para establecer las relaciones entre el número de especies comunes y el número de especies por localidad, lo que permite medir las diferencias estructurales de la comunidad, expresadas en la presencia o ausencia de especies (Zizumbo, 1987), los resultados se presentan en la Tabla XV. Se observan dos agrupaciones la primera corresponde a la mayor similitud entre las localidades UABC-FCMM-PV 101 y 109, con 84%, seguida de la segunda asociación entre las localidades UABC-FCMM-PV 102 y 104, que muestran un índice de 80%, la localidad UABC-FCMM-PV 103 se asocia con las anteriores (102 y 104) con un 70% de similitud y las tres se asocian con un menor índice de similitud de 66% con las dos primeras (101 y 109) (Tabla XV).

Para reconocer diferencias estratigráficas se usó el Índice de Jaccard (Clifford y Stephenson, 1975), donde se utiliza el número de especies comunes en ambas localidades y la ausencia de especies en cada una de las localidades. Se observa que cuando se observa un valor negativo en el índice, indica que es mayor el número de especies comunes entre ambas localidades y si el valor es alto el número de especies las asociaciones son muy diferentes entre sí. El valor negativo más alto (-25.00) corresponde a la asociación entre las localidades UABC-FCMM-PV 104 y 109, formando un grupo aparte, debido a que la asociación entre las localidades UABC-FCMM-PV 102 y 103, se asocian negativamente (-11.00) formando otro grupo, ambos grupos se asocian entre sí, con un valor de -4.98 y por último, la localidad 101 se relaciona con ambos grupos con un valor de 0.06 (Tabla XV).

3.5.6 Análisis Estadístico

i) Tablas de Contingencia

Se realizaron tablas de contingencia de 2x2, utilizando la prueba de Chi cuadrada, para probar la H_0 (localidad 1 es independiente localidad 2), H_a (localidad 1 está asociada localidad 2).

Tabla XV.- Valores del índice de similitud de Sörensen, de Jaccard, prueba estadística de contingencia de chi cuadrada 2x2 e intensidad de asociación (tau b) entre las localidades UABC-FCMM-PV, de la Mesa La Misión.

	Índice de Sörensen	Índice de Jaccard	Chi cuadrada	Intensidad de Asociación
101-102	0.6105	2.6363	6.7109	2.18×10^{-4}
101-103	0.6436	3.5000	10.9717	2.48×10^{-4}
101-104	0.6933	13.0000	13.1832	2.36×10^{-4}
101-109	0.8444	-19.0000	22.8951	3.34×10^{-4}
102-103	0.6984	-11.0000	8.0362	2.44×10^{-4}
102-104	0.8070	-2.3000	11.5097	2.83×10^{-4}
102-109	0.6190	1.5294	8.4302	2.57×10^{-4}
103-104	0.7169	-9.5000	1.6627	9.16×10^{-5}
103-109	0.6578	1.9230	9.7253	2.37×10^{-4}
104-109	0.7812	-25.0000	23.3998	3.26×10^{-4}

	+	-	
+	a = Especies presentes en loc 1 y loc.2	b = Especies presentes sólo en loc.2	a + b
-	c = Especies presentes sólo en la loc. 1	d = Especies ausentes en ambas localidades	c + d
	a + c	b + d	N

Donde X^2 (Chi cuadrada) se define como:

$$N(ad-bc)^2 / (a+b)(c+d)(a+c)(b+d)$$

Utilizando una chi cuadrada crítica con 95% de confianza y un grado de libertad, se obtiene de las tablas la chi cuadrada crítica con un valor de 3.8415.

Los resultados se presentan en la Tabla XV, donde se observa que solamente el valor de la asociación 103-104 acepta como válida la hipótesis, es decir las variables son independientes (ver curvas de K-dominancia), en cambio las comparaciones 101-102, 101-103, 101-104, 101-109, 102-103, 102-104, 102-109, 103-109 y 104-109 rechazan la hipótesis, es decir que las variables están asociadas. Lo que indica la posibilidad de esperar encontrar gradientes entre las variables que permitan su interpretación en términos estadísticos.

ii) Intensidad de asociación

Las medidas de asociación tienen por objeto describir la intensidad con que se relacionan o asocian dos variables aleatorias; sabiendo que el valor de x^2 , resultante de aplicar la prueba X^2 para independencia, es una función el grado de asociación entre las dos variables, sin embargo aunque X^2 es un excelente medio para decidir sobre la significancia de la relación entre dos variables, no sirve por sí mismo como indicador del grado de asociación (Navarro-Fierro, 1988).

Es por lo anterior que se calculo la Prueba tau b de Kendall y la Phi cuadrada (Pearson, 1900), para establecer el grado o cantidad de varianza común entre ambas muestras o como la magnitud de varianza de una variable puede explicarse a través de la otra. Los resultados se muestran en la Tabla XV, donde se observa que la prueba tau b, todos los otros resultados son positivos y la menor intensidad de asociación se encuentra entre las localidades 103-104. Los resultados de Phi cuadrada son similares, debido a que la tabla es de 2x2.

3.7 Discusión

3.7.1 Frecuencia de colecta de la Familia Carcharhinidae

Para poder mostrar los resultados más sobresalientes de la muestra de colecta de manera independiente, se grafico el número de piezas colectadas por localidad por especie de la familia Carcharhinidae. Se observa que las especies del género *Carcharhinus* han sido las que más frecuentemente han sido colectadas y que esta familia es la más diversa de la muestra. Se puede observar un notable cambio en la frecuencia de colecta, el gradiente indica una variación en la presencia de las especies del género *Carcharhinus*, las especies, *Carcharhinus* sp.1, *Carcharhinus* sp.3, y *Carcharhinus* sp.4, son más frecuentes en las localidades UABC-FCMM-PV 102, 104 y 109, que en la localidad 103 donde son más frecuentes las *Carcharhinus* sp.2 y *Carcharhinus* spp. (Tablas IV y XII, Figs. 37 y 39).

3.7.2 Frecuencia de colecta de la Familia Lamnidae

Los resultados de la frecuencia de colecta de las especies de Lamnidos del género *Isurus*, presentan gradientes de mayor a menor número de especímenes colectados se observan para las cuatro especies: en las localidades UABC-FCMM-PV 103,102,109, 104 y 101 para las especies *Isurus hastalis* e *Isurus retroflexus*; en las localidades UABC-FCMM-PV 103, 104, 102, 109 y 101 para *Isurus planus*; en las localidades UABC-FCMM-PV 103, 102,104, 109 y 101 para *Isurus oxyrinchus*. (Tablas

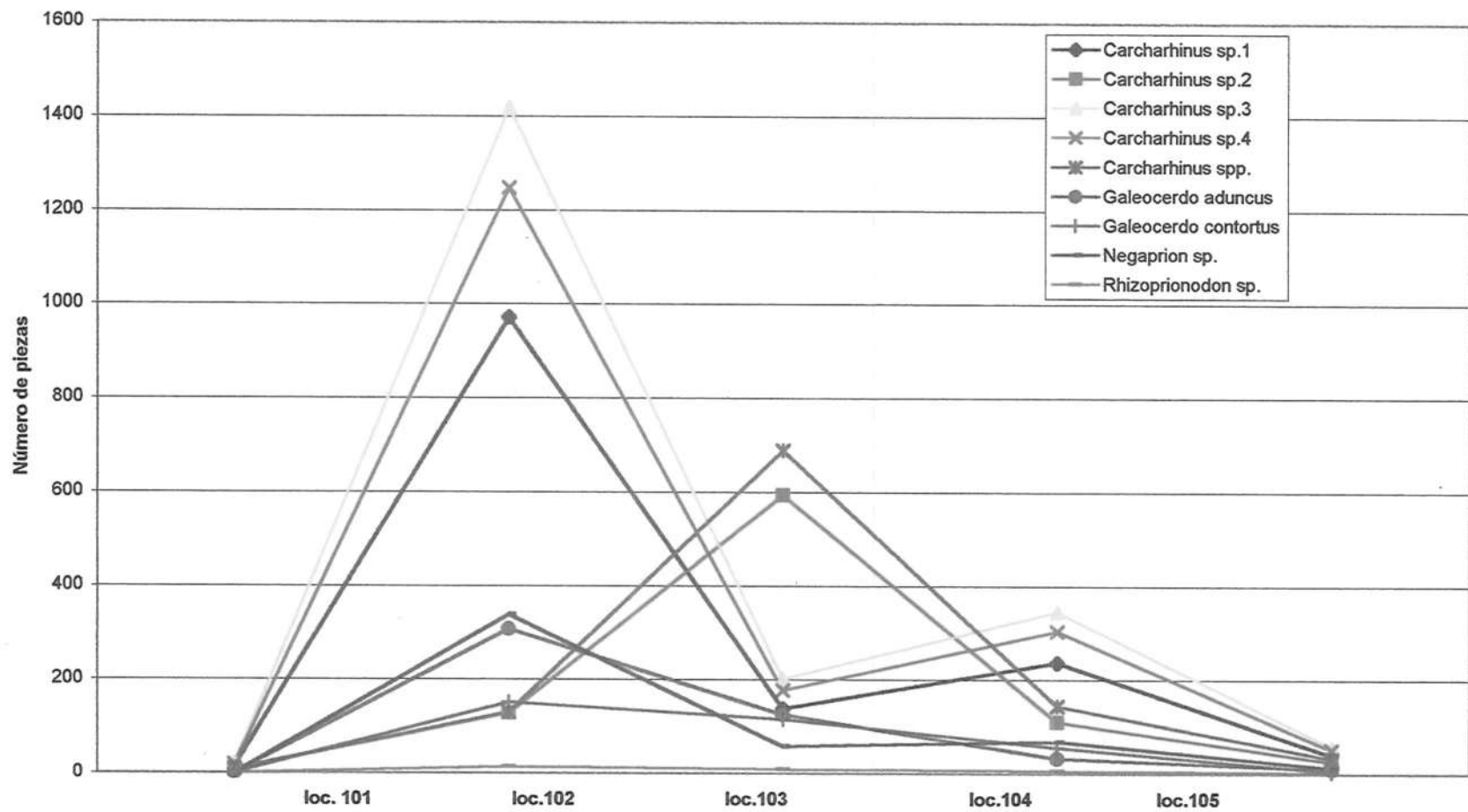


Figura 39.- Relación del número de piezas por localidad UABC-FCMM-PV de las especies de la familia Carcharhinidae.

IV y XII, Figs. 37 y 40).

Existen diferencias entre las especies de las localidades UABC-FCMM-PV 101, 102, 105 y 106, sin embargo las más notorias son con la localidad UABC-FCMM-PV 103. Los tiburones más frecuentemente colectados en las localidades UABC-FCMM-PV 101, 102, 105 y 106 fueron los carcharhinidos (Tablas IV y XI y Figs. 32, 33 y 35), particularmente el género *Carcharhinus*. En cambio en la localidad UABC-FCMM-PV 103, a familia más abundante fue Lamnidae, especialmente el género *Isurus*, es importante resaltar que en esta localidad también se encuentran presentes los carcharhinidos, lo que sugiere que existe una continuidad ambiental y es posible establecer una relación en forma de gradiente. De igual forma los lamnidos se encuentran presentes en las localidades donde domina *Carcharhinus*, es interesante mostrar que también se reconoce el gradiente, y el aumento en la abundancia en la localidad UABC-FCMM-PV 102 de la especie *Isurus oxyrinchus*, especie que actualmente habita los océanos templados y tropicales (Bigelow, 1948; Castro, 1980).

Estas diferencias nos permiten entender descriptivamente las variaciones en la frecuencia de colecta. Ya que claramente se puede observar que la muestra tiene un gran número de piezas, que tiene una gran cantidad de especies muy diversas, que se observa un sesgo en las características de la colecta y la muestra. Sin embargo, la calidad de la información que tiene la muestra permitirá posteriormente analizar el Número Mínimo de Individuos presentes en la muestra con el propósito de hacer un análisis paleoecológico, utilizando indicadores numéricos y ambientales de la asociación de restos fósiles.

3.8 Conclusiones

La Fauna Local de la Mesa La Misión, por sus características taxonómicas, dominada por depredadores, por tanto no representa a la biocenosis original. Se reconoce que el método de muestreo y los procesos involucrados en la fosilización provocaron un mega-sesgo en la muestra.

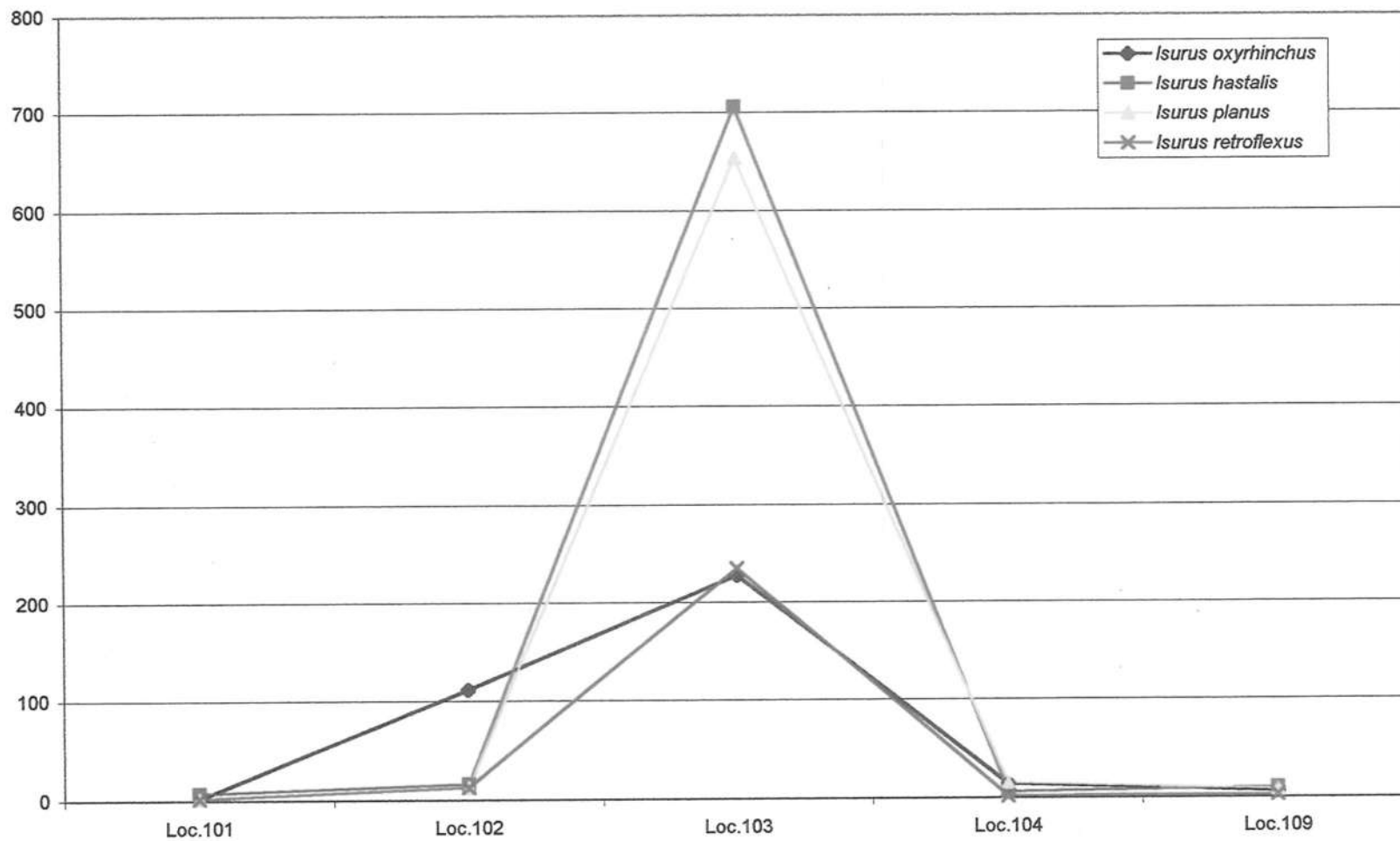


Figura 40.- Número de piezas por cada localidad UABC-FCMM-PV, para las especies del género *Isurus* de la familia Lamnidae.

La abundancia, calidad de la preservación, singularidad, la riqueza y la diversidad de especies de vertebrados marinos, coloca a la Fauna Local de la Mesa de La Misión como una de las más importantes en México.

El método de visu demostró que es eficiente, por que lleva implícito un proceso de acumulación natural de restos fósiles, debido a las lluvias y la erosión de los sedimentos.

Con base en las diferencias taxonómicas de la Fauna Local de La Mesa La Misión, se reconocen dos niveles estratigráficos, la unidad C, que presenta mayor dominancia y una menor heterogeneidad, en cambio la unidad G, muestra el mayor número de especies diferentes en la asociación fosilífera.

TAFONOMÍA

4.1 Asociación de muerte

El estudio de los procesos de muerte, desintegración y enterramiento de vertebrados marinos actuales es raro, existen solamente algunos autores como: Schäfer (1972) y Meyer (1991), la mayoría de los estudios han sido realizados en vertebrados terrestres (Cutler et al., 1999; Martín, 1999). Y los estudios sobre la concentración de fósiles han sido realizados para invertebrados, principalmente moluscos (Kidwell et al., 1986). La falta de estudios sobre los procesos tafonómicos en vertebrados marinos, resalta la importancia del presente estudio.

El proceso de transición de los restos orgánicos de la biosfera a la litosfera (Efremov, 1940; Martín, 1999) o proceso de fosilización desde la muerte a la diagénesis es la tafonomía. Todos los procesos bióticos y abióticos que permitieron la preservación y acumulación de restos en las capas sedimentarias de la Formación Rosarito Beach, Miembro Los Indios en la Mesa La Misión, Baja California, son inferidas a través del reconociendo de: 1) las condiciones en las que los sedimentos se depositaron (ver Estratigrafía) y como influyeron en la posición, dispersión y preservación de los fósiles y 2) la composición taxonómica de la comunidad (ver Taxonomía), así como su relación con las marcas de depredación que pueden observarse en los fósiles preservados.

Las partes duras de los organismos fueron las que pudieron ser preservadas como fósiles, principalmente huesos y dientes, por esto la historia de la tafonomía de la Fauna La Misión, comenzó con la muerte de organismos en condiciones naturales y/o la acumulación por pérdida de piezas dentarias de tiburones durante el proceso de alimentación de estos predadores y/o carroñeros. La preservación fue posible gracias a un sepultamiento relativamente rápido con materiales sedimentarios de grano fino, aunque se reconocen diferentes grados de desarticulación y alteración química de los fósiles, debidas a transportación, predación, carroñeros y/o disolución. Aunque estos

procesos causan la pérdida de información acerca de la abundancia de las especies, la diversidad y la estructura de la comunidad, el estudio de los elementos preservados sin importar cual sea su sesgo pueden ayudar a entender los diferentes aspectos del proceso que les permitió preservarse.

La acumulación y preservación de restos orgánicos ocurrió con el depósito de sedimentos y restos en un ambiente marino, semiprotégido, como una bahía o ensenada (Ashby, 1989; Aranda-Manteca, 1990, 1994), cuya fuente principal de sedimentos la forman los aparatos volcánicos de las islas que se encuentran al oeste del depósito (Minch, *et al.*, 1984). Que posteriormente cambio por condiciones de océano abierto, no protegido.

También, la acumulación y preservación pudieron estar asociadas a transporte de corta distancia ya que en algunos casos se encuentran organismos articulados (localidad UABC-FCMM-PV 102, unidad C), posteriormente fueron enterrados por un aporte significativo de piroclastos, tal vez resultado de una erupción volcánica, como lo muestran las secuencias sedimentarias donde se observan horizontes de pumicita. En otras unidades las capas presentan restos que están desarticulados y fragmentados (localidad UABC-FCMM-PV 103, unidad G), pero no disociados, en este caso, es posible pensar en transporte debido a corrientes costeras perpendiculares a la costa hasta el lugar del depósito y/o al efecto de las tormentas.

Debido a las características de las rocas volcánicas y de los piroclastos formadas por vidrios volcánicos de composición silíceo, se infiere que las condiciones del ambiente sedimentario son principalmente ácidas. Los piroclastos presentan un moderado grado de redondez, lo que apoya el retrabajamiento en la zona costera. Además la abundancia de sílice disuelta en el ambiente original puede ser comprobada por la presencia de capas laminadas en la secuencia sedimentaria, localidad UABC-FCMM-PV 103, unidades D, E y F, con abundantes restos diatomáceos, los cuales sus esqueletos no pueden ser disueltos rápidamente (Heath, 1974).

El enterramiento en algunos casos fue muy rápido, como los restos de esqueletos articulados, pero en otros casos se puede inferir que ocurrió poco después de la muerte, esto se infiere debido a la presencia de marcas de pastoreo de moluscos o cangrejos y de epibiontes, en huesos y dientes (ver tafofacie G).

4.1.1 Huesos

El tejido óseo está formado principalmente por fibras de colágena y carbonato de hidroxiapatita ($\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{OH}$) (Ozin, *et al.*, 1997), esta última fase (mineral e inorgánica) se encuentra en forma cristalina y ocupa cerca del 70% del peso seco total del tejido óseo. Para los huesos fosilizados de vertebrados de la Fauna La Misión, se realizaron nueve observaciones preliminares de su contenido mineralógico, las muestras de la localidad UABC-FCMM-PV 102, unidad C, están formadas 100% por hidroxiapatita (Tabla XVI), en cambio las de la localidad UABC-FCMM 103, unidad G, están constituidas por hidroxiapatita y cuarzo, estas diferencias en la composición mineralógica de los fósiles de diferentes localidades y capas indican diferencias químicas en el agua intersticial del ambiente de depósito.

Como se puede observar en la Tabla XVI, los restos de la localidad UABC-FCMM 102, unidad C tienen un 100% de hidroxiapatita, que refleja el material original del hueso, con muy buena cristalinidad, lo que indica condiciones estables del material, que fueron adquiridas durante el proceso de fosilización. En cambio, los huesos de la localidad 103G, muestran contenidos de cerca del 20% de cuarzo. Esta sustitución mineralógica se concibe como silicificación y puede ser resultado de un proceso de permineralización, petrificación o reemplazamiento durante la diagénesis del material óseo. En soluciones saturadas o cercanas al punto de saturación, el silicio existe en la forma de moléculas hidratadas de H_4SiO_4 , donde al ligarse con otra molécula, elimina el agua y forma sílice (SiO_2).

La fuente de sílice es muy variada e incluye origen volcánico, hidrotermal, detrital y biogénico (Carson, 1991). El polvo volcánico y la lava se intemperizan fácilmente en la

Tabla XVI.- Contenido mineralógico de restos óseos de la Fauna La Misión en la Mesa La Misión, Baja California (Heredia-Barbero y Bucio, com. personal, 2000).

Taxa	Localidad UABC-FCMM-PV	Contenido mineralógico	cristalinidad
Cetacea odontoceti Disco intervertebral	102C	100% hidroxiapatita	Muy buena
Cetacea mysticeti Fragmento craneal	102C	100% hidroxiapatita	Muy buena
Elasmobranchii Raíz dental	102C	100% hidroxiapatita	Muy buena
Batoidea Placa dentaria	102C	100% hidroxiapatita	Buena
Sirenia costilla	102C	100% hidroxiapatita	Muy buena
Cheloniidae Placa lateral	103G	74% hidroxiapatita 26% cuarzo	Buena
<i>Thunnus</i> sp. vertebra	103G	53% hidroxiapatita 24% anortita 23% cuarzo	Poco buena
Cetacea mysticeti mandíbula	103G	80% hidroxiapatita 20% cuarzo	Regular

columna de agua y probablemente proveen el sílice para la petrificación (Martín, 1999).

Otro aspecto que apoya la idea de un ambiente ácido es la evidencia de un proceso intenso de disolución del carbonato de calcio de las conchas de moluscos, que se observa en la secuencia sedimentaria (capas C2-102, D2INF105). El carbonato de calcio y el sílice actúan de manera inversa, si el pH se incrementa el sílice se disuelve y el carbonato de calcio se precipita (Carson, 1991). De esta manera se ha sugerido un mecanismo para la silicificación de fósiles calcáreos (como foraminíferos de la capa intermedia entre C3 y C4, localidad UABC-FCMM-PV 103), este cambio en el pH, puede ocurrir durante proceso de mezclas de aguas marinas y meteóricas en localidades costeras, cuando los fluidos están sobresaturados de sílice y insaturados de carbonato de calcio (Knauth, 1979). Este proceso también se asocia a la secuencia de capas claras y amarillas de las unidades C y D.

4.1.2 Autoctonia

Se reconocen abundantes restos de organismos autóctonos, es decir organismos que vivieron en o sobre el sedimento, como algunos moluscos que se encuentran en posición de vida en la unidad C; así como organismos paraautóctonos, que fueron removidos (desarticulados, reorientados, concentrados) de su posición original por bioturbadores, predadores o carroñeros, pero no fueron transportados a otra comunidad, como es el caso de los restos de rayas y moluscos de la unidad B; también se reconocen organismos alóctonos, organismos que provienen de ambientes diferentes al ambiente de depositación, como los dientes de tiburones, peces óseos, tortugas, aves y mamíferos.

4.1.3 Concentración y transporte

Con base en la estructura interna de preservación de la asociación, esta se reconoce como una concentración compleja, ya que presenta horizontes de restos articulados y desarticulados (Martín, 1999), y a la clasificación genética de la

asociación, es de tipo llamado sedimentológica, ya que es resultado principalmente de la concentración de partes duras por procesos hidráulicos (modelo III de Johnson, 1960), donde se reconoce el transporte dentro de la asociación de componentes alóctonos dentro de asociaciones autóctonas o paraautóctonas.

Una tafofacie consiste en una sección de rocas sedimentarias caracterizadas por la combinación particular de características preservacionales que contienen los fósiles (Brett y Speyer, 1990). Las tafofacies representan la información ganada o perdida en los gradientes ambientales y son de un tremendo valor predictivo para la interpretación ambiental (Speyer y Brett, 1988). Por lo tanto, es posible describir dos diferentes tafofacies o escenarios para la fosilización de la fauna preservada en la Mesa La Misión, donde se refleja la actividad diferencial de los procesos tafonómicos en diferentes tipos deposicionales, representados por la localidad UABC-FCMM-PV 102, unidades C y D y la localidad UABC-FCMM-PV 103, unidad G, los cuales se describirán por separado.

4.2 Localidad UABC-FCMM-PV 102, unidades C y D.

4.2.1 Esqueletos articulados

En las capas de estas unidades se han podido coleccionar restos articulados de organismos marinos costeros, como sirenios, desmostylidos y cetáceos, en el caso de los desmostylidos son autóctonos y alóctonos en el caso de cetáceos y mamíferos terrestres.

La mayor parte de peces grandes, reptiles y cetáceos después de su muerte sufren un proceso de descomposición debido a la fermentación. Muchos cadáveres se sumergen hasta el fondo, debido a la presión hidráulica que previene la refluotación y la misma presión evita la producción de gases (Martín, 1999). Para el caso de los sirenios este proceso se acentúa debido al grado de anquilosamiento de las costillas de este grupo presenta, de donde se infiere la tendencia de los restos de permanecer en el fondo.

Se reconoce que los dos esqueletos de sirenios presentan un excelente grado de articulación y un nivel muy bajo de transporte. El primero denominado espécimen UABC-FCMM-PV 3100, ha perdido sólo la mandíbula, las extremidades y se observa una falta esquelética de la región pélvica, por lo que su muerte puede ser atribuida a la presencia de depredadores (Fig. 41 y 42). De acuerdo con la Ley de la mandíbula (Martín, 1999), por la manera en como esta sujeta la mandíbula al cráneo, ésta es un elemento que muy fácil puede de perderse en los primeros estadios de la desarticulación. También las costillas de este espécimen se encuentran convergiendo a ambos lados de la columna vertebral (Martín, 1999), lo que indica un proceso de muy corta de desarticulación.

El segundo esqueleto, denominado UABC-FCMM-PV 3693, es un esqueleto de sirenio presenta características excepcionales en la preservación, el cráneo y mandíbula son las mejor preservadas del mundo (Aranda-Manteca *et al.*, 1994), contiene extremidades muy bien preservadas y se puede observar que sólo en la región caudal ocurrió una fractura de la columna vertebral, seguramente post mortem y los huesos se preservaron con una reorientación de las vértebras caudales, casi perpendiculares al resto del esqueleto (Fig. 43), lo que sugiere un ambiente costero donde la acción de las corrientes puede arrastrar parte del esqueleto.

El esqueleto de desmostylido, denominado UABC-FCMM-PV 2013, presenta un grado un mayor de desarticulación que los esqueletos de los sirenios. Toots (1965) encontró que la movilidad relativa del cráneo con el atlas promueve la separación de este del resto del esqueleto. En este caso, se observa la separación del cráneo y mandíbula en fragmentos, así como la fragmentación de ambos. La ausencia de vértebras y falanges, sugiere que este organismo fue atacado por carroñeros. El cadáver se encuentra sobre una capa de sedimentos amarillenta, asociada con la influencia de agua continental, repleta de moldes de almejas tipo navaja (*Tagelus* sp.), que se encuentran articuladas pero no en posición de vida.



Figura 41.- Esqueleto articulado de sirenio hembra, UABC-FCMM-PV 3100, *Metaxytherium arctodites*, paratipo, localidad UABC-FCMM-PV 102, unidad C, Formación Rosarito Beach, Miembro Los Indios en la Mesa La Misión, Baja California.

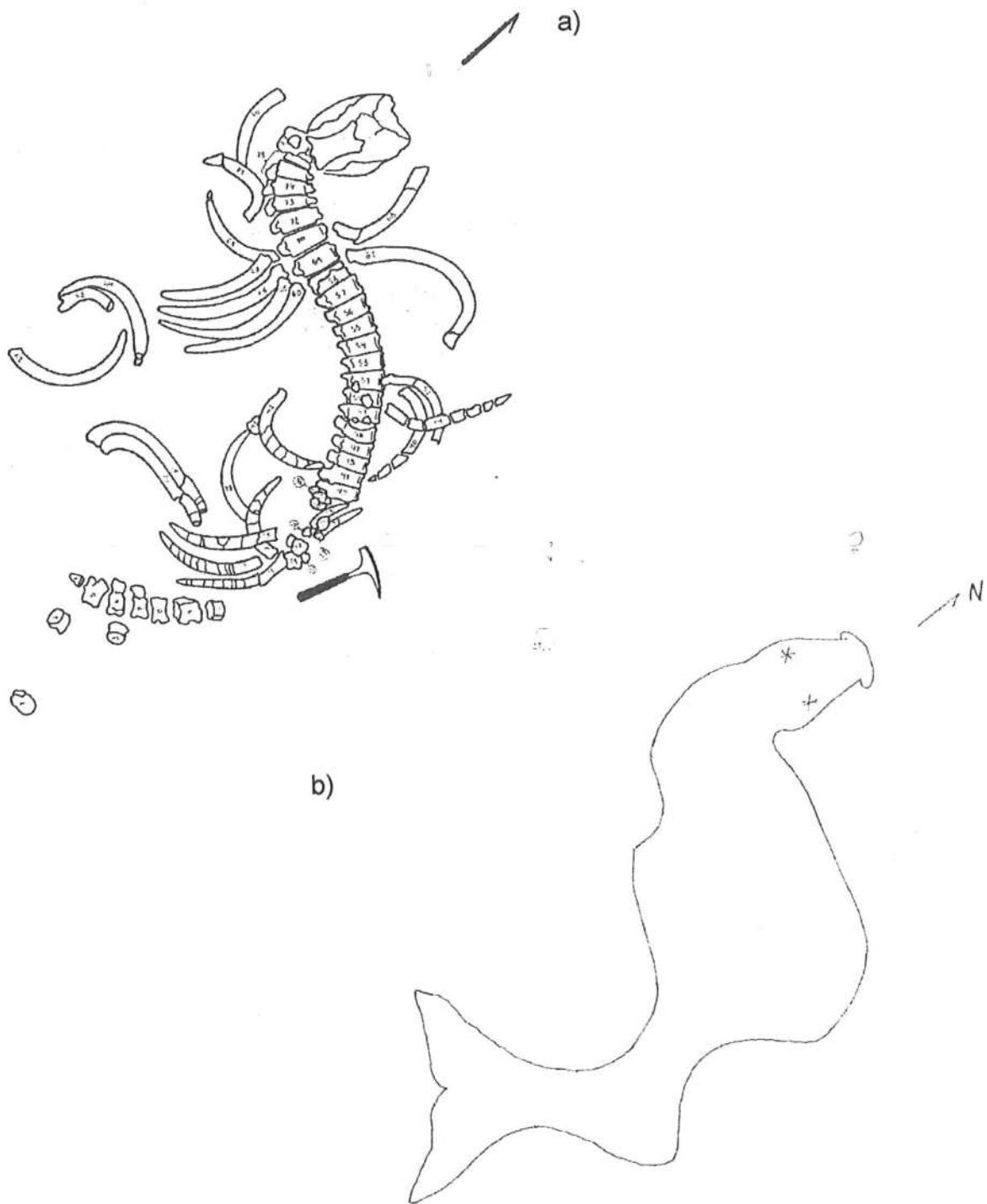


Figura 42.- Esquemas de posición de los huesos del esqueleto articulado UABC-FCMM-PV 3100 de *Metaxytherium arctodites*, paratipo, localidad UABC-FCMM-PV 102, unidad C. a) huesos, b) posición corporal durante la deposición del cadáver.

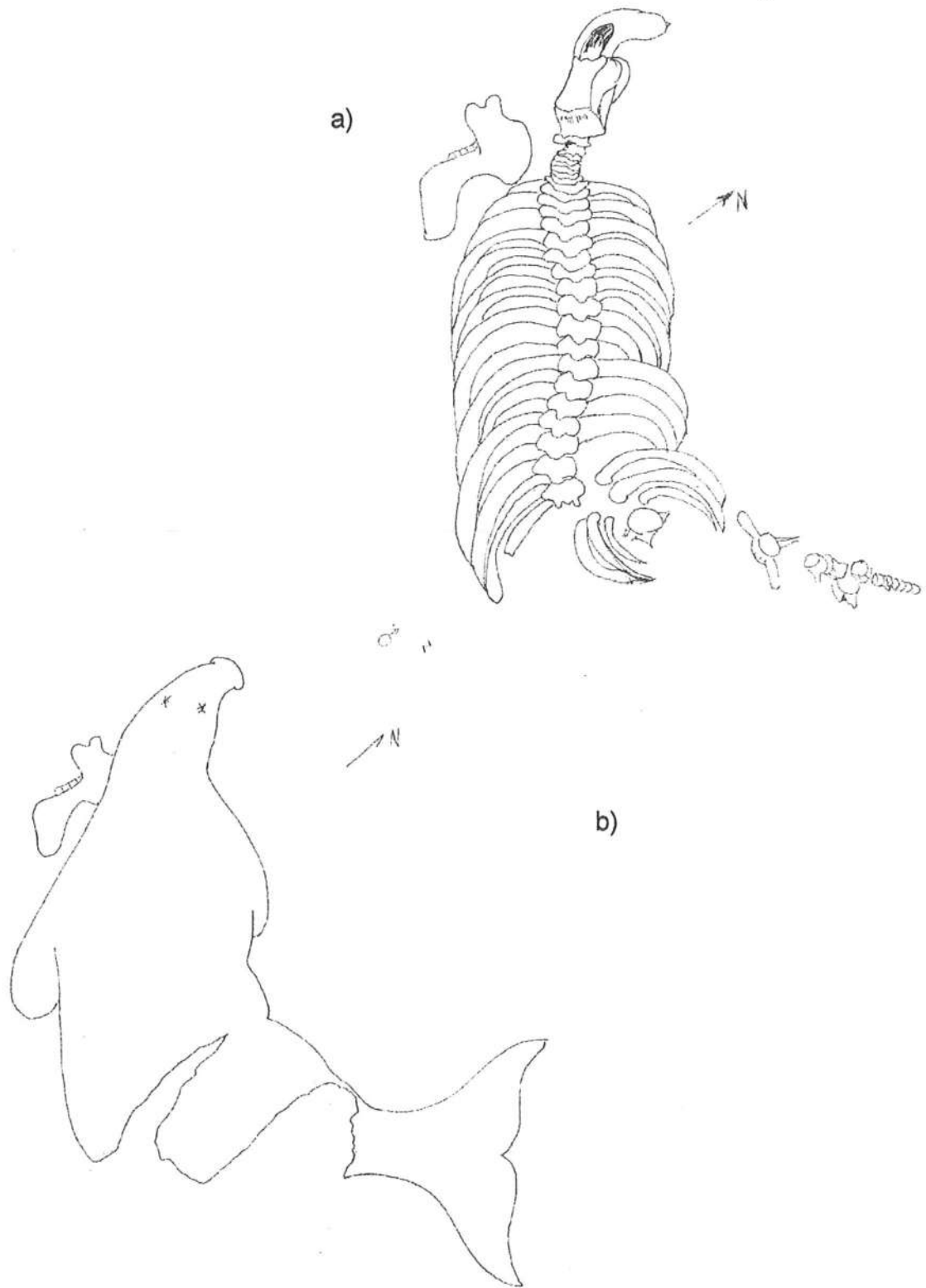


Figura 43.- Esquemas de posición de los huesos del esqueleto articulado UABC-FCMM-PV 3963 de *Metaxytherium arctodites*, holotipo, localidad UABC-FCMM-PV 102, unidad C. a) huesos, b) posición corporal durante la depositación del cadáver.

La disolución y bioerosión son bastante severas en el ambiente, lo que sugiere una pérdida de información típica de ambientes de depósito de aguas someras (Martín, 1999). La bioturbación no es muy frecuente, sin embargo, el retrabajamiento físico produjo una mezcla de diferentes comunidades que a producido un aumento aparente en la biodiversidad.

La forma en que se han encontrado estos cadáveres sugiere que estuvieron un corto periodo de tiempo sometido a la acción del oleaje y tal vez, en la línea de costa, donde sufrieron el ir y venir de las olas. Y posteriormente fueron removidos a una zona de más baja energía, como la zona submareal o sublitoral, donde fueron enterrados rápidamente por los sedimentos de la unidad C, tal vez por un evento de tormenta.

4.2.2 Dientes de predadores y/o carroñeros

Las placas dentales de rayas en esta capa son muy abundantes, sin embargo a pesar de que las rayas son organismos que viven sobre el sedimento y se alimentan de él, no se han encontrado placas articuladas, siempre se encuentran disgregadas y fragmentadas. Lo anterior sugiere un nivel elevado de energía suficiente para disgregar y romper las placas pero no suficiente para desarticular organismos de mayor tamaño, como sirenios, desmostylidos y cetáceos.

En esta tafofacie se colectaron gran cantidad de dientes de diversos tipos de tiburones. En general, los dientes de tiburones colectados en la localidad UABC-FCMM-PV 102, unidad C, son de tamaño pequeño, principalmente de la familia Carcharhinidae, por especie se analizaron sus proporciones numéricas en el depósito. Se contaron el número de superiores e inferiores, el número de izquierdos y derechos, el número de completos y fragmentados, para reconocer las condiciones y procesos que les permitieron preservarse.

i) *Carcharhinus* spp.

El análisis de las 10 posibles especies del género *Carcharhinus* (Tabla XVII) indica que se encuentran proporciones semejantes de dientes izquierdos (48%) y derechos (52%), con una razón I/D de 0.92. Esta proporción sugiere que la causa tan similar de acumulación de dientes es natural. Tal vez debida a la acción de alimentarse, donde los tiburones normalmente pierden un gran número de dientes. La relación entre superiores (1600) e inferiores (817) es de 1.95, es decir que, por cada uno inferior se colectaron casi dos superiores. Los dientes de *Carcharhinus* superiores son más aplanados y de mayor tamaño que los dientes inferiores, el número siempre menor de inferiores, sugiere un transporte hidráulico selectivo, ya que los dientes aplanados y de mayor tamaño no son removidos por las corrientes laminares de fondo y permanecen en el sedimento, en cambio los inferiores son pequeños y tienen forma alargada, lo que les permite ser removidos y transportados o destruídos.

La relación entre completos y fragmentados indica que en la mayoría de las especies de *Carcharhinus* son más frecuentes los dientes completos (Tabla XVII). Lo que sugiere condiciones de baja energía en el ambiente de depositación. Se observa que las especies 5, 6 y 8 tienen una tendencia inversa, lo cual se explica por que tienen un mayor tamaño. Los dientes son planos y al estar en el fondo sobre el sedimentos son muy difíciles de mover, por corrientes laminares, lo que permite su acumulación en el sedimento.

ii) *Galeocerdo aduncus*

Para el tiburón tigre, *Galeocerdo aduncus* en la localidad UABC-FCMM-PV 102, unidad C, se realizó el mismo análisis. Se observa que los dientes izquierdos (45.11%) y derechos (41.45%) presentan similitud en la proporción, con un nuevo elemento los dientes sinfisales que representan el 3.64% de la muestra (Tabla XVIII). Esta proporción indica que no existe un proceso de selección entre izquierdos y derechos, debido a la curvatura contraria del diente de esta especie.

Tabla XVII.- Relación del número de dientes, ubicados por posición probable en la mandíbula de las especies del género *Carcharhinus*, de la localidad UABC-FCMM-PV 102, en la Mesa La Misión, B.C. México.

Especie <i>Carcharhinus</i>	Izquierdos	derechos	Completos izquierdos	Rotos de raíz	Rotos de la punta	fragm	Completos derechos	Rotos de raíz	Rotos de la punta	fragm	total	%	I/D	C/F
Sp.1 sup	85	104	44	35	6	0	61	39	4	0	189	11.82	0.81	1.25
Sp.2 sup	59	63	23	30	6	0	35	24	4	0	122	7.62	0.93	0.90
Sp.3 sup	126	150	83	43	0	0	125	25	0	0	276	17.26	0.84	3.05
Sp.4 sup	130	112	103	22	5	0	74	32	6	0	242	15.12	1.16	2.72
Sp.5 sup	18	31	9	9	0	0	9	17	5	0	49	3.06	0.58	0.58
Sp.6 sup	16	26	3	10	3	0	16	8	2	0	42	2.62	0.61	0.82
Sp.7 sup	17	5	13	4	0	0	4	1	0	0	22	1.37	3.40	3.40
Sp.8 sup	14	11	5	7	2	0	6	5	0	0	25	1.56	1.27	0.78
Spp sup	303	330	7	222	18	56	3	230	36	61	633	39.57	0.91	0.01
Total sup	768	832	290	382	40	56	333	381	57	61	1600		0.92	0.63
%	48.00	52.00	18.12	23.88	2.50	3.50	20.82	23.82	3.56	3.81				
			izquierdos				derechos							
Sp.1 inf	77	64	45	29	3	0	29	29	6	0	141	17.25	1.20	1.10
Sp.2 inf	78	64	69	5	4	0	57	2	5	0	142	17.26	1.21	7.87
Sp.3 inf	81	82	49	30	0	2	47	32	0	3	163	19.95	0.98	1.43
Sp.4 inf	101	91	70	26	0	5	75	14	0	2	192	23.50	1.10	3.08
Spp.inf	74	105	20	42	4	8	13	75	5	12	179	21.90	0.70	0.22
Total	411	406	253	132	11	15	221	152	16	17	817		1.01	1.38
	50.30	49.70	30.96	16.15	1.34	1.83	27.05	18.60	1.95	2.08				
Spp. Inf. Indet.		279	0	214	4	61								
Relación superiores/inferiores											1.95			

La relación entre superiores e inferiores es 0.94. muy cercana a uno, lo que indica que se preservaron igual número de superiores e inferiores, lo que sugiere que tienen un mismo equivalente hidráulico, o sea que se comportan igual ante la corriente, a diferencia de los *Carcharhinus*, ya que tienen diferente forma los dientes inferiores.

La relación entre completos y fragmentados es de 1.57 para los superiores, de 2.17 para los inferiores y en total de 1.41 (Tabla XVIII), lo que indica que ocurre un mayor número de dientes completos que fragmentados. Las condiciones energéticas del ambiente de depósito permitían que estos tuvieran poco transporte y se preservaran sin fragmentación. La mayor parte de los fragmentados están rotos de la raíz, lo que sugiere un proceso de destrucción posterior a la petrificación del cartílago, tal vez asociado con el intemperismo físico producto de la actividad de excavación y agrícola en la zona.

iii) *Hemipristis serra*

Para la localidad UABC-FCMM-PV 102, se revisaron un total de 90 dientes, se observa una proporción semejante entre dientes izquierdos (36, con 40%) y derechos (35, con 38.88%), con algunos sinfisales (7, con 7.77%) (Tabla XIX), lo que indica que no existe algún factor o proceso que establezca diferencias significativas, por lo que su acumulación se asocia con una causa natural. Con relación a la razón entre superiores e inferiores se puede observar que ocurre un mayor número de superiores (61) y sólo unos pocos inferiores (17), lo que indica que existen diferencias morfológicas que permiten una preservación diferencial, asociada con un proceso de transporte, los dientes superiores son anchos y planos y los inferiores son altos y redondeados.

La razón entre completos y fragmentados es de 0.28, lo que indica que la mayor parte de los dientes tienen algún tipo de fractura, en general el 48.88% está roto de la raíz, el 22.22% están completos, el 13.33% están abrasionados, el 7.77% están rotos de la punta y el 7.77% están partidos o fragmentados (Tabla XIX). Esto sugiere que los dientes de esta especie de tiburón sufrieron un fuerte proceso de destrucción, principalmente en las raíces de los dientes, probablemente por el intemperismo físico

Tabla XIX.- Relación del número de dientes, ubicados por posición probable en la mandíbula de la especie *Hemipristis serra*, de las localidades UABC-FCMM-PV 102 y 103, en la Mesa La Misión, B.C. México.

	Loc 102						Loc 103						Loc 104					
<i>Hemipristis serra</i> Dientes superiores	izq	sinf	der	Total	%		izq	sinf	der	Total	%		izq	sinf	der	Total	%	
Completos	5		10	15	24.59		3	1	6	10	17.85		3	0	1	4	12.90	
Rotos de la raíz	19	5	9	33	54.09		19	1	16	36	64.28		7	1	8	16	51.61	
Rotos de la punta	3	1	2	6	9.83		0	1	4	5	8.92		2	1	3	6	19.35	
Fragmentados	2	1	4	7	11.47		1	0	4	5	8.92		2	0	3	5	16.12	
C/F						0.32						0.21						0.14
Total	29	7	25	61			23	3	30	56			14	2	15	31		
%	47.54	11.47	40.98				41.07	5.35	53.57				45.16	6.45	48.38			
Relación I/D				1.16						0.76						0.93		
<i>Hemipristis serra</i> Dientes inferiores	izq	sinf	der	Total	%		izq	sinf	der	Total	%		izq	sinf	der	Total	%	
Completos	2		3	5	29.41		0		3	3	25.00		0		2	2	28.57	
Rotos de la raíz	5		6	11	64.70		1		2	3	25.00		3		2	5	71.42	
Rotos de la punta	0		1	1	5.88		2		2	4	33.33		0		0	0	0.00	
Fragmentados	0		0	0			1		1	2	16.66		0		0	0	0.00	
C/F						0.41						0.33						0.40
Total	7		10	17			4		8	12			3		4	7		
%	41.17		58.82				33.34		66.66				42.85		57.15			
Relación I/D				0.69						0.50						0.74		
<i>Hemipristis serra</i>	izq	sinf	der	Total	%		izq	sinf	der	Total	%		izq	sinf	der	Total	%	
Completos	7		13	20	22.22		3	1	9	13	17.80		3	0	3	6	13.04	
Rotos de la raíz	24	5	15	44	48.88		20	1	18	39	53.42		10	1	10	21	45.65	
Rotos de la punta	3	1	3	7	7.77		2	1	6	9	12.32		2	1	3	6	13.04	
Fragmentados	2	1	4	7	7.77		2	0	5	7	9.58		2	0	3	5	10.86	
Abrasionados indet				12	13.33					5	6.84					8	17.39	
C/F					0.28						0.21							0.14
Total	36	7	35	90			27	3	38	73			17	2	19	46		
%	40.00	7.77	38.88				36.98	4.10	52.05				36.95	4.35	41.30			
Relación I/D						1.02						0.71						0.89
Relación S/I						3.58						4.66						4.11

asociado a las actividades y procesos actuales que se dan en la zona.

Esto ocurre de igual manera que en las localidades UABC-FCMM-PV 103 y 104, donde se puede observar el alto porcentaje de dientes rotos de la raíz. Los dientes inferiores de la localidad UABC-FCMM-PV 103 en proporción se encuentran menos rotos de la raíz, sólo el 25% (Tabla XIX), y más rotos de la punta lo que sugiere mayor cantidad de energía en el medio de transporte.

iv) *Negaprion* sp.

Los dientes de tiburón limón, en la localidad UABC-FCMM-PV 102, unidad C, presentan un patrón similar a las especies descritas con anterioridad, igual proporción en el número de izquierdos (50.73%) y derechos (46.32%) y 2.94% de sinfisales (Tabla XX). Los dientes inferiores de *Negaprion*, son simétricos lo que hace difícil la separación, pero se puede estimar la relación entre superiores (136) e inferiores (130), con una razón de 1.04.

La relación entre completos (78) y fragmentados (188) es de 0.41, lo que sugiere condiciones que provocan la fragmentación de los dientes de este género están principalmente rotos de la raíz, al igual que los anteriores, indica un proceso de destrucción posterior a la fosilización.

Al comparar estos resultados con los de las localidades UABC-FCMM-PV 103 y 104, se observa que los dientes izquierdos y derechos tienen importantes diferencias, en ambos casos son más frecuentes los dientes derechos que los izquierdos (Tabla XX). Esto se puede atribuir a un proceso de selección que hasta el momento no se ha podido explicar. Estos dientes tienen un tamaño intermedio, tienen una forma de T y están curvados.

Los dientes superiores en ambas localidades son más frecuentes los completos, en cambio los inferiores presentan el mismo patrón de destrucción de la raíz, antes descrito.

Tabla XX.- Relación del número de dientes, ubicados por posición probable en la mandíbula de la especie *Negaprion cf. euribhtrodon*, de las localidades UABC-FCMM-PV 102 y 103, en la Mesa La Misión, B.C. México.

	Loc 102					Loc 103					Loc 104					
	izq	sinf	der	Total	%	izq	sinf	der	Total	%	izq	sinf	der	Total	%	
<i>Negaprion sp.</i> Dientes superiores																
Completos	24	4	18	46	33.82	3		5	8	53.33	7	1	9	17	51.51	
Rotos de la raíz	33		40	73	53.76	0		7	7	46.67	7		3	10	30.30	
Rotos de la punta	5		2	7	5.14	0		0	0	0.00	2		0	2	6.06	
Fragmentados	7		3	10	7.35	0		0	0	0.00	0		4	4	12.12	
C/F					0.51										1.14	
Total	69	4	63	136		3		12	15		16	1	16	33		
%	50.73	2.94	46.32			20.00		80.00			8.48	3.03	48.48			
Relación I/D				1.09					0.25					1.00		
<i>Negaprion sp.</i> Dientes inferiores	izq	sinf	der	Total	%	izq	sinf	der	Total	%	izq	sinf	der	Total	%	
Completos		2		32	24.61				7	26.92				14	35.89	
Rotos de la raíz				57	43.84				7	26.92				17	43.58	
Rotos de la punta				20	15.38				5	19.23				4	10.25	
Fragmentados				14	10.77				7	26.92				3	7.69	
C/F					0.32										0.36	
Total		2		130					26					39		
%		1.53														
<i>Negaprion sp.</i>	izq	sinf	der	Total	%	izq	sinf	der	Total	%	izq	sinf	der	Total	%	
Completos		6														
Rotos de la raíz		0														
Rotos de la punta		0														
Fragmentados		0														
Abrasionados		0														
Total		6														

v) Rayas

Las placas dentarias de todas las especies de rayas reportadas se encuentran desarticuladas y disgregadas, sólo se han reportado ocho placas articuladas de dos diferentes individuos del género *Aetobatus* en la localidad UABC-FCMM-PV 103, pero se encuentran fracturadas. Las placas dentarias por sus características de forma es imposible establecer su posición mandibular, izquierda-derecha y superior-inferior. Sin embargo se ha podido observar que la relación entre piezas completas y fracturadas es de 0.14, lo que indica que se encuentra un mayor número de piezas fragmentadas (Tabla XXI), las cuales fueron fragmentadas posteriormente al proceso de fosilización.

Existe un proceso selectivo que permite la preservación de las placas centrales, de mayor tamaño y forma alargada, y un muy escaso número de placas laterales, muy pequeñas y cuadradas. Las colas o espinas caudales se encuentran casi siempre fragmentadas en más de una pieza. Lo que indica un ambiente donde existen corrientes que transportan y fracturan las placas dentarias.

Restos de tortugas marinas han sido reportadas para esta tafofacie de la localidad UABC-FCMM-PV 102, unidad C, como escudos óseos de dermochelideos, y cheloniidos los cuales son escasos y se encuentran completamente desarticulados y disgregados.

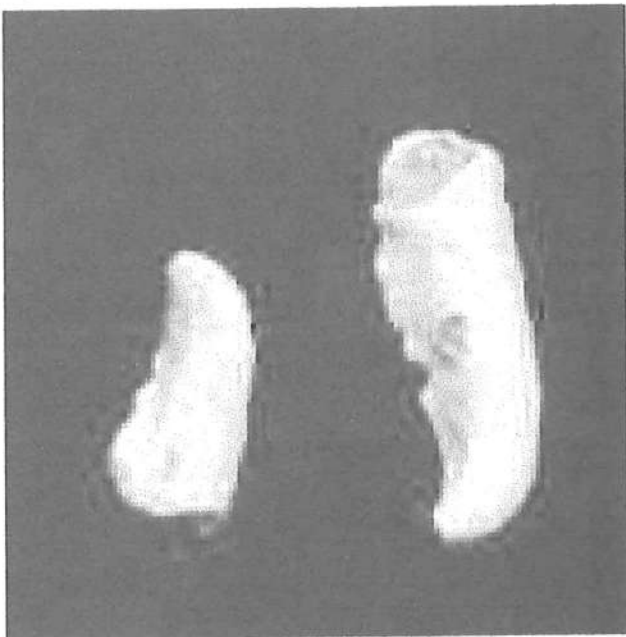
En esta capa se encuentran gran número de quelas de cangrejos pequeños, desarticuladas y sustituidas, su gran número sugiere que estos organismos actuaban en los procesos de desarticulación de los esqueletos de la zona, como carroñeros. Sólo se preservan las partes más resistentes de todo su exoesqueleto (Fig. 44).

El tamaño general de las piezas óseas que se encuentran desarticuladas y dispersas en esta tafofacie es del orden de milímetros a pocos centímetros, lo que sugiere que el transporte pudo haber tenido velocidades entre 15 a 30 cm/seg, de acuerdo con el diagrama de Hjulström (Blatt *et al.*, 1980).

Tabla XXI.- Relación placas dentarias centrales completos y fragmentados de batoideos de la Formación Rosarito Beach, Miembro Los Indios en la Mesa La Misión, Baja California.

	Completos	Fragmentados	Articulados	Total	%
<i>Aetobatus</i> sp.1	0	118	5	123	11.71
<i>Aetobatus</i> sp.2	9	85	3	97	9.23
<i>Aetomylaeus</i> sp.	13	124	0	137	13.03
<i>Myliobatis</i> sp.	8	17	0	25	2.37
<i>Pteromylaeus</i> sp. 1	19	83	0	102	9.70
<i>Pteromylaeus</i> sp.2	4	129	0	133	12.65
<i>Rhinoptera</i> sp.	81	353	0	434	41.29
Total	134	909	8	1051	
%	12.74	86.48	0.76		
Completos entre Fragmentados				C/F 0.14	

a)



b)

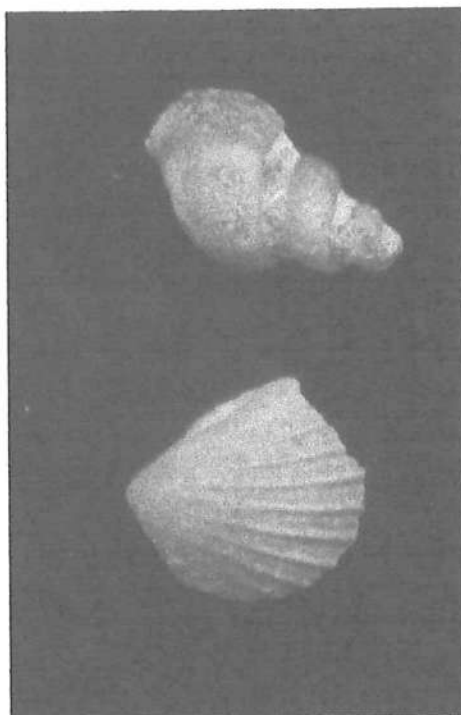


Figura 44.- a) Quelas de cangrejo y b) moldes moluscos, *Chione temblorensis*, localidad UABC-FCMM-PV 102, unidad C, Formación Rosarito Beach, Miembro Los Indios en la Mesa La Misión, Baja California.

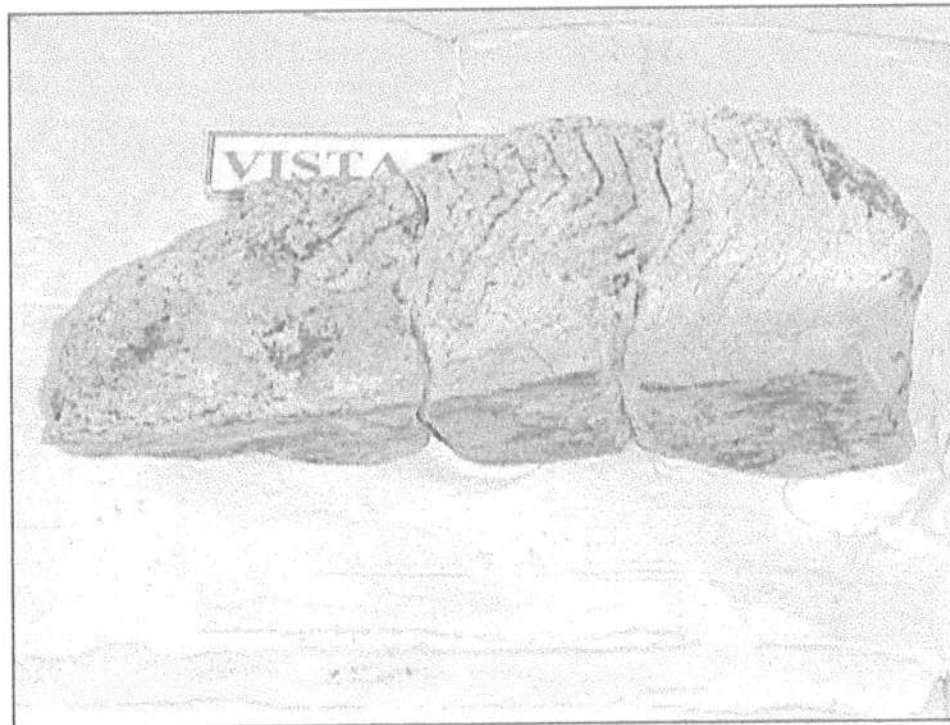


Figura 45.- Preservación de restos de barbas de cetotherido, UABC-FCMM-PV 3100, localidad UABC-FCMM-PV 201, localidad tipo, unidad C, Formación Rosarito Beach, Miembro Los Indios en la Mesa Los Indios, B.C.(tomado de Gascón y Aranda, 1991).

En general, huesos y dientes preservados en esta capa, muestran manchas negras sobre ellos, este material se reconoce como materia orgánica, posiblemente de su propio cuerpo, la cual fue desecada rápidamente, tal vez por la acción del material vítreo piroclástico aun caliente que promovió la adherencia al hueso posteriormente.

En la localidad UABC-FCMM-PV 201, unidad C de la localidad tipo, en la Mesa Los Indios se pudieron preservar las barbas (estructuras quitinosas) de un cetotheriido (Fig. 45) (Aranda-Manteca, 1990; Gascón-Romero, 1991; Gascón-Romero, Aranda-Manteca y Barnes, 1994), la cual se observa como una serie de bandas negras, las que fueron preservadas por un proceso de aislamiento muy rápido, dentro e la cavidad bucal e la ballena.

4.3 Localidad UABC-FCMM-PV 103, unidad G.

4.3.1 Esqueletos desarticulados y dispersos

La articulación de restos óseos en esta capa esta ausente, los restos están mezclados y dispersos, el grado de fragmentación de los restos es alto y ocurre una clasificación hidráulica notoria. Huesos largos y planos tienen una mayor frecuencia de colecta, además que presentan un grado bajo de imbricación. La mezcla de huesos de diferentes formas y tamaños, en esta localidad UABC-FCMM-PV 103, unidad G, sugiere un transporte de tipo turbulento, que lo mismo transporto un diente aislado de tiburón que un cráneo completo de una ballena. Pero que permitió la acumulación, asociada con flujo laminar de fondo y un intenso flujo turbulento.

Los fósiles se encuentran principalmente en un horizonte, que puede ser considerado una capa de huesos, ya que en esta ocurre la acumulación de materiales debido a un transporte intenso y unidireccional (Figs. 46 a-b y 47). Los huesos se encuentran desarticulados y fragmentados, pero es posible ubicar a corta distancia (en ocasiones centímetros o escasos metros), piezas del mismo espécimen o fragmentos del mismo hueso (Fig. 47).



Figura 46.- a) Restos de craneales de cetáceo misticeto, cetotherido, descubiertos durante la época de lluvias y comienzo de la excavación, b) Exposición de huesos planos craneales dispersos y fragmentados del mismo cetáceo misticeto, localidad UABC-FCMM-PV 103, unidad G, Formación Rosarito Beach, Miembro Los Indios en la Mesa la Misión, Baja California.

b)



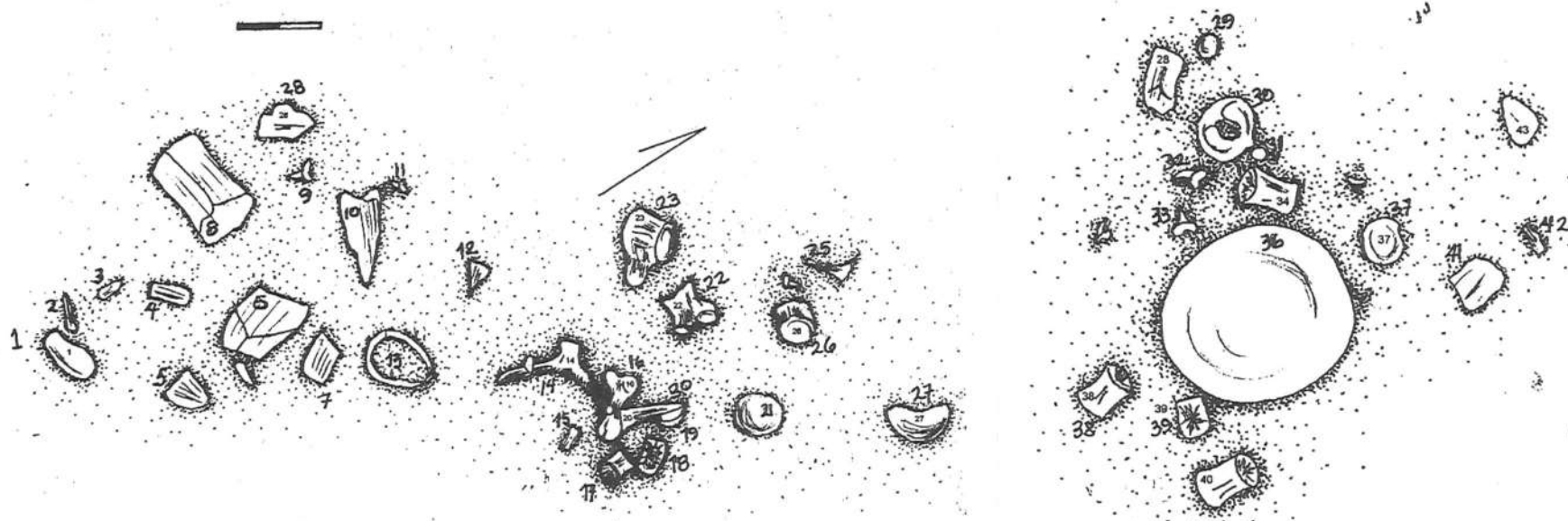


Figura 47.- Diagrama que muestra la posición de algunos huesos de diversos organismos, en la capa G, de la localidad 103, Formación Rosarito Beach, Miembro Los Indios en la Mesa La Misión, Baja California (escala 10cm). 1) indet. Cheloniidae, 2) indet., 3) indet, 4) indet, 5) frag. Cheloniidae, 6) placa costal Cheloniidae, 7) indet Cheloniidae, 8) placa costal Cheloniidae, 9) diente *Isurus hastalis*, 10) placa costal Cheloniidae, 11) diente *Galeocerdo contortus*, 12) indet Cheloniidae, 13) indet, 14) escapula Cheloniidae, 15) placa marginal Cheloniidae, 16) húmero Cheloniidae, 17) vertebra *Thunnus*, 18) placa marginal Cheloniidae, 19) vertebra Tiburon, 20) frag. Mandibular pez, 21) disco intervertebral odontoceto, 22) frag. Mandibular túnido, 23) vértebra odontoceto, 24) diente *Isurus planus*, 25) frag. Mandíbula pez, 26) vértebra odontoceto, 27) placa pigal Cheloniidae, 28) placa costal Cheloniidae, 29) disco intervertebral odontoceto, 30) atlas odontoceto, 31) vértebra tiburón, 32) diente *Isurus planus*, 33) diente *Isurus hastalis*, 34) vértebra tunido, 34) diente *Isurus planus*, 35) diente *Isurus planus*, 36) vértebra cetáceo, 37) disco intervertebral de odontoceto, 38) vértebra de tunido, 39) placa marginal Cheloniidae, 40) vértebra tunido, 41) placa costal Cheloniidae, 42) indet. Cheloniidae, 43) placa marginal Cheloniidae, 44) diente *Isurus planus*.

4.3.2 Bioerosión

La bioerosión fue producida en los fósiles preservados en la localidad UABC-FCMM-PV 103, unidad G, por carroñeros y depredadores (Figs. 48 a-b, 49, 50, 51 y 52), por esta razón se considera que en esta unidad ocurrieron diferentes procesos tafonómicos comparados con los ocurridos en la localidad UABC-FCMM-PV 102, unidad C. Además se han observado incrustaciones de gusanos tubícolas en hueso y en el caparacho de la tortuga, UABC-FCMM-PV 1620 (Fig. 48b), lo que refleja bajo nivel energético en el ambiente de depósito, anterior o posterior al transporte y previo al sepultamiento.

En esta localidad UABC-FCMM-PV 103, unidad G, ocurre la presencia de abundantes coprolitos de tiburones, peces y mamíferos. Los cuales son importantes fuente de información, acerca de la dieta de predadores y carroñeros (Dodson y Wexlar, 1979; Wilson, 1987). A su vez y consecuentemente los huesos que exhiben marcas de dientes y rupturas fueron producidas por predadores y carroñeros (Fig.48, 49, 50, 51 y 52).

4.3.3 Dientes de predadores y/o carroñeros

Las especies de tiburones que más frecuentemente fueron colectadas en esta localidad pertenecen a la familia Lamnidae que representan el 18.60%, de la muestra total de tiburones. (Tabla IV).

i) *Isurus hastalis*

Como lo indican sus restos la especie *Isurus hastalis* fue un tiburón de gran tamaño y el estudio de sus restos permite describir las trayectorias tafonómicas para su interpretación. De un total de 745 dientes de *Isurus hastalis* colectados, se lograron ubicar 380 dientes en su posible posición mandibular original, de los cuales 250 son

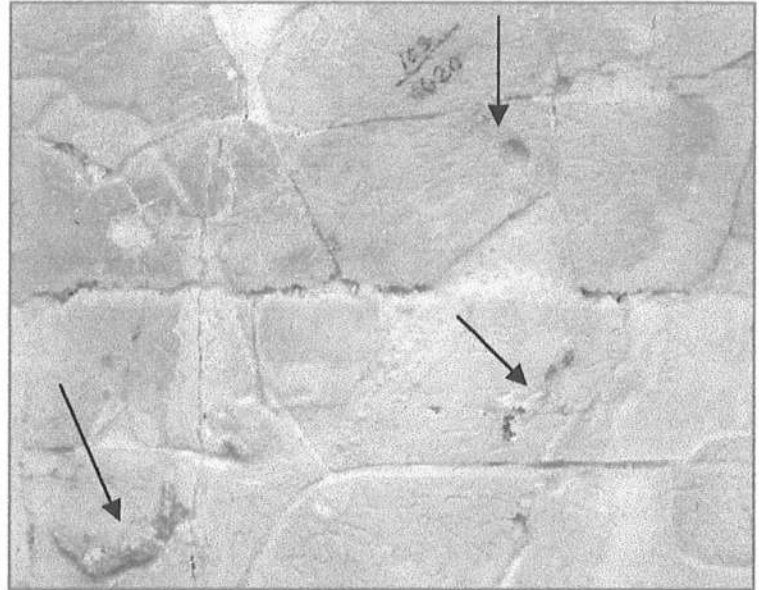
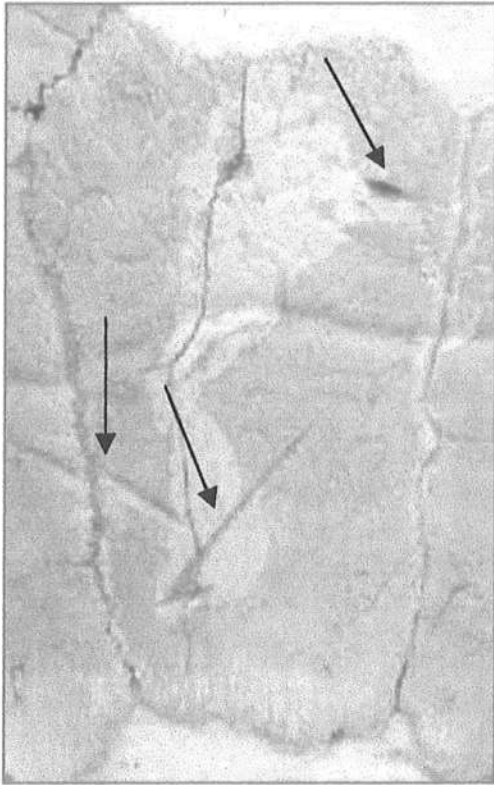


Figura 48.- a) Marcas de dientes de tiburón, b) epibiontes y marcas de perforación en caparacho de Cheloniidae, UABC-FCMM-PV 1620, Formación Rosarito Beach, Miembro Los Indios en la Mesa La Misión, B.C., localidad UABC-FCMM-PV 103, unidad G.



Figura 49.- Diente de tiburón, *Isurus oxyrinchus*, UABC-FCMM-PV 2605, insertado en el hueso de mamífero marino, Formación Rosarito Beach, Miembro Los Indios en la Mesa La Misión, B.C., localidad UABC-FCMM-PV 103, unidad G.

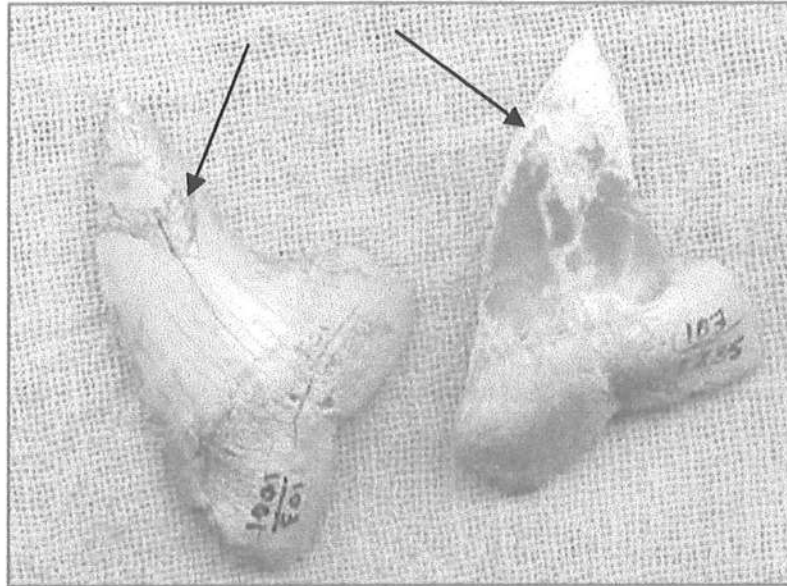


Figura 50.- Dientes de tiburón, *Isurus planus*, UABC-FCMM-PV 1001 y 2235, que muestran evidencia de pastoreo sobre ellos, Formación Rosarito Beach, Miembro Los Indios en la Mesa La Misión, localidad UABC-FCMM-PV 103, unidad G.

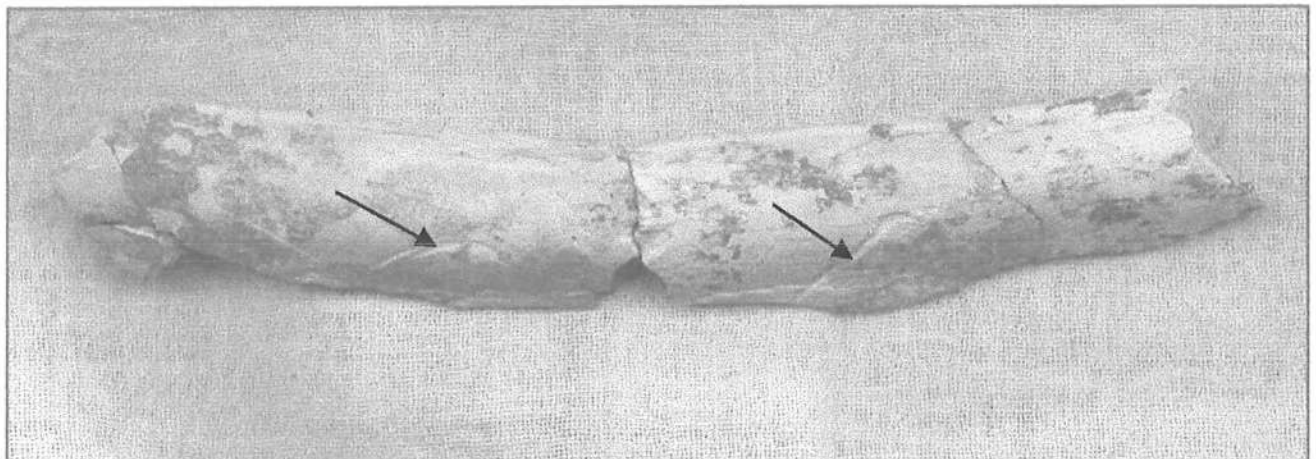


Figura 51.- Costilla de mamífero, UABC-FCMM-PV 2603, con marcas de predación o carroñeros, Formación Rosarito, Miembro Los Indios en la Mesa La Misión, localidad 103, unidad G.

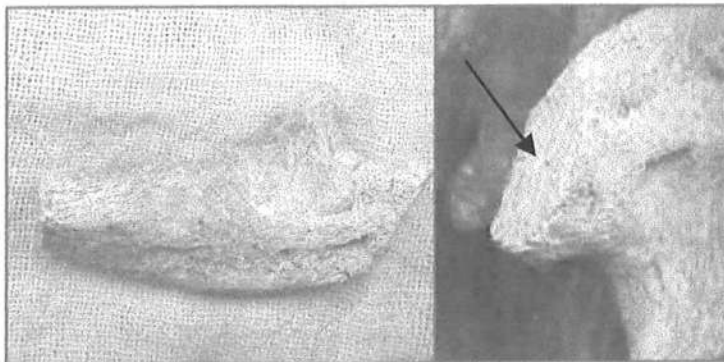


Figura 52.- Mandíbula de otárido, UABC-FCMM-PV 2604, con corte y marca de sierra de diente de tiburón, Formación Rosarito, Miembro Los Indios en la Mesa La Misión, localidad 103, unidad G.

superiores y 130 inferiores, representan el 62.90 y 37.10% respectivamente de la muestra analizada. Además se tienen 81 dientes cuya posición es difícil de determinar debido al estado alterado o la destrucción parcial de la pieza, lo que da un total de 461 dientes en la muestra (Tabla XXII).

Para esta especie, *Isurus hastalis*, se considero, al aplicar el principio de uniformismo taxonómico, que la fórmula dentaria es idéntica a la *Isurus oxyrinchus*, en la mandíbula superior es: A2, Inter 1, L5 y P4, (Espinoza-Arrubarena, 1982; Cappetta, 1970). Los dientes anteriores superiores fueron 35 izquierdos y 39 derechos, en su mayor parte rotos de la raíz y fragmentados. De los intermedios superiores fueron ubicados 5 izquierdos y 7 derechos, también rotos de la raíz en su mayoría. Los dientes laterales superiores son los más frecuentemente preservados, 90 izquierdos y 62 derechos, también principalmente rotos de la raíz. Por último, los dientes posteriores superiores son poco frecuentes, 7 izquierdos y 5 derechos, en su mayoría completos (Tabla XXII).

Para la mandíbula inferior, de igual forma, la fórmula dentaria es: A3, L5, P4 (Espinoza-Arrubarena, 1982; Cappetta, 1970). En este caso fue muy difícil hacer diferencia entre los dientes inferiores derechos e izquierdos, en los anteriores debido a que estaban rotos de la raíz y los laterales y posteriores son simétricos, por lo que se agruparon sólo como: anteriores inferiores (37), laterales inferiores (65) y posteriores inferiores (30). Los anteriores inferiores se encuentran muy rotos de raíz y punta, los laterales inferiores principalmente en la raíz y los posteriores inferiores, muestran un número casi idéntico de completos y rotos de la raíz (Fig. 53). En general, los rotos de la raíz representan el 35.29%, los fragmentados el 5.29% los abrasionados el 24.14% y los rotos de la punta el 17.05% (Tabla XXII, Fig. 53a).

La razón de dientes superiores e inferiores de *Isurus hastalis* es de 290 a 171, es decir 1.69, casi dos dientes superiores por un inferior (Tabla XXII). Así misma, la razón entre completos y no completos (34/256) es para los dientes superiores de 0.13, y de los dientes inferiores es de (30/141) 0.22. En general, sólo el 13.83% de los dientes se conservaron intactos y el 86.12% sufrieron algún tipo de destrucción (Fig. 53b).

Tabla XXII.- Relación del número de dientes, ubicados en posición probable en la mandíbula de la especie *Isurus hastalis*, de la localidad UABC-FCMM-PV 103 en la mesa La Misión, B.C. México.

<i>Isurus hastalis</i> Dientes superiores	poste lzq	late izq	inter izq	ante izq	ante der	inter der	late der	poste der	Total	%	C/F
Completos	4	2	3	1	10	2	7	5	34	13.60	13.60/86.40 0.15
Rotos de la raíz	2	28	2	9	20	4	23	0	88	35.20	
Rotos punta	0	6	0	0	2	0	3	0	11	4.40	
Fragmentados	1	54	0	25	7	1	29	0	117	46.80	
Total	7	90	5	35	39	7	62	5	250		
%	2.80	36.00	2.00	14.00	15.60	2.80	24.80	2.00			
Relación I/D		54.80					45.20		1.21		
<i>Isurus hastalis</i> Dientes inferiores	poste lzq	late izq	inter izq	ante izq	ante der	inter der	late der	poste der	Total	%	C/F
Completos	6	8	0	1	0	0	9	6	30	23.08	23.08/76.92 0.30
Rotos de la raíz	5	17	0	9	9	0	17	5	62	47.70	
Rotos de punta	3	3	0	8	8	0	4	3	29	22.30	
Fragmentados	1	4	0	0	0	0	3	1	9	6.92	
Total	15	32	0	18	17	0	33	15	130		
%	11.53	24.61	0	13.84	13.07	0	25.38	11.53			
Relación I/D		49.98					49.98		1.00		
<i>Isurus hastalis</i>	poste lzq	late izq	ter izq	ante izq	ante der	inter der	late der	poste der	Total	%	C/F
Completos	10	10	3	2	10	2	16	11	64	13.88	13.88/86.12 0.16
Rotos de la raíz	7	45	2	18	29	4	40	5	150	32.53	
Rotos punta	3	9	0	8	10	0	7	3	40	8.67	
Fragmentados	2	58	0	25	7	1	32	1	126	27.33	
Abrasionados									81	17.59	
Total	22	122	5	53	56	7	95	20	461		
%	4.77	26.47	1.08	11.49	12.14	1.52	20.61	4.33			Indet..17.59
Relación I/D		43.81					38.60		1.13		
Relación S/I											250/130 1.92

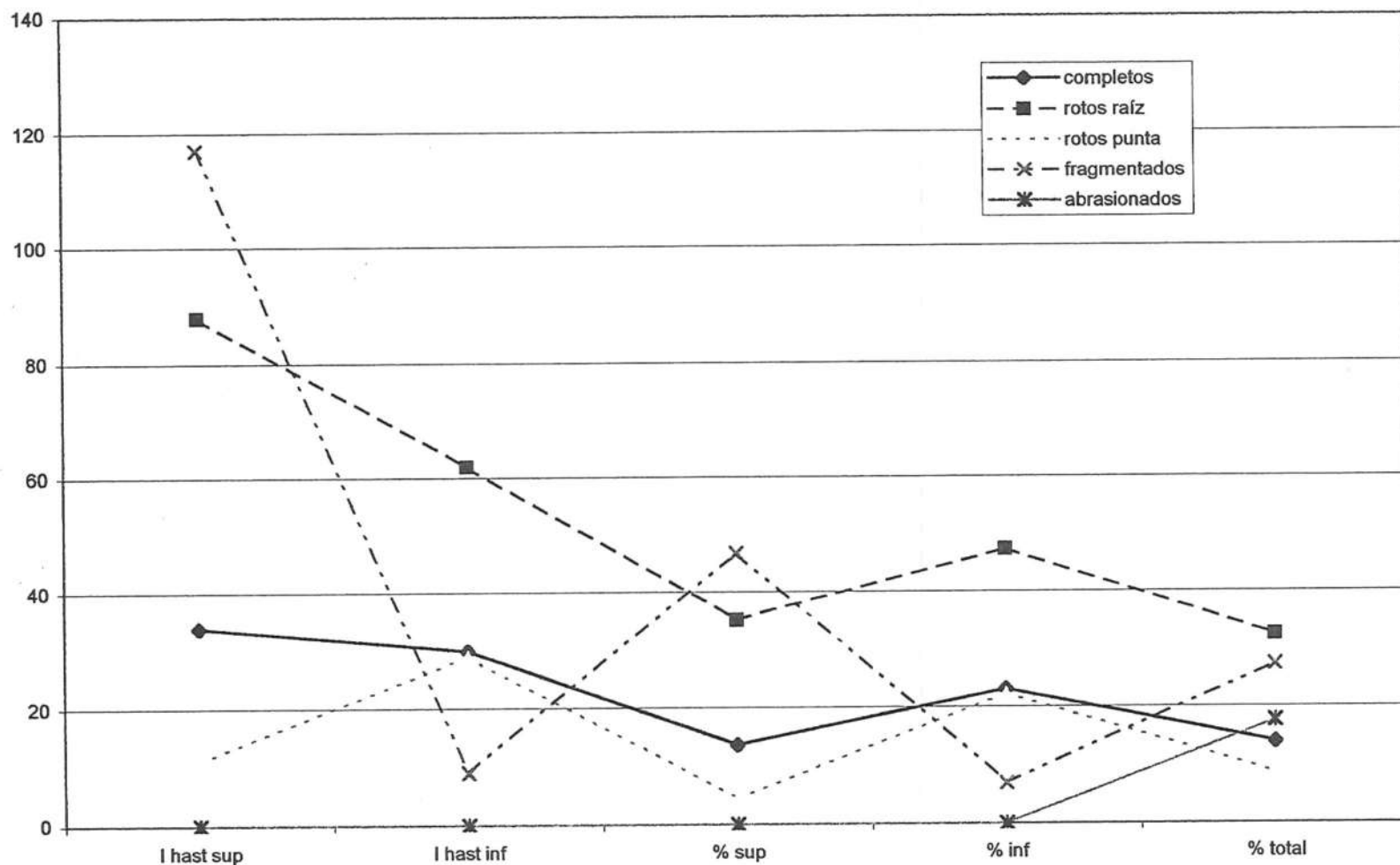


Figura 53.- Número y porciento de dientes de *Isurus hastalis* por categoría tafonómica : completos, rotos de la raíz, rotos de la punta, fragmentados y abrasionados, localidad UABC-FCMM-PV 103, unidad G.

Se infiere un proceso de transporte intenso que provoca el gran fracturamiento, fragmentación y abrasión observado en los dientes de esta especie. Con respecto a los dientes rotos de la raíz, al igual que en el caso anterior, su destrucción se atribuye a procesos posteriores a la fosilización. Por el contrario, los dientes superiores presentan un gran porcentaje (46.80%) de fragmentados, atribuido al proceso de transporte intenso, ocurrido en esta capa. Así mismo, se observa una gran cantidad de dientes inferiores rotos de la punta (22.30%), que puede indicar deterioro por uso en el proceso alimentario y/o reproductivo.

ii) *Isurus planus*

Para la especie *Isurus planus* se observa que también la mayoría de las piezas recuperadas pertenecen a la localidad 103, de 692 dientes colectados, 654 fueron colectados en esta localidad, es decir el 94.5%. Los dientes más frecuentemente colectados son los laterales con 203 piezas, al igual que *Isurus hastalis*. Lo que representa el 6.26% del total de la muestra de tiburones (Tabla IV), con esta cantidad de material es posible hacer un análisis tafonómico.

Se ubicaron un total de 370 dientes de la especie *Isurus planus* en posición mandibular, observando que el 56.70% son de la mandíbula superior y el restante, 43.30% de la mandíbula inferior. Además se tienen 60 fragmentos que no fue posible establecer su ubicación, con lo que se tienen un total de 430 dientes (Tabla XXIII, Fig.54), muestra muy semejante a la de *Isurus hastalis* (461).

Considerando la misma fórmula dentaria para *Isurus planus* que la especie *Isurus hastalis*, se tienen: 27 y 33 dientes anteriores superiores, 10 y 12 intermedios superiores, 64 y 54 laterales superiores, y 15 y 17 posteriores superiores izquierdos y derechos respectivamente (Tabla XXIII, Fig. 54). De los 262 dientes ubicados en la mandíbula superior, sólo 73 están completos, representan el 27.86% de la muestra de esta especie. Los dientes anteriores superiores están más frecuentemente rotos de la raíz, los intermedios superiores son más frecuentemente completos o rotos de la raíz,

Tabla XXIII.- Relación del número de dientes, ubicados en posición probable en la mandíbula de la especie *Isurus planus*, de la localidad UABC-FCMM-PV 103 en la mesa La Misión, B.C. México.

<i>Isurus planus</i> Dientes superiores	poste lzq	late izq	inter izq	ante izq	ante der	inter der	late der	poste der	Total	%	C/F
Completos	8	12	7	6	7	6	13	14	73	31.46	31.46/68.54 0.45
Rotos de la raíz	6	33	3	12	15	5	27	2	103	44.41	
Rotos punta	1	1	0	4	4	1	1	1	13	5.60	
Fragmentados	0	18	0	5	7	0	13	0	43	18.53	
Total	15	64	10	27	33	12	54	17	232		
%	6.46	27.60	4.31	11.63	14.22	5.17	23.29	7.32			
Relación I/D		50.00					50.00		1.00		
<i>Isurus planus</i> Dientes inferiores	poste lzq	late izq	inter izq	ante izq	ante der	inter der	late der	poste der	Total	%	C/F
Completos	7	12	0	9	7	0	12	9	56	40.57	40.57/59.43 0.68
Rotos de la raíz	7	17	0	4	7	0	14	3	52	37.68	
Rotos punta	0	0	0	1	0	0	4	0	5	3.62	
Fragmentados	0	8	0	3	4	0	8	0	25	18.11	
Total	14	37	0	18	19	0	38	12	138		
%	10.14	26.82	0	13.04	13.76	0	27.55	8.69			
Relación I/D		50.00					50.00		1.00		
<i>Isurus planus</i>	poste lzq	late izq	inter izq	ante izq	ante der	inter der	late der	poste der	Total	%	C/F
Completos	15	24	7	15	14	6	25	23	129	29.79	29.79/70.21 0.42
Rotos de la raíz	13	50	3	16	22	5	41	5	155	35.79	
Rotos punta	1	1	0	5	4	0	5	1	18	4.85	
Fragmentados	0	30	0	8	11	0	25	0	68	15.70	
Abrasionados									60	13.87	
Total	29	111	10	45	52	12	92	29	430		
%	6.74	25.81	2.32	10.46	11.30	2.79	21.39	6.74	13.95		Indet. 12.45
Relación I/D		45.33					42.22		1.00		
Relación S/I											232/138 1.68

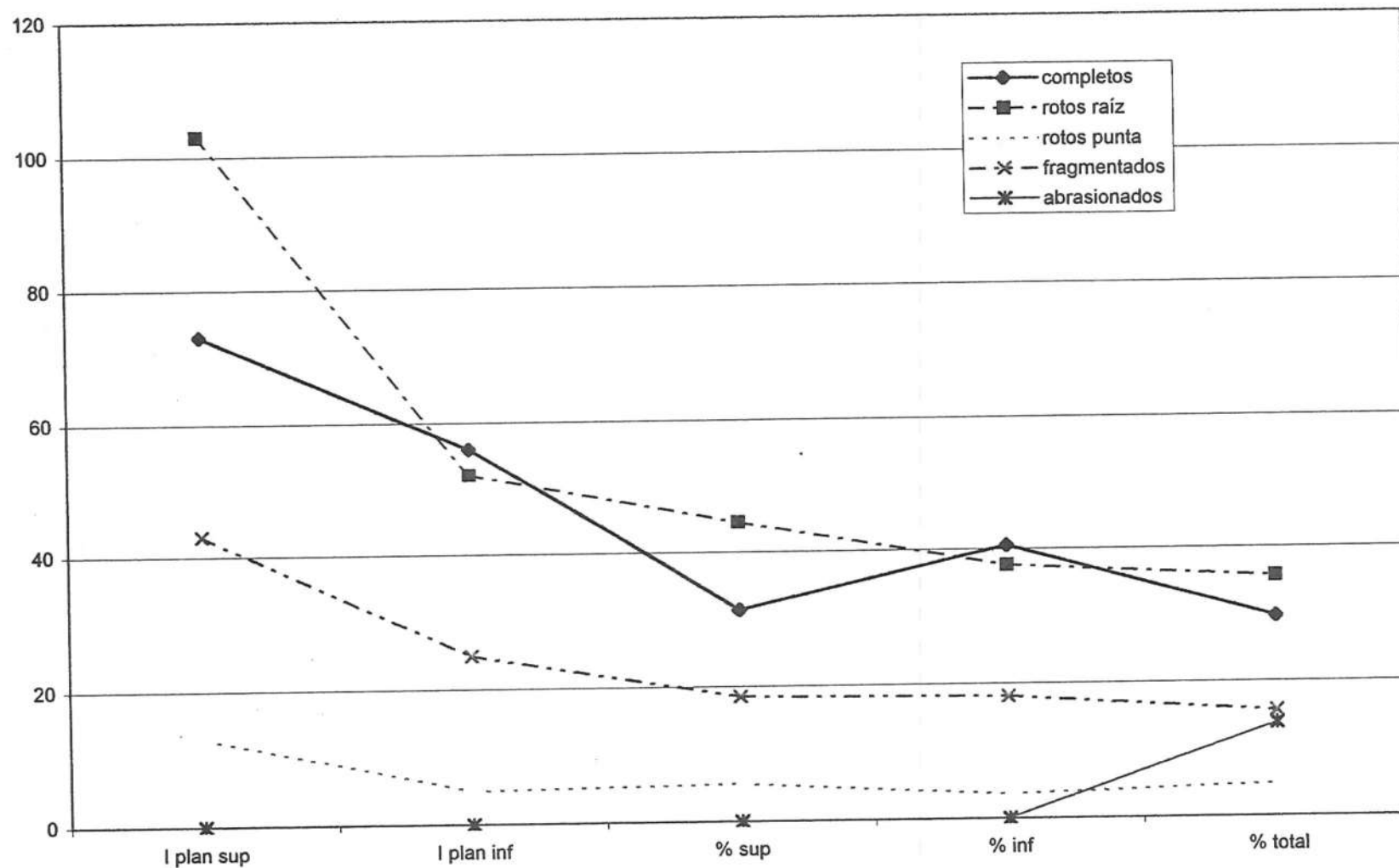


Figura 54.- Número y porcentaje de dientes de *Isurus planus* por categoría tafonómica : completos, rotos de la raíz, rotos de la punta, fragmentados y abrasionados, localidad UABC-FCMM-PV 103, unidad G.

los laterales superiores están rotos de la raíz y los posteriores superiores tienen un alto número de completos (Tabla XXIII, Fig. 56).

En la mandíbula inferior son más frecuentes los dientes laterales, con 37 y 38, luego los anteriores, con 18 y 19 y por último, los posteriores, con 14 y 12, izquierdos y derechos respectivamente (Tabla XXIII, Fig. 54). Los dientes anteriores y los laterales inferiores se encuentran más frecuentemente rotos de la raíz, los posteriores inferiores están completos o rotos de la raíz (Tabla XXIII, Figs. 54).

En general, se observa que para la especie *Isurus planus*, se han colectado un mayor número de dientes superiores que inferiores (262/168), en razón de 1.55, es decir por cada tres dientes superiores se tienen dos inferiores. Los dientes completos representan el 29.79% de la muestra analizada, los rotos de la raíz un 35.79%, los fragmentados son el 15.70%, los abrasionados el 13.85% y los rotos de la punta, el 4.85% (Tabla XXIII, Figs. 54).

Las dos especies *Isurus hastalis* e *Isurus planus*, muestran siempre un mayor número de dientes superiores que inferiores. Los dientes anteriores se colectan más frecuentemente los de la mandíbula superior que de la inferior, a pesar de que los tiburones actuales como *Isurus oxyrinchus* e *Isurus retroflexus*, tienen un número semejante de dientes en la mandíbula superior e inferior (Figs. 55 y 56).

El número de dientes anteriores es tres en la mandíbula inferior y en la superior sólo dos, sería de esperarse que fuera reconocido en los resultados. Lo anterior no se observa, lo que indica un sesgo en la colecta.

El porcentaje de dientes izquierdos es exactamente igual al de derechos, lo que indica condiciones naturales de la pérdida de las piezas. Se preserva un mayor porcentaje de dientes laterales, lo que es de esperarse ya que son los más abundantes en la mandíbula. Los dientes posteriores son los menos abundantes en la muestra y de acuerdo con la idea de una zona de alimentación, estos son los que menos se usan en el proceso alimentario. Ocurre un alto número de dientes completos (cerca del 30%)

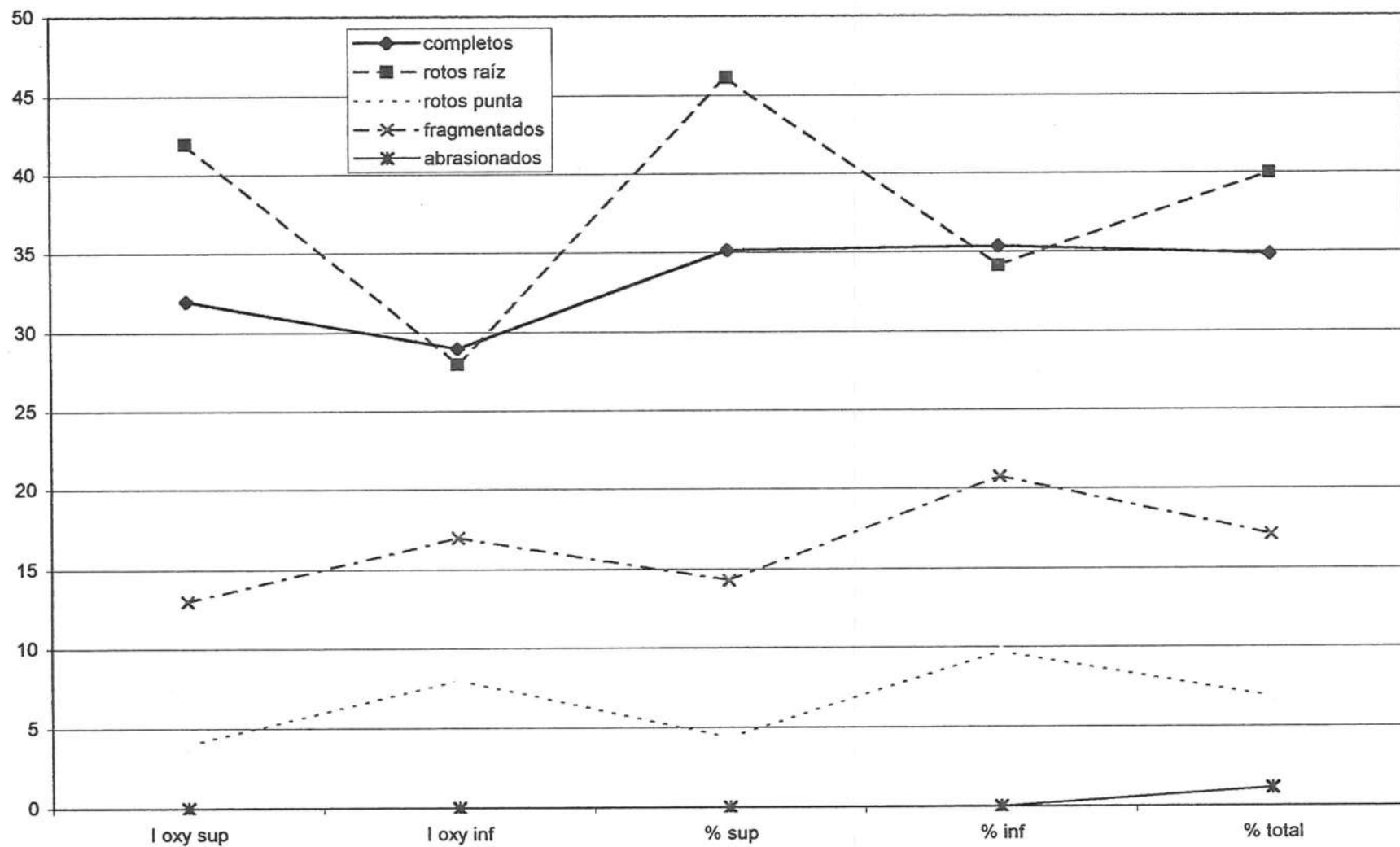


Figura 55.- Número y porcentaje de dientes de *Isurus oxyrinchus* por categoría tafonómica : completos, rotos de la raíz, rotos de la punta, fragmentados y abrasionados, localidad UABC-FCMM-PV 103, unidad G.

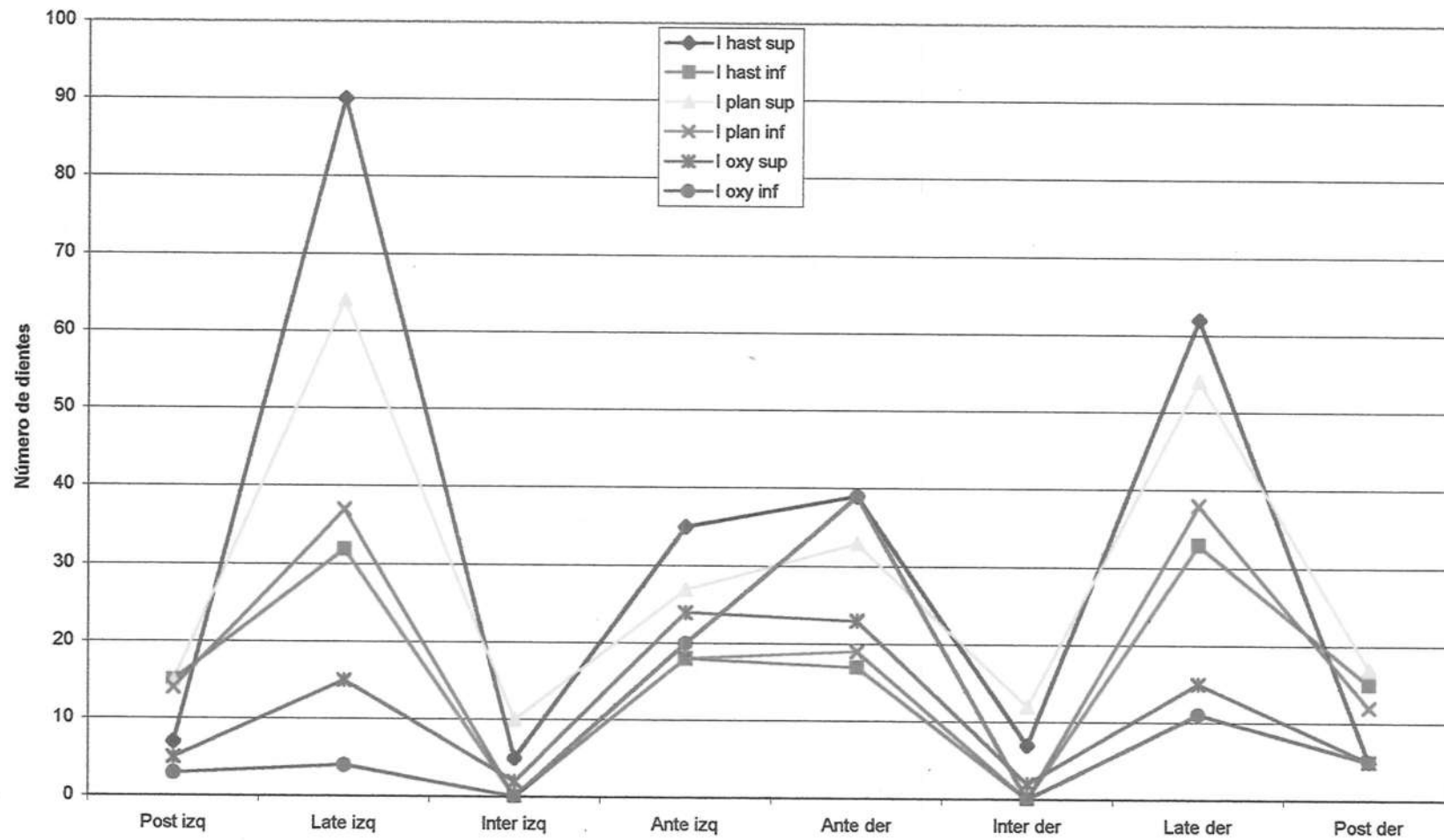


Figura 56.- Número y posición probable en la mandíbula de los dientes de tres especies: *Isurus hastalis*, *Isurus planus* e *Isurus oxyrinchus*, de la localidad UABC-FCMM-PV 103, unidad G.

y se tienen porcentajes significativos de dientes fragmentados y abrasionados (Tabla XXIII, Fig. 54), lo que nos indica un proceso intenso de transporte. Los dientes fracturados de la raíz, son atribuidos a procesos de destrucción posteriores a la fosilización.

iii) *Isurus oxyrinchus*

Con un total de 175 dientes colocados en su posible posición en la mandíbula se la especie *Isurus oxyrinchus*, se observa que los dientes superiores presentan una relación entre izquierdos (50.55%) y derechos (49.95%), es decir que prácticamente se colectaron igual número de ambos. Estos son ubicados en cuatro categorías cada una izquierda y derecha, anteriores, intermedios, laterales y posteriores (Tabla XXIV). La razón de completos (32) y fragmentados (59) es de 0.54, es decir se colectaron casi el doble de fragmentados que completos.

Para los dientes inferiores se observa que se colectaron mayor número de dientes derechos (55) que izquierdos (27), casi el doble. Y la razón entre completos (29) y fragmentados (53) es de 0.54, igual a los superiores (Tabla XXIV, Fig. 55).

En general, los dientes completos representan el 34.85%, la mayor proporción la forman fragmentados con 65.15%, de donde los dientes rotos de la raíz (40%), rotos de la punta (6.85%), partidos y fragmentados (17.14%) y abrasionados (1.14%), (Tabla XX).

Las proporciones en las categorías tafonómicas son similares a las descritas en las dos especies anteriores del mismo género (Fig. 56), lo que hace consistentes las observaciones sobre los procesos de destrucción y preservación en la localidad. Al igual que en los otros casos, el fracturamiento de la raíz constituye el mayor porcentaje de la muestra, sugiriendo un proceso destructivo posterior al de fosilización.

iv) *Galeocerdo aduncus* y *Galeocerdo contortus*

Para el género *Galeocerdo* tenemos dos especies presentes en esta localidad UABC-FCMM-PV 103, unidad G, *Galeocerdo aduncus* y *Galeocerdo contortus*, en ambos casos los dientes superiores son iguales proporciones de izquierdos y derechos (Tablas XXV y XXVI, Fig. 57). Los dientes completos superiores son más frecuentes en *Galeocerdo contortus*, C/F es 1.13, que en *Galeocerdo aduncus* donde es 0.81. En ambos casos son más frecuentemente rotos de la raíz.

Para los dientes inferiores, en ambos casos son más frecuentes los derechos. También los fragmentados son ligeramente más frecuentes que los completos y de estos los rotos de la raíz ocupan el primer lugar (Tablas XXV y XXVI, Fig. 57).

El género *Galeocerdo* presenta mayor proporción de dientes completos que el género *Isurus*, lo que puede asociarse con el menor tamaño del género *Galeocerdo* ya que al encontrarse en el fondo, la corriente laminar no alcanza a moverlos.

4.3.4 Restos de Tortugas marinas

Se observa en ésta capa una acumulación masiva de elementos óseos de tortugas marinas desarticulados que no muestra orientación definida y presentan marcas de retrabajamiento y ruptura (Sánchez-Gutiérrez, 1999), mezclados con restos de peces óseos como mandíbulas y vértebras de tunidos, un atlas y vértebras de un odontoceto, Fragmentos craneales, discos intervertebrales y vértebras de cetáceos (Fig. 47). Esta mezcla es una clara evidencia de una acumulación de restos óseos producto de un transporte costero unidireccional turbulento.

Un menor porcentaje de huesos completos que fragmentados puede encontrarse en esta tafofacie G, cerca del 60% están fragmentados (Sánchez-Gutiérrez, com. pers). La causa de muerte de tortugas puede ser debida a la predación, se encuentran marcas causadas por los dientes de tiburón al morder el caparazón de la tortugas (Fig. 48 y 49).

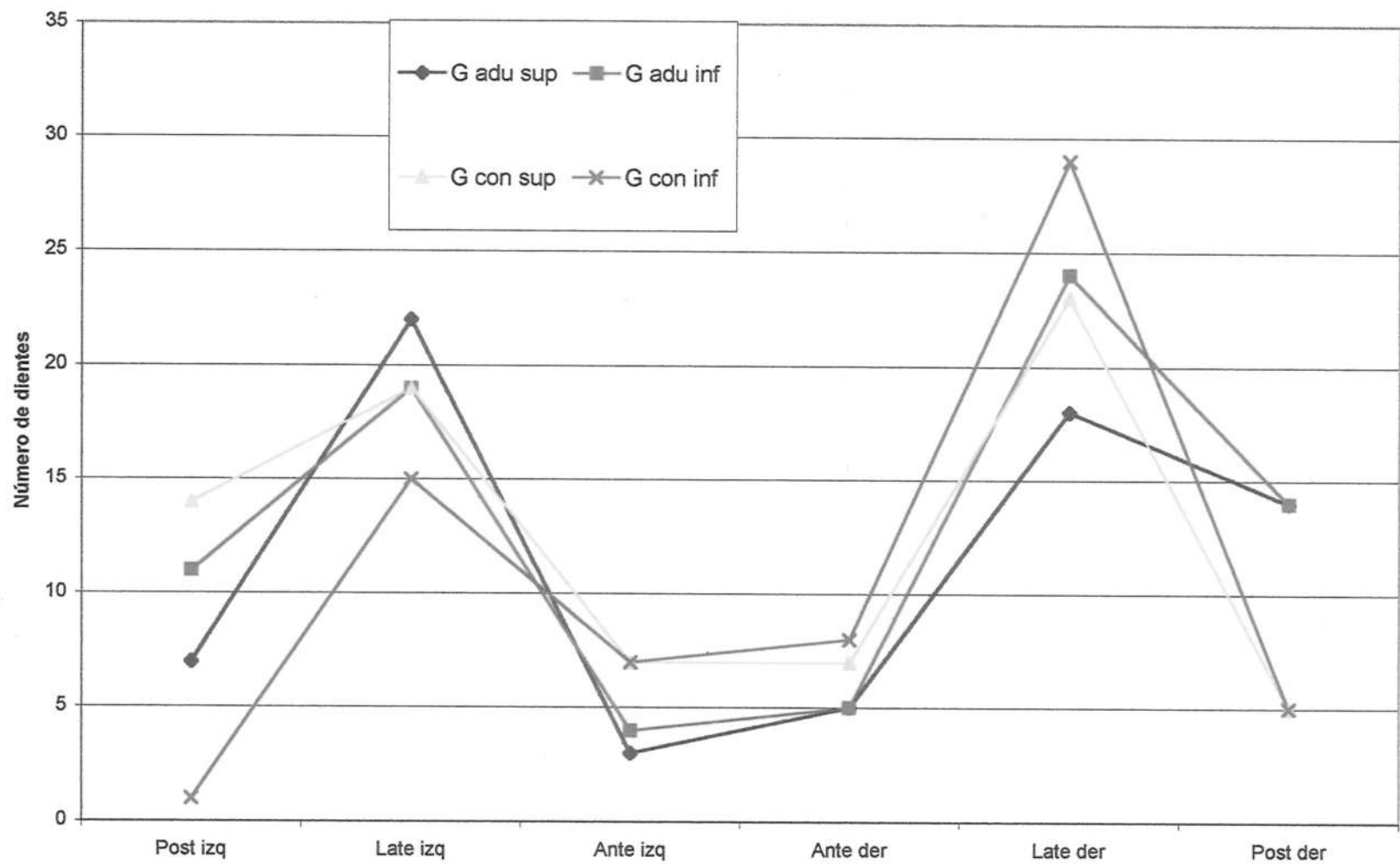


Figura 52.- Número y posición probable de dientes en la mandíbula de dos especies: *Galeocerdo aduncus* y *Galeocerdo contortus*, de la localidad 103 UABC-FCMM-PV, unidad G.

Los dientes que más comúnmente se encuentran asociados son los géneros *Isurus*, *Galeocerdo* y *Carcharocles*, en los tiburones actuales es muy conocido que *Galeocerdo* tiene una marcada debilidad por las tortugas verdes, del género *Chelonia* (Bigelow, 1948; Castro, 1983; Compagno, 1984), lo que se sustenta la idea de una zona de alimentación en donde la predación y/o carroñeo, jugó un importante papel sobre las tortugas marinas y otros vertebrados como mamíferos marinos en esta tanatocenosis.

De acuerdo, con las observaciones de Sánchez-Gutiérrez (com. pers), en la localidad UABC-FCMM-PV 103, unidad G, ha reportado un promedio de 19 elementos óseos de cheloniidae por metro cuadrado de excavación. De por lo menos nueve individuos en total. Dos de los cuales han podido ser reconstruidos, ya que sus elementos no se encontraban muy dispersos.

Observa que de acuerdo con los modelos de desarticulación propuestos por Meyer (1991), la desarticulación de un caparazón transportado por corrientes costeras, ocurre al separarse las placas por las suturas neurales y las placas costales se encuentran semiarticuladas, tan sólo seis días después de realizarse el enterramiento.

Esto apoya fuertemente la idea de un transporte debido a las corrientes costeras, en particular a las corrientes de tormenta.

4.3.5 Huesos de Mamíferos

En el caso de los cetáceos, se han rescatado huesos craneales, planos, abundantes vértebras (Figs. 47, 58 y 59), siempre el número de huesos presentes en la colecta es menor que el esperado. Los huesos se encuentran desarticulados, dispersos y fragmentados. Las vértebras se encuentran generalmente sin apófisis, sólo se conserva el cuerpo central y los discos intervertebrales se encuentran desarticulados y generalmente completos.

Los huesos desarticulados y/o fragmentados encuentran a sus vecinos a corta

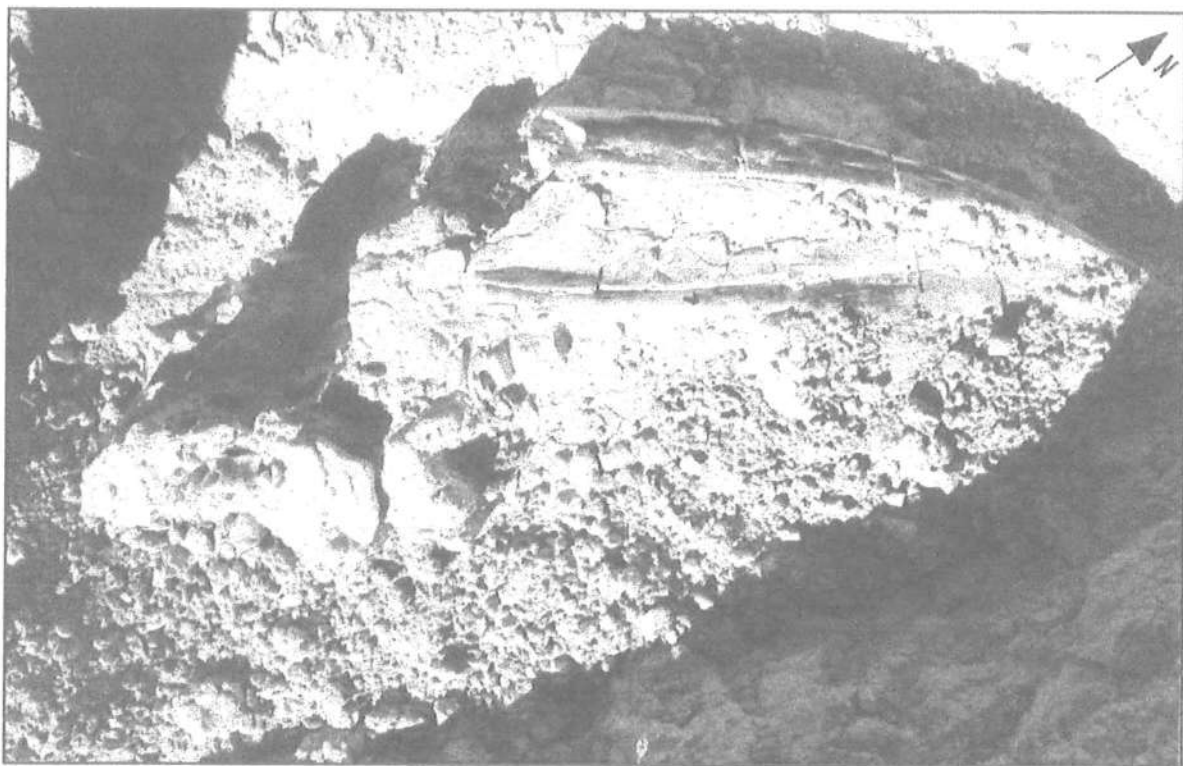


Figura 58.- Fragmento craneal y mandíbulas en posición original de cetáceo mysticeto, cetotherido, UABC-FCMM-PV 3300, colectado en la localidad tipo UABC-FCMM-PV 201, unidad C, de la Formación Rosarito Beach, Miembro Los Indios en la Mesa Los Indios, Baja California.



Figura 59.- Excavación de restos de tres cráneos de cetáceos mysticetos, desarticulados, mezclados y fracturados, en los cuales se realizaron medidas del azimut de la orientación de los huesos (ver Fig.55) colectados en la localidad UABC-FCMM-PV 103, unidad G, Formación Rosarito Beach, Miembro Los Indios en la Mesa La Misión, Baja California.

distancia. Para el caso de la excavación apoyada por National Geographic Society, denominada: NGS98, fue posible recuperar restos de tres individuos de la familia Cetotheriidae, constituidos por restos craneales (Fig. 59), en este caso fue posible la medida de la orientación de los huesos largos de más de un metro, como mandíbulas y premaxila, que son buenos indicadores de la corriente de transporte (Tabla XXVII, Fig.60). La principal orientación de siete de las ocho medidas indican un transporte noreste suroeste, con excepción de una orientación noroeste-sureste, que más bien parece indicar que el hueso se encontraba fijo al sedimento y fue fracturado, al seguir la dirección de la corriente. Los restos de cetáceos se encuentran mezclados lo que sugiere un transporte turbulento en masa, unidireccional, debido tal vez a una corriente ocasionada por la acumulación de agua en la costa de una tormenta.

4.4 Discusión

4.4.1 Gradientes tafonómicos

Las variaciones en los procesos tafonómicos en las localidades UABC-FCMM-PV 102, unidad C y UABC-FCMM-PV 103, unidad G, permiten definir a cada una de estas unidades como tafofacies. Esto asociado con los aspectos sedimentarios ayudarán a entender muchos aspectos ambientales y ecológicos, es por tanto importante, relatar con detalle estas diferencias.

La tafofacie C tiene sedimentos cuya media va de arenas finas a muy finas, en cambio la unidad G, presenta sedimentos formados de arenas gruesas a medias (Tablas I y II), esta variación litológica puede ser reconocida como una litofacie, lo que nos indica un gradiente de energía, menor en C y mayor en G. Este patrón energético también puede ser observado en los diferentes procesos de acumulación de restos óseos. Gradiente corroborado por la presencia de esqueletos articulados en la localidad UABC-FCMM-PV 102, unidad C y desarticulados en la localidad UABC-FCMM-PV 103, unidad G, con marcas evidencias de transporte ocasionado por tormentas, formando tempestitas, que generaron el transporte masivo de huesos.

Tabla XXVII .- Azimut de ocho elementos craneales de cetáceos mezclados asociados en la excavación NGS98 de febrero de 1998, en la unidad G, capa G3, de la localidad UABC-FCMM-PV 103 en la Mesa La Misión, Baja California.

Elemento	Azimut
Mandíbula Cetáceo misticeto	242°
Premaxila Cetáceo misticeto	234.5°
Vomer Cetáceo misticeto	212.5°
Mandíbula Cetáceo misticeto	198°
Frag. Mandíbula Cetáceo misticeto	162°
Caja craneal Cetáceo misticeto	224°
Mandíbula Cetáceo misticeto	190.5°
Mandíbula Cetáceo misticeto	191.5°

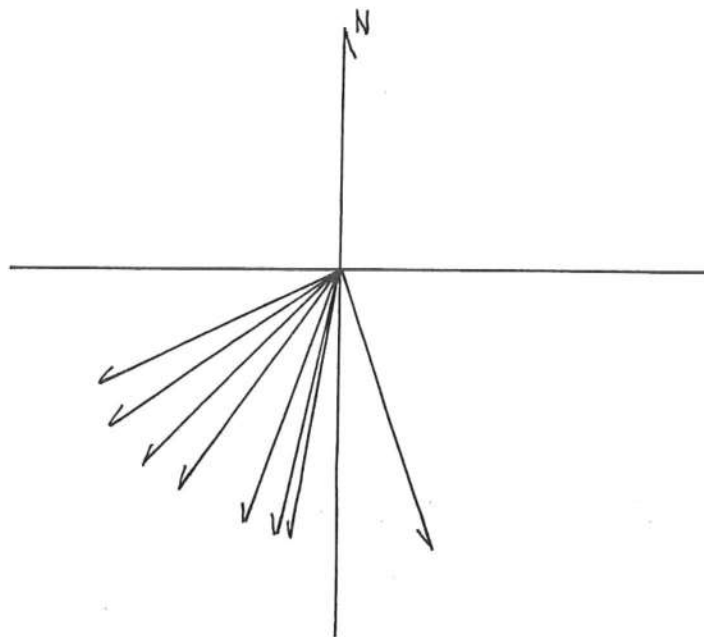


Figura 60.- Diagrama del azimut de ocho elementos craneales de cetáceos misticetos, cetotheridos, transportados en conjunto en la localidad UABC-FCMM-PV 103, unidad G en la Mesa La Misión, Baja California.

También resalta la diferencia en el tiempo de permanencia en la interface agua-sedimento, ya que la mayor parte de epibiontes, perforadores y marcas de pastoreo, ambas se encuentran en los restos de la tafofacie G (Figs. 48b y 50). Observándose que el enterramiento en la localidad UABC-FCMM-PV 102, unidad C debió de haber sido mucho más rápido que en la localidad UABC-FCMM-PV 103, unidad G. Esto puede ser corroborado por la mayor abundancia de materia orgánica (más de 28%) en los sedimentos de la tafofacie G, ya que después del periodo de depositación, los restos permanecieron algún tiempo en la interfase agua-sedimento, lo que permitió la acumulación e integración de la materia orgánica a los sedimentos, debido al material fino, que actuó como trampa. Así mismo, la materia orgánica adherida a los huesos de la tafofacie C, debido a su rápido enterramiento.

Se observa una mayor densidad de restos en la tafofacie G que en la tafofacie C, así como una notable mezcla de restos de diversos taxa en la primera. Sin embargo la mayor diversidad de especies se encuentra en la tafofacie C. Esta diferencia debe ser atribuida a los procesos de acumulación relacionados con los procesos físicos de transporte que originaron la formación de una capa de huesos en la tafofacie G (Fig. 19).

Una muy notable diferencia ésta en la asociación de muerte preservada en cada una de las tafofacies. Los restos orgánicos de la tafofacie C son de menor tamaño, dientes de tiburón de especies chicas a medias (Carcharhinidae), placas dentarias de rayas pequeñas (Rhinopteridae y Myliobatidae), peces óseos pequeños (sardinias y macarelas), restos de animales continentales, mamíferos herbívoros costeros frecuentes y articulados. En cambio en la tafofacie G, se observan restos de mayor tamaño, aunque desarticulados y fragmentados, dientes de especies de tiburones de mayor tamaño (Lamnidae), placas dentarias de rayas de mayor tamaño (Myliobatidae), peces óseos grandes (*Thunnus* sp. y *Stereolepis* sp.), restos de animales poco más oceánicos.

Los procesos de destrucción nos muestran importantes diferencias, en la

tafofacie C, el número de dientes de tiburón que se encuentran completos es mayor en especies de tamaño menor como *Carcharhinus* sp.1, *Carcharhinus* sp. 3 y *Carcharhinus* sp.4 (Tabla XVII, Fig. 61), que en especies de tamaño mayor, como *Hemipristis serra* y *Negaprion* sp. (Tablas IV y XII, Fig. 61), donde el número de dientes fragmentados es mayor. En cambio en la tafofacie G, el número de dientes fragmentados siempre es mayor que el número de dientes completos (Fig. 62), en casi todas las especies. Lo anterior indica un gradiente energético mayor en la tafofacie G y menor en la tafofacie C.

La relación entre dientes izquierdos y derechos, se mantiene constante en ambas tafofacies (Fig. 61 Y 62), lo que nos indica que no existe un proceso de selección entre dientes de un lado de la mandíbula y el otro. Así mismo, casi siempre es mayor el número de dientes superiores e inferiores, en ambas tafofacies, lo que nos puede indicar que los dientes que más pierden los tiburones durante su proceso alimenticio, son los superiores y por tanto, son los que más frecuentemente se preservan. No es posible explicar este tipo de comportamiento de las razones entre superiores e inferiores a través de un proceso selectivo o destructivo de dientes de menor tamaño, ya que los dientes de menor tamaño se encuentran casi siempre completos y en muy buen estado de conservación.

Un aspecto que puede alterar o afectar la interpretación de estos resultados es que el número de dientes fragmentados puede contarse dos o más veces, al contar cada una de las piezas de un mismo elemento.

En la tafofacie G la presencia de un mayor número de dientes laterales de tiburones lamnidos, indica que la muestra es representativa, ya que estos son los dientes más abundantes en una mandíbula (también los posteriores, pero tienen menos uso y su tamaño es pequeño, por lo que no se encuentran en la muestra).

También en general, la distribución de los dientes muestra una tendencia o sesgo hacia los de mayor talla, mostrado por la poca frecuencia de dientes anteriores pequeños, debido posiblemente a la que esta zona representa una zona donde

Tafofacie C

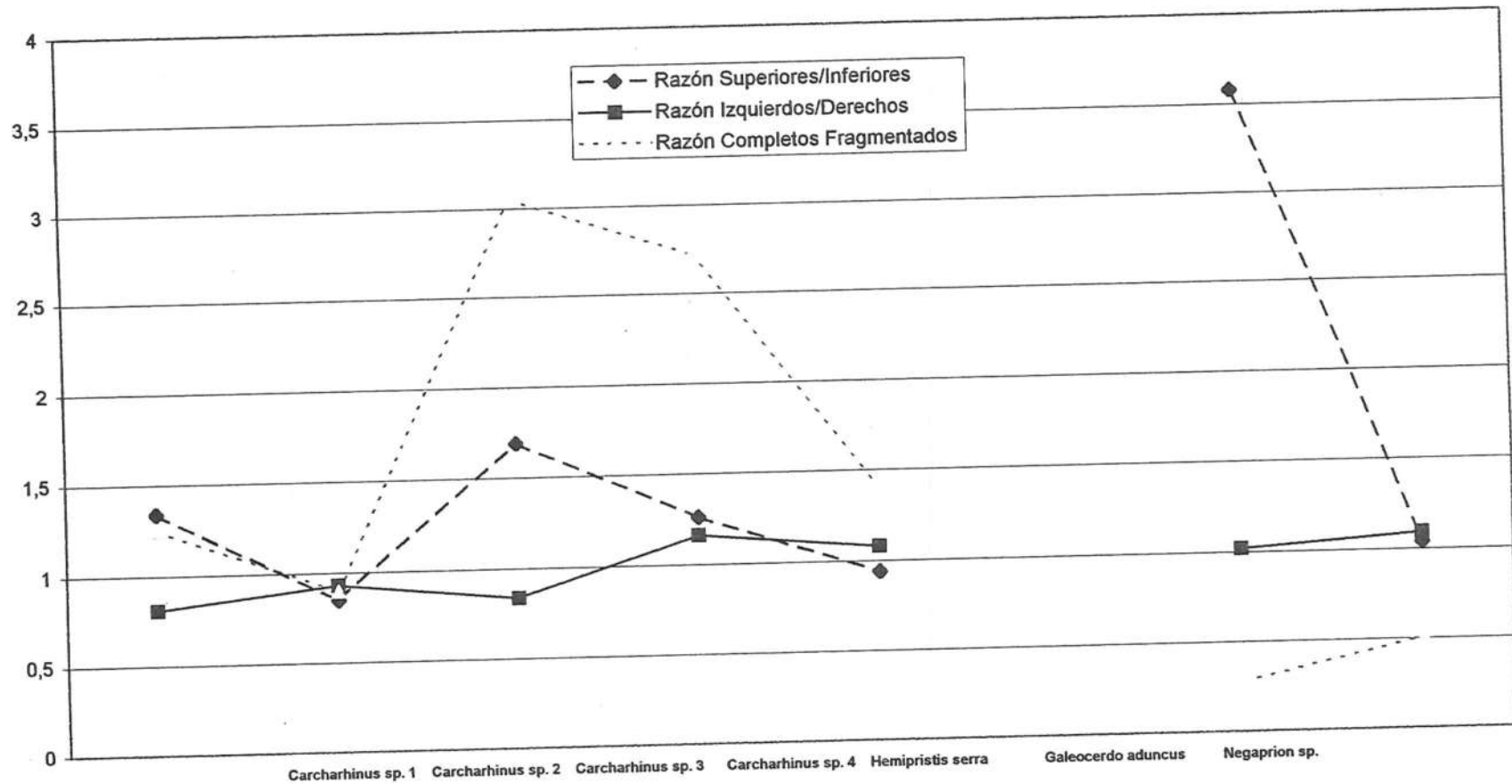


Figura 61.- Razones en la proporción de dientes superiores entre inferiores, de dientes izquierdos entre derechos y de dientes completos entre fragmentados, de siete especies: *Carcharhinus* sp.1, *Carcharhinus* sp. 2, *Carcharhinus* sp. 3, *Carcharhinus* sp. 4, *Hemipristis serra*, *Galeocerdo aduncus* y *Negaprion* sp.

Tafofacie G

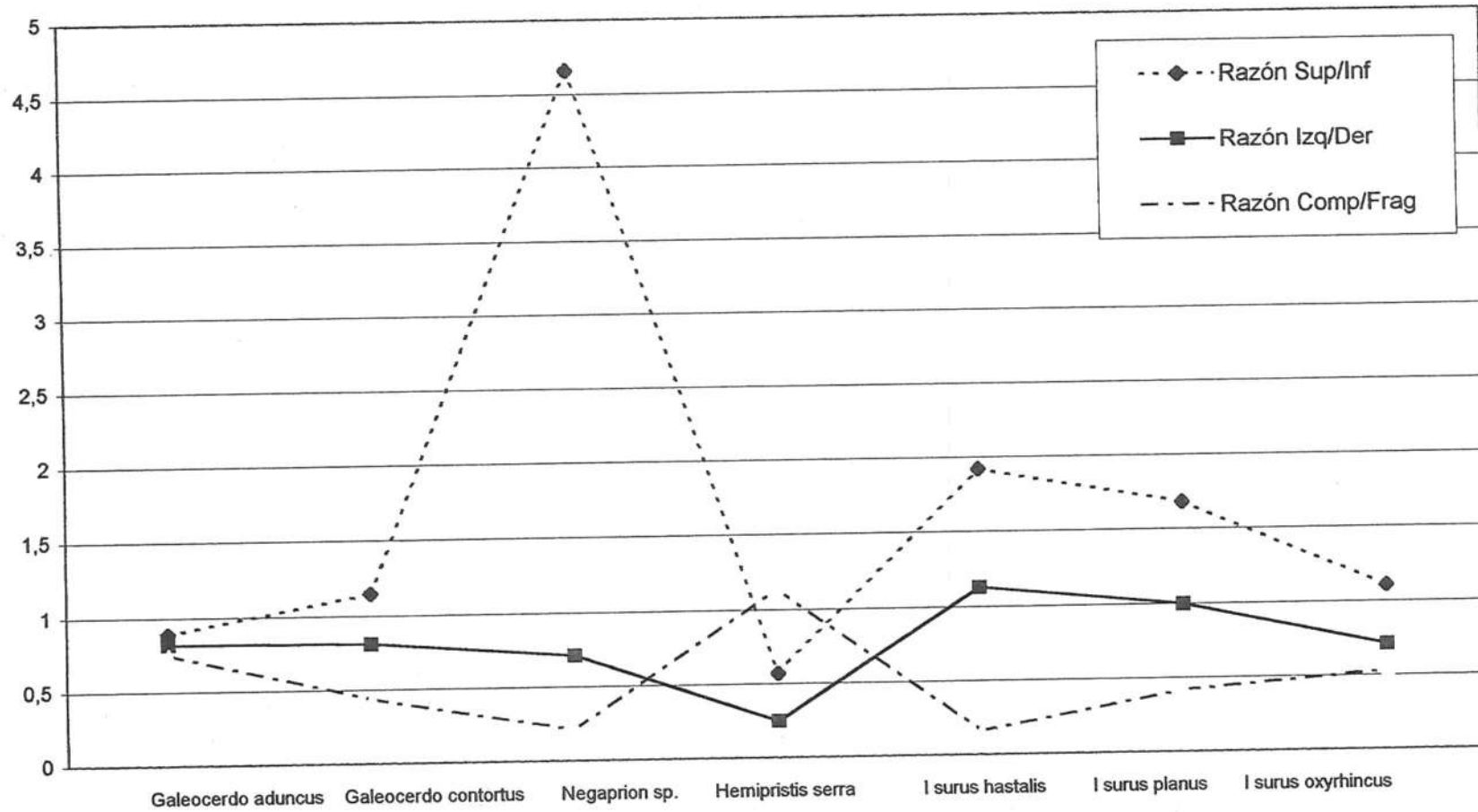


Figura 62.- Razones en la proporción de dientes superiores entre inferiores, de dientes izquierdos entre derechos y de dientes completos entre fragmentados, de siete especies: *Galeocerdo aduncus*, *Galeocerdo contortus*, *Negaprión sp.*, *Hemipristis serra*, *Isurus hastalis*, *Isurus planus* e *Isurus oxyrinchus*, de la localidad UABC-FCMM-PV 103, unidad G.

organismos adultos de estos grupos de tiburones, se alimentaban o reproducían. Los dientes de mayor tamaño y más usados son los anteriores, para desgarrar y los laterales para cortar (Bigelow, 1948; Castro, 1980), lo que sugiere una zona de alimentación y/o para detener a la hembra durante el proceso de apareamiento, lo que indicaría una zona de reproducción.

Las raíces de los dientes de tiburón presentan características distintivas del proceso tafonómico que les permitió preservarse. Desde su integración al sedimento y durante el proceso de transporte, ya sea ligero o intenso, la energía movió a las partículas dentarias junto con el sedimento, posteriormente las raíces de los dientes de tiburón sufrieron un proceso de fosilización, donde se recrystalizo la osteodentina o dentina trabecular (Cappetta, 1978) y se permineralizo con relleno de hidroxiapatita. Se observa que el mayor daño a los restos dentarios de tiburones ocurre en las raíces, tal vez su partición se deba a los procesos de intemperismo y de erosión ocurridos en el área de afloramiento, debidos a las lluvias, el trabajo agrícola y pecuario que ahí se realiza, partiéndolos y aumentando su grado de destrucción. Los dientes de mayor tamaño muestran más evidencias de destrucción.

4.5 CONCLUSIONES

Se definen dos tafofacies:

La primera compuesta por fósiles articulados, ubicada en las unidades inferiores de la columna estratigráfica, unidades C y D, indican condiciones depositacionales de baja energía, relacionadas con la zona sublitoral, por debajo de la influencia de olas y mareas. Se asocian con la presencia de moluscos, cuyas conchas fueron disueltas, sus moldes se presentan articulados, pero no en posición de vida, lo que indica corto transporte. También resalta la presencia de sedimentos terrígenos producto del transporte fluvial del continental hacia la playa, evidenciada por la presencia de restos de animales terrestres como los camellos.

La segunda formada por restos desarticulados, fragmentados y dispersos, en las

capas superiores de la columna, unidad G, indica condiciones de alta energía, relacionadas con el transporte de sedimentos de la zona sublitoral a la plataforma, por efecto de las corrientes de tormenta. Los restos estuvieron expuestos durante un corto periodo de tiempo en la interfase agua sedimento, como lo indican las evidentes marcas de bioerosión, pastoreo y carroñeros.

Se reconocen como los procesos tafonómicos afectan a los tiburones:

- 1) La igualdad en el número de dientes izquierdos y derechos, es el resultado de un proceso natural de reemplazamiento de los dientes, que confirma la suposición de una razón de desprendimiento homogénea.
- 2) La mayor proporción de dientes superiores, en las especies de la familia Carcharhinidae, *Carcharhinus* sp.1, *Carcharhinus* sp.2, *Carcharhinus* sp.3, *Carcharhinus* sp.4 y *Negaprion* sp., demuestra la proporción natural de estos en las especies actuales. De igual forma la mayor proporción de dientes inferiores refleja la misma situación para los *Hemipristis serra* y *Galeocerdo* spp.
- 3) El mayor número de dientes en cualquier mandíbula de las especies de organismos actuales estudiadas, corresponde a los dientes laterales, también en la tanatocenosis son los más abundantemente preservados.
- 4) La falta de dientes pequeños es debida a un proceso tafonómico posterior a la fosilización, producto del lavado de las rocas por las lluvias, que al remover el sedimento concentran los dientes de mayor tamaño en la superficie del sedimento, afectando directamente la proporción natural y generando un sesgo en la muestra. Los dientes pequeños se encuentran en proporciones normales en los sedimentos.

CARACTERÍSTICAS PALEOAMBIENTALES E INTERPRETACIÓN PALEOECOLÓGICA DE LA FAUNA LOCAL DE LA MESA LA MISIÓN, BAJA CALIFORNIA.

La preservación de más de 84 especies de vertebrados fósiles que habitaron las costas del océano Pacífico norte durante el Mioceno Medio (16 a 14 Ma), es de gran trascendencia para el conocimiento y comprensión del desarrollo, interacción y evolución de los vertebrados marinos en el mundo. Una vez analizada la muestra, con base en los principales componentes faunísticos colectados, se puede establecer que La Fauna Local de la Mesa La Misión, es una muy importante muestra de organismos marinos vertebrados que fueron preservados en los sedimentos de la Formación Rosarito Beach, Miembro Los Indios en la Mesa La Misión, Baja California. Además con la descripción de las principales características sedimentarias del depósito (ver Estratigrafía), es posible hacer una discusión sobre los procesos que dieron lugar a la asociación de muerte.

La tanatocenosis de la Mesa La Misión, conserva algunas de las más importantes características de la asociación de los organismos en vida, ya que, en algunos casos, se reconocen los componentes de las poblaciones (restos de organismos de la misma especie de distintas tallas), así como diferentes especies asociadas en localidades o capas estratigráficas específicas. También es posible reconocer restos de especies que sugieren fuertemente cual fue su rol ecológico (nicho) en las comunidades, la interacción de los organismos con el sedimento nos permite entender y proyectar los escenarios en donde se desarrollaron y las interacciones entre las especies aclaran las tramas tróficas y permiten establecer algunas relaciones alimenticias, usando la analogía al compararla con el ecosistema marino moderno. Con esto, su posterior discusión permite entender algunas relaciones paleoambientales y paleoecológicas.

5.1 PALEOAMBIENTE

5.1.1 El ambiente marino del Mioceno Medio en la costa oeste de Baja California

La biota se adapta a ambas condiciones de heterogeneidad e inestabilidad del hábitat. Consecuentemente, las comunidades son claramente sensitivas a reflejar las condiciones del ambiente (Scott, 1978). Por esto la interpretación acerca del paleoambiente donde vivieron los vertebrados marinos fósiles de la Fauna Local de la Mesa La Misión, se realiza por partes, usando los principales indicadores biológicos, físicos, químicos y geológicos que representan mayor resolución, apoyado en el Uniformismo Taxonómico y el actualismo. Las tafofacies (ver tafonomía) representan la información ganada o perdida en los gradientes ambientales y son de un tremendo valor predictivo para la interpretación ambiental (Speyer y Brett, 1988).

5.1.2 Geografía

Durante el Mioceno medio tiene lugar dos importante factores que afectan a las comunidades costeras de Baja California, la existencia de una libre comunicación entre los océanos Pacífico y Atlántico por América central (Fig. 63) y la fisiografía de la costa del Pacífico de Norteamérica.

La libre comunicación entre los océanos Pacífico y Atlántico sirvió de ruta para que muchas especies de animales marinos entraran al océano Pacífico este y viceversa dentro del Atlántico oeste. Posteriormente, la formación del Istmo de Panamá ha tenido un largo y complejo proceso a lo largo de más de 20 millones de años (Ma), con consecuencias fundamentalmente en la circulación oceánica, patrones climáticos globales y en biogeografía, ecología y evolución de organismos terrestres y marinos (Jones y Hasson, 1985; Stehli y Webb, 1985; en Coates y Obando, 1996).

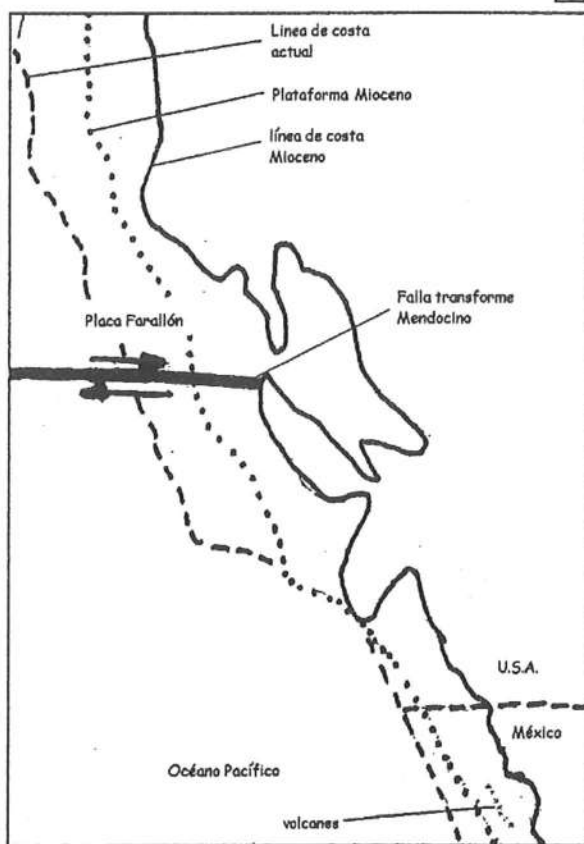
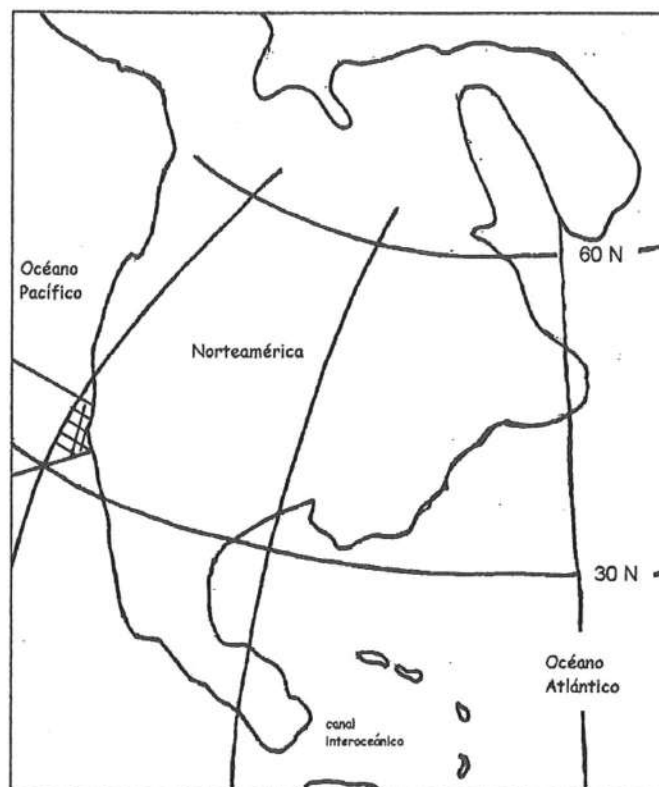
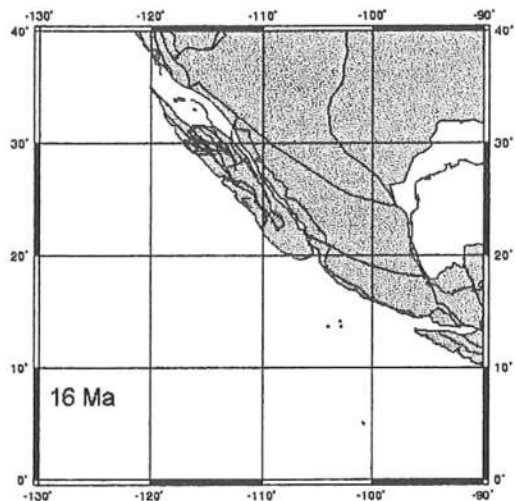


Figura 63.- Ubicación geográfica de la Formación Rosarito Beach, Miembro Los Indios, en la Mesa La Misión, Baja California, durante el Mioceno medio. a) posición del continente americano durante el Mioceno, b) paleogeografía de México durante el Mioceno y c) reconstrucción de la costa noroeste de Baja California y California durante el Mioceno medio (modificado de Blakey, 1997)

La formación gradual del Istmo de América Central produjo un gran incremento en las razones de especiación alotrópica y la diversidad (Mayr, 1954, 1963; Rubinoff, 1968; Vermeij, 1978; Lessios, 1981; Jackson y Budd, 1996).

5.1.3 La influencia de las aguas tropicales Atlánticas

Se puede dar dos ejemplos: Primero, la abundante presencia de tiburones de aguas costeras tropicales a subtropicales, como *Carcharhinus brachyurus* y *Carcharhinus falciformis* en los depósitos de la Formación Pungo River, en Carolina del Norte, U.S.A., durante el Mioceno temprano (Heim, 1998; Bourdon, 2001) y su presencia abundante en los depósitos de la Formación Rosarito Beach, Miembro Los Indios en La Mesa La Misión, Baja California, México, durante el Mioceno medio, demuestra la relación entre las aguas de ambos océanos y establece la posibilidad de especiación alotrópica.

Segundo, la presencia de esqueletos del género *Metaxytherium* en el Atlántico, Formación Calvert, en Florida, U.S.A., (Domning, 1982) en el Mioceno Medio, en Perú, Fm. Pisco (de Muizon, 1992) y en Baja California, en la Mesa La Misión, Fm. Rosarito Beach, ponen de manifiesto la importancia de esta conexión interoceánica en los procesos de especiación de este grupo de Sirenia, que fue el único capaz de desarrollarse y adaptarse a las aguas frías del océano Pacífico (Domning, 1978; Aranda-Manteca y Domning, 1987; Aranda-Manteca *et al.*, 1994).

La fisiografía de la costa noroccidental de México durante el Mioceno medio, es debida a un intenso proceso de subducción de la Placa Farallón, la zona de falla transforme Mendocino intercepta Norteamérica, lo que ocasiona el desarrollo de vulcanismo en grandes áreas al oeste de Norteamérica. La futura península se encuentra formando parte del continente americano. La plataforma continental es angosta y se encuentra asociada a un sistema de islas volcánicas en forma de arco (Blakey, 1997) (Fig. 63).

5.1.4 Temperatura

La temperatura del agua de mar es la principal causa de la distribución geográfica de los organismos tanto local como regionalmente (Ladd, 1957), por esto es de gran importancia establecer los intervalos latitudinales y térmicos de las principales especies de la Fauna La Misión, con base en los intervalos de los representantes actuales de los organismos presentes en dicha asociación (Tabla XXIV). Aquí se observa que todas las especies presentes tienen un intervalo de ensamble, que ocurre entre los 30° y 40° de latitud, al comparar los resultados con la posición de las antiguas isotermas del océano Pacífico, de acuerdo con Durham (1950); en Raup y Stanley, 1984, indica una temperatura entre 18 y 20°C. Lo que representa un clima subtropical a templado. Todas las reconstrucciones paleo climáticas de la costa de California sugieren condiciones tropicales-subtropicales a través de la mayor parte del Mioceno (Domning, 1978). También, la temperatura del agua superficial y de fondo para el Pacífico Norte, basada en estudios de isótopos de oxígeno, es de 17°C y 5°C respectivamente (Habicht, 1979). Lo que corrobora lo propuesto por Demere *et al.*, (1984) para la Fauna La Misión, de un clima subtropical. Sin embargo, Ledesma y Kasper (1989) proponen un ambiente de plataforma con masas de agua fría predominantes sobre masas de agua cálida.

La presencia de varios géneros de vertebrados en la Fauna La Misión, indica que existe una asociación de especies que tienen preferencia hacia temperaturas tropicales y subtropicales, como *Negaprion*, *Rhizoprionodon*, *Rhinobatos*, *Dasyatis*, *Stereolepis*, *Diodon*, *Aridae*, *Acanthocybium* y *Chelonia*, sin embargo, se presenta otro grupo de géneros con mayor tendencia hacia aguas templadas, como *Squalus*, *Triakis*, *Thunnus*, *Sphyræna*, *Dermochelys*, *Puffinus* y *Diomedea* (Tabla XXIX y XXX; Fig. 64); esta aparente controversia sugiere una zona de interacción entre aguas subtropicales y templadas, que da como resultado la mezcla de comunidades y una mayor diversidad específica. Tal como ocurre actualmente en la Corriente de California frente a Isla Cedros, B.C. donde la diversidad se incrementa producto de la mezcla de comunidades subtropicales y templadas.

Tabla XXIX.- Intervalos latitudinales de los principales géneros de los representantes actuales de vertebrados fósiles de la Fauna Local de Mesa La Misión, Baja California. (basado en Compagno, 1984; Miller y Lea, 1972; Dodd y Stanton, 1981).

Latitud Norte	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0
Géneros Actuales										
<i>Hexanchus</i>					x	x	x		x	x
<i>Heptranchias</i>					x	x	x	x	x	
<i>Echinorhinus</i>					x	x	x	x		
<i>Squalus</i>			x	x	x	x	x			
<i>Isistius</i>						x	x	x	x	x
<i>Squatina</i>					x	x	x	x		
<i>Heterodontus</i>						x	x	x		
<i>Ginglymostoma</i>						x	x	x	x	x
<i>Isurus</i>					x	x	x	x	x	x
<i>Alopias</i>			x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Cetorhinus</i>			x	x	x	x	x	x	x	
<i>Scyliorhinus</i>						x	x	x	x	
<i>Mustelus</i>						x	x	x	x	x
<i>Triakis</i>			x	x	x	x	x			
<i>Hemipristis</i>						x	x	x	x	x
<i>Carcharhinus</i>						x	x	x	x	x
<i>Galeocerdo</i>					x	x	x	x	x	x
<i>Negaprion</i>						x	x	x	x	x
<i>Rhizoprionodon</i>						x	x			
<i>Sphyrna</i>				x	x	x	x	x	x	x
<i>Rhinobatos</i>							x	x		
<i>Dasyatis</i>							x	x	x	x
<i>Aetobatus</i>						x	x	x	x	
<i>Aetomylaeus</i>							x			
<i>Myliobatis</i>						x	x			
<i>Pteromylaeus</i>							x			
<i>Rhinoptera</i>							x			
<i>Acipenser</i>			x	x	x	x	x	x		
<i>Sardinops</i>						x	x	x		
<i>Syngnathidae</i>				x	x	x	x	x		
<i>Sphyrnaena</i>				x	x	x	x	x		
<i>Semicossyphus</i>						x	x	x		
<i>Thunnus</i>				x	x	x	x	x		
<i>Stereolepis</i>						x	x	x		
<i>Diodon</i>						x	x	x	x	x
<i>Chelonia</i>						x	x	x	x	x
<i>Dermochelys</i>			x	x	x	x	x			
<i>Puffinus</i>			x	x	x	x	x			
<i>Diomedea</i>				x	x	x	x			
<i>Anadara</i>						x	x			
<i>Chione</i>							x	x	x	
<i>Tagelus</i>						x	x			

Tabla XXX.- Representación gráfica de los intervalos habitables para las géneros actuales de los fósiles de la Fauna Local de la Mesa La Misión, Baja California (basado en Compagno, 1984; Miller y Lea, 1972; Domning, 1982; Mitchell, 1966).

Especie	Continente	Litoral	Sublitoral	Plataforma	Bentónico	Pelágico
<i>Hexanchus</i>					X	
<i>Heptranchias</i>					X	
<i>Echinorhinus</i>					X	
<i>Squalus</i>					X	
<i>Isistius</i>					X	
<i>Squatina</i>					X	
<i>Heterodontus</i>					X	
<i>Ginglymostoma</i>					X	
<i>Isurus</i>						X
<i>Alopias</i>					X	X
<i>Cetorhinus</i>						X
<i>Scyliorhinus</i>					X	
<i>Mustelus</i>					X	
<i>Triakis</i>					X	X
<i>Hemipristis</i>						X
<i>Carcharhinus</i>						X
<i>Geleocerdo</i>						X
<i>Negaprion</i>					X	
<i>Rhizoprionodon</i>						X
<i>Sphyrna</i>						X
<i>Rhinobatos</i>					X	
<i>Dasyatis</i>					X	
<i>Aetobatus</i>					X	
<i>Aetomylaeus</i>					X	
<i>Myliobatis</i>					X	
<i>Pteromylaeus</i>					X	
<i>Rhinoptera</i>					X	
<i>Acipenser</i>						X
<i>Sardinops</i>						X
Syngnathidae						X
<i>Sphyrnaena</i>						X
<i>Semicossyphus</i>						X
<i>Thunnus</i>						X
<i>Stereolepis</i>						X
<i>Diodon</i>						X
<i>Chelonia</i>						X
<i>Dermochelys</i>						X
<i>Puffinus</i>						
<i>Diomedea</i>						
<i>Kentriodon</i>						X
Cetotheriidae						X
Allodesminae						X
Paleoparadoxiidae					X	
<i>Metaxytherium</i>						X
<i>Arctiodactyla</i>						

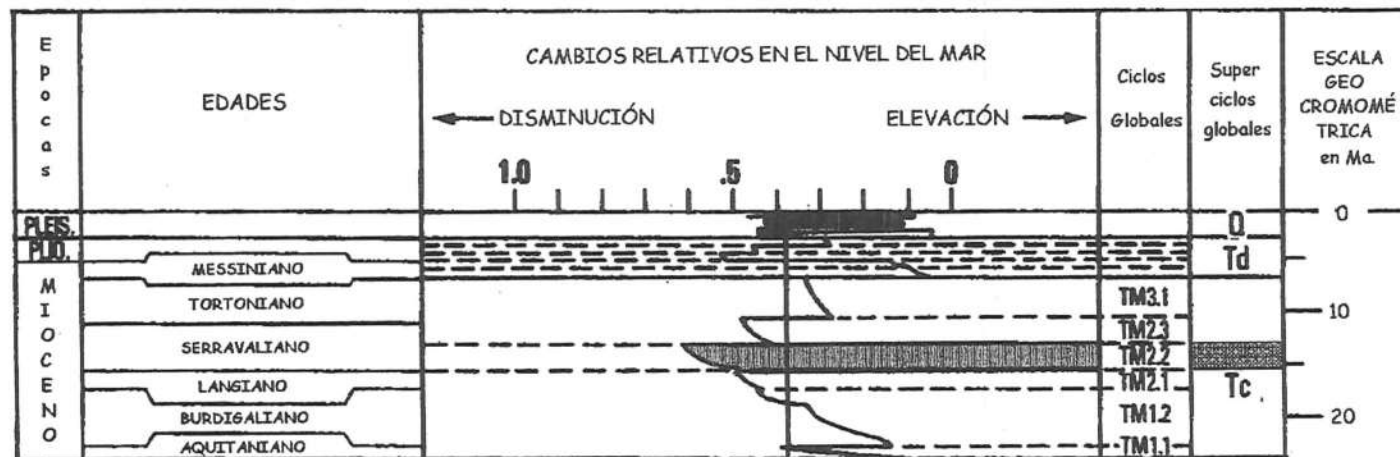
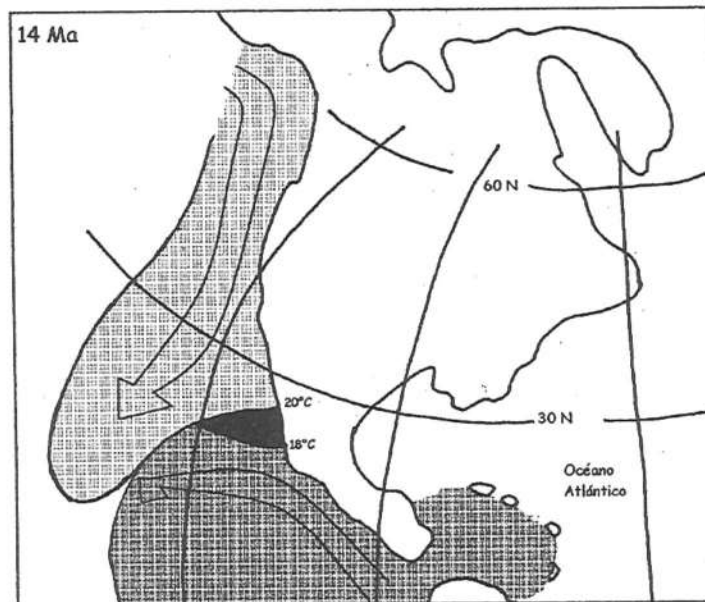
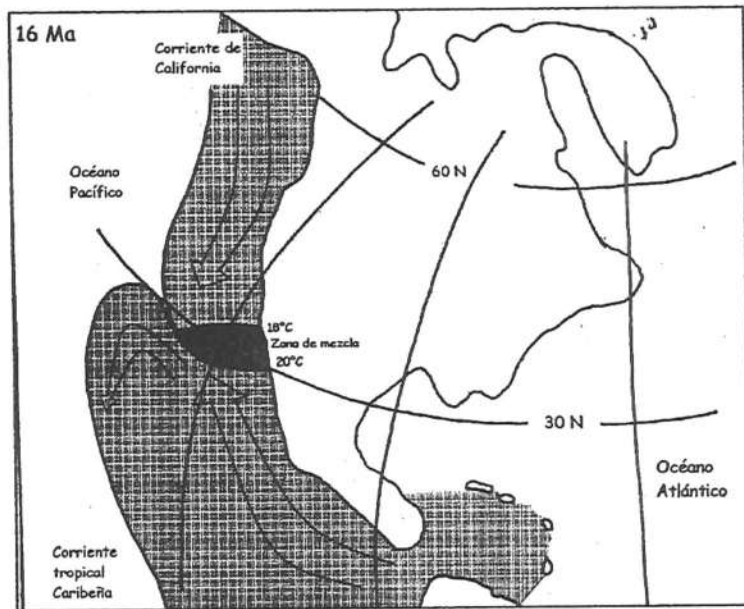


Figura 64.- Representación gráfica de las masas de agua y zona de mezcla de la Corriente de California y la masa tropical Caribeña, durante el Mioceno Medio. a) 16 Ma, elevación del nivel del mar, TM 2.2 b) 14 Ma, disminución del nivel del mar, TM 2.3 , c) cambios relativos del nivel del mar durante el Mioceno (tomado de Kennett, 1982).

El cambio climático global para el modelo no-glacial a glacial (Kennett, 1977) durante el Mioceno medio esta en función de una rápida formación de la capa de hielo del Antártico, entre 16 a 13 Ma (Fig. 68). Este incremento en el gradiente termal produce en consecuencia la aceleración de la circulación atmosférica y oceánica (Ingle, 1981).

5.1.5 La influencia de aguas subtropical dentro de latitudes medias (15 a 13 Ma).

La inclusión de especies subtropicales dentro de latitudes medias ocurre primeramente durante el Mioceno Medio debido a una elevación del nivel del mar a nivel global, las asociaciones de fósiles de este tiempo son generalmente usadas para correlacionar faunas de latitudes medias y bajas (Fig. 64). Durante el Mioceno Tardío las faunas de latitudes medias contienen escasas especies subtropicales reflejando la estabilidad de la provincia de la Corriente de California en este tiempo (Keller y Barron, 1981). En este estudio se refieren principalmente a la fluctuación en la abundancia de foraminíferos planctónicos, pero esto también se corrobora con organismos vertebrados.

5.1.6 Diatomita

La presencia de sedimentos diatomáceos, apoya las ideas anteriores y da un nuevo panorama, cuando se explica como un evento ocurrido en una antigua zona de surgencias. El calentamiento de las masas de aire sobre los continentes durante la primavera y verano causa la intensificación de los sistemas subtropicales de alta presión sobre las mayores cuencas oceánicas. Los vientos ecuatoriales responden a la fuerza del gradiente de la presión atmosférica y generan un transporte Ekman de agua superficial hacia el norte y sur América, Europa y África durante primavera y verano (Bakun y Nelson, 1991). Resultando por causas divergentes una surgencia de agua subsuperficial fría y rica en nutrientes. La íntima conexión entre la circulación atmosférica y oceánica es la responsable principal de las muy altas productividad biológica de las corrientes al este del continente como California y Peru/Humboldt (Geen y Takesue, 1999). Mientras la luz es suficiente y las surgencias continúan, ocurre una alta

producción planctónica que se refleja en una abundantes poblaciones de fauna local (Berta y Sumich, 1999).

La aparición sincrónica de diatomitas durante el Neogeno en el Pacífico Norte es producto del incremento vigoroso de la circulación atmosférica y oceánica y la proliferación de productividad por diatomeas en las latitudes medias y altas como respuesta a la construcción de la capa de hielo Antártica del Mioceno Medio (16 a 15 Ma) y el cambio global a un clima de tipo glacial. Una vez establecido el régimen climático glacial durante el Mioceno medio, va acompañado por un incremento en la amplitud y frecuencia de los eventos climáticos en el norte del hemisferio (Ingle, 1981).

Las diatomitas de la Mesa Los Indios, en La Misión, Baja California, son consideradas de aguas subtropicales de una plataforma interna debido a la presencia de especies de aguas templadas a cálidas (*Actinocyclus ehrengergi*, *Actinocyclus ingens* var. *ingens*, *Biddulphia aurita*, *Coscinodiscus curvulatus*, *Coscinodiscus oculus-iridis*, *Coscinodiscus marginatus*, *Thalassiosira nitzschoides*, *Thalassiosira longissima*) y las especies bentónicas (*Actinoptychus* spp., *Diploneis taschenbergeri*, *Navicula clavata*, *Navicula lyra* var. *lyra*, *Rhaphoneis amphioceros* var. *elongata*, *Rhaphoneis sachalinensis*, *Triceratium* cf. *condecorum* y *Xanthiopyxis*), así como las especies de silicoflagelados (*Cannopilus hemmisphaerincus*, *Cannopilus sphaerincus*, *Dictyota fibula*, *Corbisema triacantha* var. *minor*, *Distephanus cruz*, *Distephanus especulum* y *Mesocena apiculata* (Esparza-Álvarez, 1995).

La productividad alta de sílice ocurre en intervalos de enfriamiento climático, resultado de la intensificación de la circulación profunda y está asociado al incremento de la disolución de carbonatos (Keller y Barron, 1981). Esto es resultado del estudio de tres hiatus, entre 6 a 7 Ma, entre 9 a 10 Ma y 11 a 12 Ma., que se encuentran ampliamente distribuidos en el océano Pacífico profundo (Barron, 1981; Keller, 1980). Lo que sugiere que un periodo de enfriamiento puede estar relacionado con el depósito sedimentario de La Misión donde se observa disolución de los carbonatos, tal vez producto de la intensificación en la circulación oceánica (Minch *et al.*, 1984).

5.1.7 Productividad

Las condiciones adecuadas para que ocurra la depositación, en plataforma continental de tipo Borderland (Emery, 1960), de sedimentos laminados ricos en diatomeas, se caracterizan por: una muy alta surgencia y mezcla que produzca alta productividad primaria más de 250 g C/m²/año (Lisitzin, 1976), una producción pequeña de carbonato biogénico y una zona estable de oxígeno mínimo (Donegan y Schrader, 1981). Por lo que se deduce que la productividad primaria tuvo que ser mayor a los 250 g C/m²/año, por lo menos durante el periodo de depositación de la capa. En las otras capas la alta productividad se ve reflejada en la abundancia y diversidad de depredadores, por lo que se considera que también debió de haber sido alta la productividad primaria, pero por debajo de lo propuesto para los sedimentos diatomáceos.

La alta diversidad de mamíferos marinos, durante el Mioceno medio, que son el soporte de la población de especies de depredadores (como tiburones) de gran tamaño, podría explicar la presencia de muchas especies de tiburones. Los tiburones pequeños con diversa variedad de adaptaciones tróficas, dedicados a atrapar y limpiar (carroñar) una larga lista de organismos marinos como: peces, reptiles, aves, moluscos, artrópodos, equinodermos, entre otros, todos son dependientes de la producción primaria (Espinoza-Arrubarena, 1987).

5.1.8 Oxígeno

En el ambiente marino de La Misión estaba ocurriendo una alta productividad y subsecuentemente, la utilización del oxígeno, lo que generó un déficit de oxígeno en las aguas sub superficiales, intermedias y profundas en el océano Pacífico este tropical, la Corriente de California proveyó una fuente conveniente (Knauss, 1961) y la penetración de considerable transporte de la masa polar por corrientes subsuperficiales (Soutar, Jonson y Baumgarner, 1981).

En particular las fluctuaciones en la concentración cerca del fondo del oxígeno disuelto juega un papel crítico en la preservación de capas laminadas (Soutar, Johnson y Baumgarnet, 1981). La preservación de estructuras laminadas sugiere que la depositación de los sedimentos ocurrió en condiciones de poca turbulencia y condiciones bajas de oxígeno (Bramlette, 1946, en Garrison *et al.*, 1981), proponiendo que los sedimentos de las capas con sedimentos laminados fueron originalmente formados por debajo de la acción de las olas y corrientes en una cuenca de mar abierto (Soutar, Johnson y Baumgarner, 1981).

5.1.9 Sustrato-Energía

La relación entre el tamaño de grano y la energía que fue necesaria para su movimiento y posterior acumulación ha sido estudiada por muchos autores, como Folk, 1954; Friedman, 1970. Las características texturales de los sedimentos fueron descritos en la Estratigrafía, así como los procesos que permitieron su acumulación en la Tafonomía, con base en estos dos análisis es posible hacer una aproximación a las condiciones energéticas del ambiente en que habitaron los organismos de la Fauna Local de la Mesa La Misión.

El ambiente de depósito de la Formación Rosarito Beach, Miembro Los Indios en la Mesa La Misión, es resultado de un proceso de acumulación de baja energía, que se refleja en el tamaño de los sedimentos que son arenas finas a muy finas, pobremente clasificadas. En la secuencia se observa una variación de facie (Figs. 19 y 21), asociado a dos procesos de transporte. Que se representa por los dos extremos del gradiente: evento de depositación normal con bajas tasas de sedimentación y por los eventos catastróficos de transporte sedimentario, producto de los eventos de alta energía (Ashby, 1989), como las tormentas.

5.1.10 Salinidad

Las condiciones de salinidad son difíciles de estimar usando como indicadores a los vertebrados marinos, ya que estos tienen la capacidad para soportar cambios

significativos en esta condición. De acuerdo con la información sedimentaria, es posible decir que existía un aporte limitado de agua dulce de manera estacional, que poco pudo afectar las condiciones naturales de la salinidad. No se observan especies que acoten el intervalo en el cual pudieron habitar los organismos, por lo que se supone una salinidad normal.

5.1.11 Profundidad

Se han hecho varias propuestas con respecto a la profundidad en la que fueron depositados los sedimentos y fósiles de la Fauna Local de la Mesa La Misión, como una plataforma de mar abierto, donde la posible mezcla provenga de varios niveles de la columna de agua y diferentes posiciones entre la costa y el océano abierto (Deméré *et al.*, 1984). También se reconoce que las asociaciones florales de microfósiles y faunísticas de megafósiles reflejaron paleobatimetrías que representan ambientes de plataforma continental con profundidades entre los 200 y 500 m (Ledesma y Kasper, 1989).

Sin embargo, la presencia de diferentes especies de organismos que habitaron las aguas someras confunde la interpretación, como la presencia de turrítelas viven en mares tropicales a subtropicales en profundidades entre 20 y 80 m (Dodd y Stanton, 1981). Por esta razón, Aranda-Manteca (1990), propone una variación vertical de facie en los sedimentos de la Fm. Rosarito Beach, Miembro Los Indios, producto de una variación eustática, por esto en la interpretación tafonomía se presentaron dos diferentes tafofacies (Tafonomía), una de baja energía y otra de alta que representan diferentes condiciones batimétricas, producto de la variación en el nivel del mar y en las condiciones energéticas del depósito.

Los batoideos son organismos epibentónicos muy buenos indicadores de las condiciones de profundidad en la que se desarrollo la Fauna Local de la Mesa La Misión, ya que ellos usaron los sedimentos como fuente de alimento y habitat. La gran abundancia y diversidad de estos permite reconocer las características ambientales

relacionadas con el fondo o sustrato al cual estaban ligados. La profundidad en la que habitaron puede ser inferida por la presencia de los géneros *Dasyatis*, *Rhinobatos*, *Myliobatis* y *Rhinoptera*, los cuales son organismos que habitan en aguas someras, entre 25 y 50 mts (Tabla XXXI), generalmente en bahías de fondos arenosos y lodosos. Su mayor número ha sido observado en aguas tranquilas, de la zona sublitoral.

Esto puede ser relacionado con la tafofacie C, que indica condiciones de aguas someras sublitorales, por debajo del efecto de las olas.

5.1.12 Cercanía a la línea de costa

La mayoría de las especies reportadas en la Fauna Local de la Mesa La Misión, están asociadas a ambientes marinos de tipo costero a plataforma. Se han reconocido restos de organismos continentales como los artiodactilos, se encuentran en la asociación organismos que habitaron o usaron con algún propósito particular la zona de playa, como *Desmostylus*, *Paleoparadoxia*, *Allodesminae*, *Puffinus*, y *Chelonia*. Otros tuvieron su principal actividad en la zona litoral y sublitoral, como Sirenia, los batoideos (epibentónicos de aguas someras), los moluscos como *Turritella*, *Anadara*, *Tagelus* y *Chione*, así como una gran cantidad de peces cartilaginosos y óseos. Los organismos oceánicos están representados por los peces óseos *Thunnus*, *Acipenser* y cetáceos odontocetos de la familia Kentriodontidae. La gran mayoría de las especies se ubican en el ambiente pelágico, habitaron desde la zona infralitoral hasta la plataforma continental (200 mts) (Tabla XXX), que por sus características geológicas fue es angosta.

5.1.13 Turbulencia

Las condiciones de claridad del agua debieron haber sido altas, ya que se observa que no existen sedimentos terrígenos, las condiciones tranquilas de la zona protegida así lo indica (Minch *et al.*, 1984), también se corrobora con la inferencia de la existencia de mantos de algas cafés, por la presencia importantes mamíferos marinos comedores de pastos y algas (Aranda-Manteca, 1990; 1994) como las tortugas juveniles (Sánchez-

Tabla XXXI.- Características generales de los principales géneros de los representantes actuales de vertebrados fósiles de la Fauna Local de la Mesa La Misión (tomado de Bigelow y Schroeder, 1948; Miller y Lea, 1972; Castro, 1980; Garrick, 1982; Compagno, 1982; Cappetta, 1987).

Especie	Costero	Oceánico	Profundidad	Habitat	Alimento	Mandíbula	Hábito
<i>Hexanchus</i>	xx	x	0-1875 m	EB	T,R, P y C	AC	CAR
<i>Heptranchias</i>	x		27-720	EB	P y Ca	AC	CAR
<i>Echinorhinus</i>	xx		11-900	EB	T,P,C,O y Ca	AC	CAR
<i>Squalus</i>	x	x	0-900	EB	T y P	AC	CAR
<i>Isistius</i>	x	x	80-4000	BP	P y Ca	CC	CAR-PAR
<i>Squatina</i>	x		3-46 (180)	EB	P	AC	CAR
<i>Heterodontus</i>	x		0-11 (150)	B y EB	E,C y M	AM	CAR
<i>Gynglimostoma</i>	x		0-12	EB	M,C,Ca y O	A	CAR
<i>Isurus</i>	x	x	0-152	PE	T,P y Ma	D	CAR
<i>Alopias</i>	x		0-30	PE y EB	P y Ca	CC	CAR
<i>Cetorhinus</i>	x		0-50	PE	PI	F	FIL
<i>Scyliorhinus</i>	x		100-	EB	P y M	A	CAR
<i>Mustelus</i>	x		0-50	PE	P, Ca y C	A	CAR
<i>Triakis</i>	x		0-100	PE	P, Ca y M	AC	CAR
<i>Hemipristis</i>	x		0-30	PE	T,R y P	CC	CAR
<i>Carcharhinus</i>	xx	X	0-152	PE	T,R,P,To,Ma, Ca, O y C	AC	CAR
<i>Geleocerdo</i>	xx	x	0-140	PE	TODO	CC	OMN
<i>Negaprion</i>	x		0-92	EB	R,P,C y M	AC	CAR
<i>Rhizoprionodon</i>	x		0-30	PE	R,P y M	AC	CAR
<i>Sphyma</i>	xx	x	0-200	PE	R,P y M	AC	CAR
<i>Rhinobatos</i>	x		0-20	EB	C	MO	CAR
<i>Dasyatis</i>	x		0-20	EB	M	MO	CAR
<i>Aetobatus</i>	x		0-30	EB	M	MO	CAR
<i>Aetomylaeus</i>	x		0-30	EB	M	MO	CAR
<i>Myliobatis</i>	x		0-30	EB	C,M y A	MO	CAR
<i>Pteromylaeus</i>	x		0-30	EB	M	MO	CAR
<i>Rhinoptera</i>	x		0-30	EB	M	MO	CAR
<i>Acipenser</i>		x	0-133	PE	P		CAR
<i>Sardinops</i>	x		0-30	PE	P		CAR
Syngnathidae	x		0-30	PE	P		CAR
<i>Sphyræna</i>	x	x	0-20	PE	P		CAR
<i>Semicossyphus</i>	x		0-25	PE	P		CAR
<i>Thunnus</i>		x	0-30	PE	P		CAR
<i>Stereolepis</i>	x		0-30	PE	P y A		CAR
<i>Diodon</i>	x		0-30	PE	P		CAR
<i>Chelonia</i>	x	x	0-30	PE	C,M y A		HER
<i>Dermochelys</i>	x	x	0-30	PE	Me		SEL
<i>Puffinus</i>	x		0	AE	P		OMN
<i>Diomedea</i>	x		0	AE	P		OMN
<i>Kentriodon</i>	x		0-30	PE	P		CAR
Cetotheriidae	x	x	0-30	PE	PI		FIL
Allodesminae	x		0-30	PE	P		CAR
Paleoparadoxiidae	x		0-10	B	PA		HER
<i>Metaxytherium</i>	x		0.25	EB	PA		HER
Arctiodactyla					PAS		HER

Leyenda: HABITAT: B: bentónico; EB: epibentónico; BP: batopelágico; PE: pelágico; AE: aéreo;
 ALIMENTO: C: crustáceos; P: peces; R: rayas; Ca: calamares; O: pulpos; E: erizos; M: moluscos; Me: medusas; Av:
 aves; PI: plancton; T: tiburones; Ma: mamíferos; To: tortugas; PA: pastos marinos; PAS: pastos terrestres
 TIPO MANDÍBULA: A: atrapar; D: desgarrar; CC: cortar; AC: atrapar-cortar; MO: moler; AM: apretar-moler.
 HABITO: FIL: filtrador; HER: herbívoro; CAR: carnívoro; OMN: omnívoro; SEL: selectivo.

Gutiérrez, 1999, en prep..) y peces como *Stereolepis*, y comedores de moluscos y crustáceos que habitan principalmente en los mantos de kelps (algas cafés), así como la ocurrencia del pez óseo *Acanthocybium* apoya la idea de aguas claras (Deméré et al, 1984).

Minch *et al* (1984) propone que el Miembro Los Indios estuvo sujeto a fuertes corrientes periódicas, paralelas a la costa. Pero Aranda-Manteca (1990) propone debido al aumento en el nivel del mar, la presencia de tormentas y flujos sedimentarios debidos a estas, por lo que debe considerarse que hubo eventos en los cuales la claridad del agua fue muy baja. También deben considerarse los eventos de surgencias como una forma de enturbiar el agua, que debió tener una periodicidad estacional.

El ambiente físico donde ocurrió la asociación de vertebrados marinos fósiles de la Misión, mostró variaciones en las condiciones ambientales, que se reflejan en la secuencia sedimentaria (Fig. 19), en los procesos tafonómicos y en la asociación fosilífera. Que indican una variación eustática, reconocida durante el Mioceno medio y que dio comienzo a un importante periodo de deterioro climático relacionado con la formación de la capa de hielo del Antártico.

5.2 PALEOECOLOGÍA

De esta manera se plantea que el eje central del análisis paleoecológico está basado en el estudio de los restos fósiles más frecuentemente colectados, los tiburones representan más del 50% de la muestra (Tabla IV, Fig. 25) y debido a que por sus propiedades ecológicas, son capaces de brindar una información detallada y fidedigna de las características de la asociación. Los tiburones son los últimos en la cadena alimenticia, sus restos presentan abundantes y diversos patrones definidos de comportamiento, su número es significativo, y por tanto la información que brindan es de gran importancia para entender la salud de la comunidad. Permiten hacer una mayor cantidad de análisis e inferencias sobre las relaciones interespecíficas e intraespecíficas,

de las condiciones ambientales al mostrar preferencias o un comportamiento etológico claro.

El segundo elemento en juego para la interpretación paleoecológica son los elementos óseos, huesos y dientes, de los distintos grupos de peces óseos, reptiles, aves y mamíferos (Tabla IV), que aportan importante información sobre las relaciones tróficas, la autoecología y el ambiente donde vivieron (Estratigrafía), murieron y se fosilizaron (Tafonomía).

La abundancia relativa y la biomasa de organismos que vivían en una paleocomunidad son imprecisos debido a que han sido sujetos a muchos procesos de modificación por el proceso de preservación (Scott, 1978).

Sin embargo, es obvio que a pesar del cálculo de NMI, se presenta un sesgo muy marcado sobre todo en el abundante número de individuos de tiburones y en el bajo número de peces óseos, esto se puede explicar como resultado de un proceso que involucra varios factores, entre los que destacan: que los tiburones por sus características morfológicas solamente tienen la posibilidad de que se preservan los dientes, pero cada individuo tiene un número muy grande de dientes, reemplazables hasta en 24 horas (Bigelow, 1948; Castro, 1980), lo que aumenta el número de dientes perdidos por cada individuo y que no se puede reconocer en la muestra. Sin embargo, una diversa asociación solamente formada de especies de depredadores, implica que las presas son abundantes. Similarmente, una preponderancia en un determinado tipo de alimentador implica que el recurso alimenticio tiene amplia distribución y es abundante. Por esto, se puede aproximar al comparar a estructura trófica por la técnica de adición por inferencia (Scott, 1978).

En cambio, la morfología de los peces, no permite la preservación y la identificación de éstos, es muy notorio el bajo número de individuos (Tabla XII), pero esto puede ser compensado por la gran cantidad de espinas y huesos indeterminados, muy

fragmentados, que se reportaron para ambas localidades, lo que hace suponer que el número de peces esta subestimado.

5.2.1 INTERPRETACIÓN PALEOECOLÓGICA

5.2.1.1 Relaciones Intra específicas

La variabilidad entre los restos de organismos, que se preservaron como fósiles, de una misma especie se debe a innumerables causas de tipo biológico y geológico. Como por ejemplo la edad de los organismos en el momento de su muerte (Raup y Stanley, 1978). El estudio de la ontogenia o desarrollo de los individuos durante su ciclo de vida normal, puede ser de gran importancia para entender algunos aspectos ecológicos, como el papel que juegan dentro de la asociación.

La descripción de los cambios sufridos por un organismo vivo durante la ontogenia es realmente simple, en cambio para la paleontología resulta muy complicado y a veces imposible, ya que sólo se cuenta con los restos desde el momento de la muerte y nunca es posible observar realmente el crecimiento. Para lograr un acercamiento, es posible plantear el estudio de un grupo de restos de la misma especie, usando un grupo de restos que permitan realizar una secuencia de crecimiento, es decir observar y medir los cambios a través del cambio en el tamaño (Raup y Stanley, 1978).

El alto de la corona de los dientes anteriores es un indicador del tamaño del tiburón (Applegate y Espinoza-Arrubarrena, 1996). En las especies del género *Isurus*: *Isurus hastalis*, *Isurus planus* e *Isurus oxyrhincus*, (Figs. 65, 66, 67 y 68), se graficaron el largo contra el ancho de las coronas de todos los tipos de dientes presentes en la mandíbula. Se observa que no existen dientes anteriores pequeños que identifiquen especímenes pequeños o juveniles, por lo que se considera que se han colectado

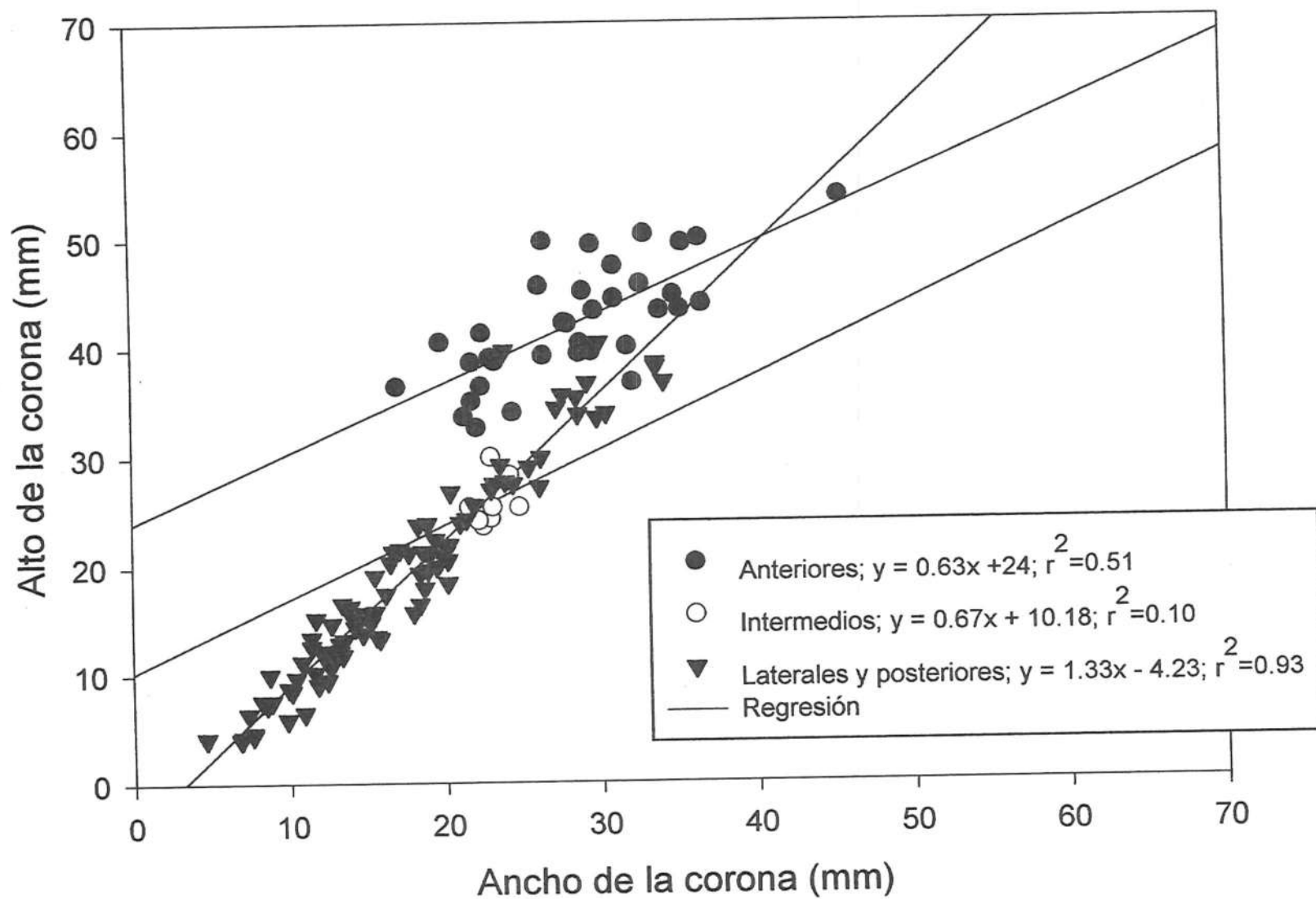


Figura 65.- Relación ancho y alto de la corona de los dientes fósiles anteriores, intermedios, laterales y posteriores de *Isurus hastalis* de Fauna Local de la Mesa La Misión.

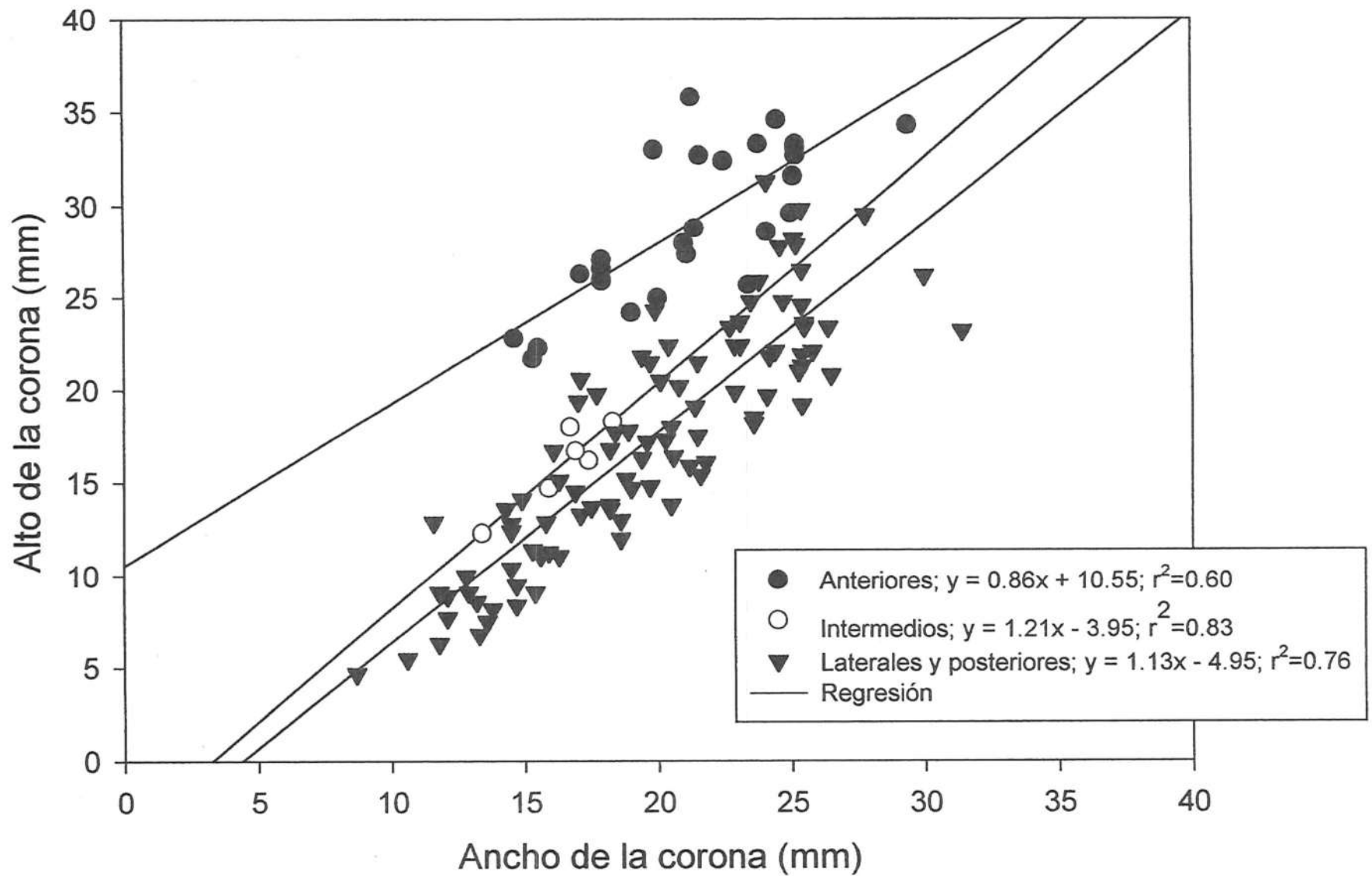


Figura 66.- Relación ancho vs. alto de la corona de los dientes fósiles anteriores, intermedios, laterales y posteriores de *Isurus planus* de La Fauna Local de La Mesa La Misión.

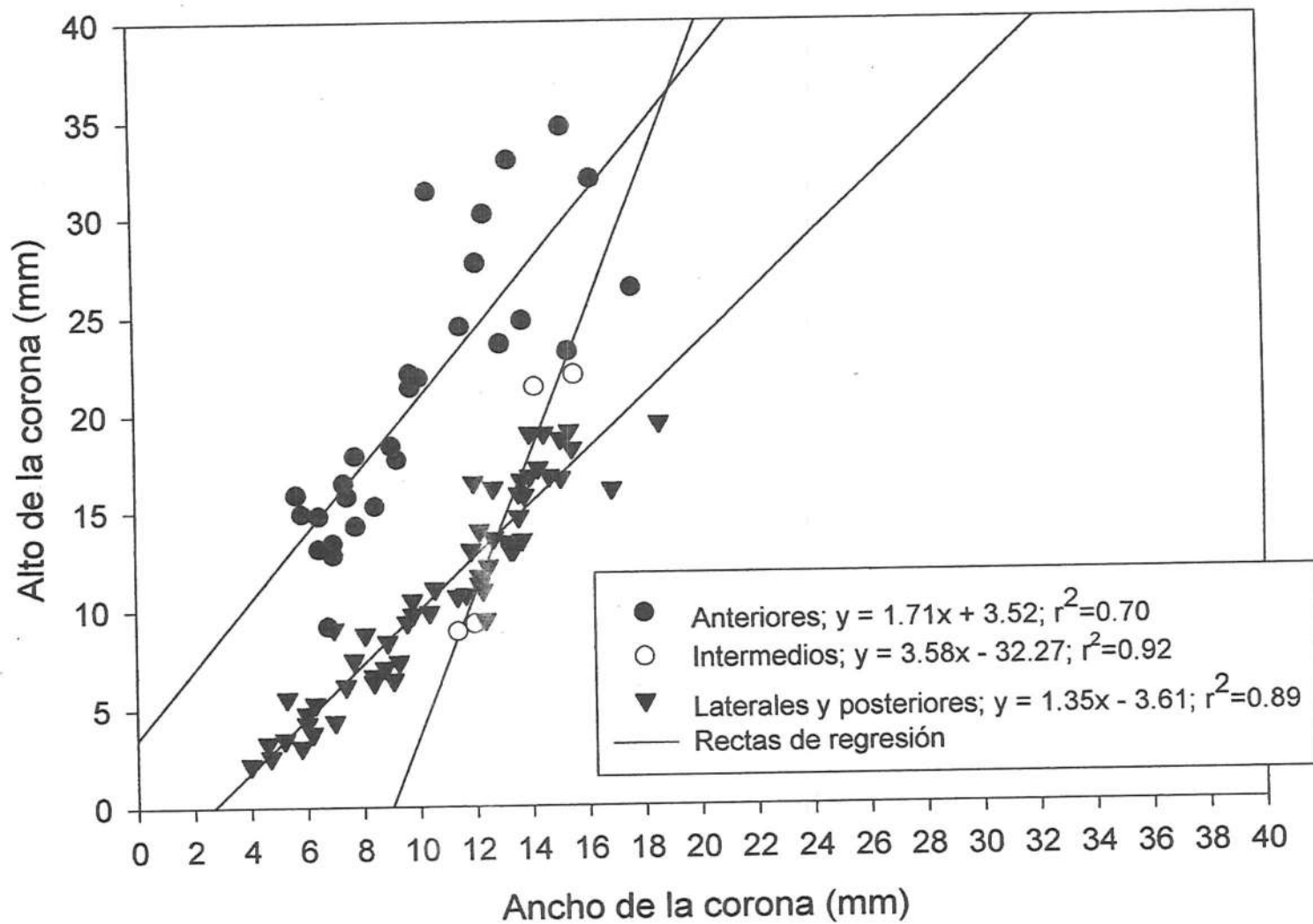


Figura 67.- Relación ancho vs. alto de la corona de los dientes fósiles de *Isurus oxyrinchus* de Fauna Local de la Mesa La Misión.

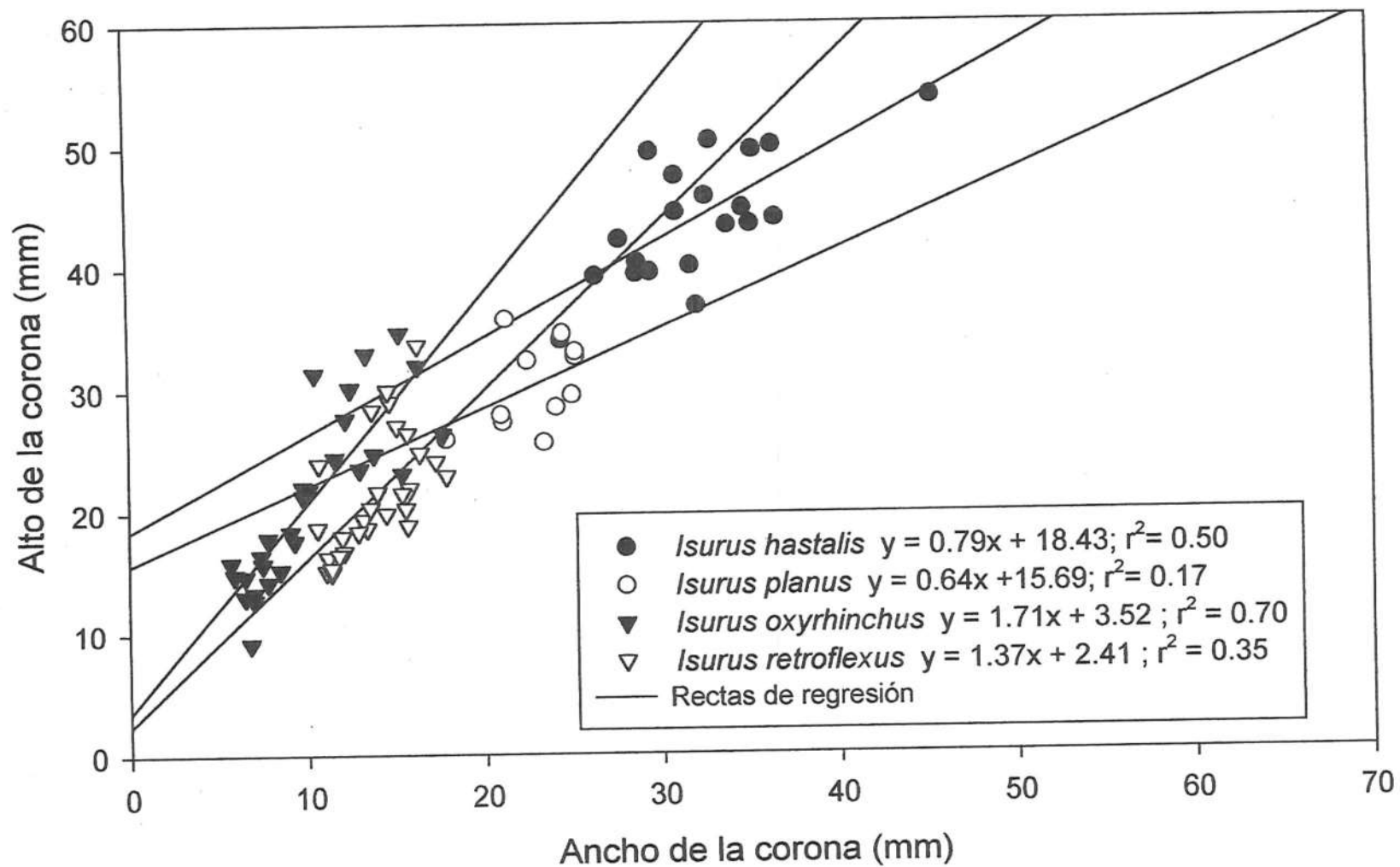


Figura 68.- Comparación de la relación ancho vs. alto de la corona de dientes fósiles anteriores de *Isurus hastalis*, *Isurus planus*, *Isurus oxyrinchus* e *Isurus retroflexus*, de Mesa La Misión.

depredadores principalmente adultos. Esto refuerza la idea de que el sitio de depósito está identificado como una zona de alimentación de depredadores adultos.

La heterodoncia en los dientes de tiburón es uno de los aspectos que más confunde cuando se quiere identificar o tratar de describir a los tiburones. Por esto, se tomaron medidas de ancho y alto de las coronas de los dientes de las especies *Isurus hastalis*, *Isurus planus* e *Isurus oxyrinchus*, para observar el comportamiento de la relación de esta razón ancho/alto con respecto a la posición de los dientes y su significado (Figs. 65, 66, 67 y 68).

Los resultados del análisis de regresión indica que cada grupo de dientes, es decir los anteriores, los intermedios, los laterales y los posteriores, así como los inferiores y superiores, presentan diferente relación entre el ancho/alto, que se observa con la diferencia en la pendiente entre cada grupo (Figs. 65, 66, 67 y 68). Esta tendencia puede ser útil para demostrar las diferencias en el funcionamiento de cada uno de los tipos de dientes en la mandíbula. Los anteriores superiores son más anchos que los inferiores, lo que sugiere que los superiores cortan y los inferiores desgarran. Los intermedios, son mucho menos altos y un poco curvos, lo que sugiere función de corte. Y por último, los laterales y posteriores, son más anchos que altos, de mucho menor tamaño, evitan que la comida salga de la boca.

Si los dientes anteriores de las diferentes especies del género *Isurus* tienen tendencias distintas en la relación ancho/alto, pueden ser usados como indicadores de diferencias entre las especies de isuridos en la forma de alimentarse y/o en las diferencias en la preferencia por sus presas.

Las relaciones interespecificas están en función de la competencia por el espacio y el alimento, los organismos de una misma especie que tienen un nicho definido tienden a ocupar un espacio cada vez mayor, buscando con esto reducir el grado de interacción competitiva (Bigelow, 1948). Cuando las poblaciones han alcanzado su máximo nivel de crecimiento, debido a la abundancia de recurso y la falta de competidores, la especie en

sí misma se transforma en un recurso y los organismos pequeños de la misma especie son consumidos por los de mayor talla.

Aunque también la relación entre individuos de una población de la misma especie, muchas veces se asocian para buscar el alimento o para defenderse de los depredadores. La estrategia gregaria es notoria en tiburones del género *Carcharhinus* y peces como las barracudas para alimentarse. Así como en las escuelas de peces óseos, como las sardinias y macarelas, que usan la estrategia de agrupación multitudinaria para defenderse de sus depredadores.

5.2.1.2 Relaciones Inter específicas

La diversificación del nicho que tiende a estabilizar la interacción entre las poblaciones de especies, da como resultado la estabilidad de la comunidad. Pielou (1975) concluye estas simples relaciones: La estabilidad ambiental causa comunidades estables que redundan en alta diversidad (Scott, 1978).

5.2.2 Estructura de la comunidad de vertebrados

i) Niveles Tróficos

La estructura trófica de una comunidad biótica consiste en los tipos de alimentadores y el flujo de energía, ambos dentro de la biota. La estructura trófica puede ser descrita por tres caminos: (1) la distribución de energía en niveles sucesivos de tipos de alimentadores; (2) los caminos de energía expresados como redes y cadenas de alimento y (3) los hábitats de los organismos alimentadores (Scott, 1978).

Los factores ambientales como: la turbulencia del agua, la diversidad y abundancia de alimento, la razón de sedimentación, la salinidad, el oxígeno disuelto y el tipo de sustrato, afectan o influyen la estructura trófica de una comunidad (Scott, 1978).

En la unidad 103-G3 ocurre la presencia de altas concentraciones de restos de vertebrados y carbón orgánico (más del 28%), esto refleja alta productividad de aguas superficiales, que resultan del aporte de nutrientes por la cercanía de masa de agua continentales (Martin, 1984).

ii) Herbívoros

A pesar del casi nulo registro fósil de plantas marinas en el Pacífico Norte debido a la presencia de vacas marinas comedores de éstas, se ha concluido que las angiospermas marinas eran abundantes en las aguas costeras de la corriente de California durante el Mioceno y después como resultado de un enfriamiento climático y una regresión marina (Fig. 69), estas plantas fueron reemplazadas por plantas más tolerantes a climas fríos y situaciones de exposición, como las algas cafés o kelps. No existen registros de angiospermas marinas del Pacífico durante el Terciario. De esta manera solo se pueden hacer deducciones acerca de su historia y evolución para alcanzar su distribución actual (Domning, 1978).

Por lo que suponemos que la flora marina del Mioceno de California debió de tener una gran variedad de pastos tropicales, probablemente derivados de asociaciones Caribeñas, que se desarrollaron y crecieron en las bahías y zonas protegidas. Las algas incluyeron largos kelps como *Julescrania*, (propuesta por Parker y Dawson, 1965, como posible ancestro de *Nereocystis*) que probablemente dominaba las áreas frías o con mayor exposición al oleaje (Domning, 1978).

iii) Competencia entre Herbívoros

Tilman (1982) enfatiza los mecanismos de interacción de las especies, diciendo que este proceso es fenomenológico y descriptivo. Aclara o define que para dos especies que compiten por recursos, su abundancia relativa esta relacionada directamente con la cantidad del recurso. La presencia no sólo de dos grandes herbívoros marinos costeros, uno de hábitos anfibios y otro netamente marino, sino que

también de tortugas marinas, indica una abundante cantidad de recursos herbales, ya que estos tres grupos consumen cantidades importantes de algas y pastos marinos. Lo que implica una competencia por los recursos, por lo que se propone un modelo (Fig. 69).

Los dientes de los desmostylianos brachydontes no son diferentes de los puercos, como *Moeritherium*, y otros herbívoros lo que sugiere solamente una dieta de hierbas. Por lo que se considero a los desmostylidos como competidores potenciales de los sirenios (Domning, 1978). El uso de los recursos de estos dos mamíferos herbívoros se considera equitativa porque ambos tiene el mismo volumen corporal. Sin embargo, existe la propuesta de una competencia unidireccional entre Sirenia y Desmostylia en la fauna la Misión, fue hecha por Aranda-Manteca (1993), basado en la morfología funcional de los representantes de ambos ordenes. Los sirenios en particular, *Metaxytherium*, por su gran ángulo de inclinación del rostrum y su estructura dentaria sugiere que fue un comedor de fondo, particularmente de pastos marinos, en cambio los grandes colmillos de los Paleoparadoxiidae, implica su uso a manera de una excavadora para obtener los rizomas de los pastos en el sustrato. Esta competencia tiene características especiales, ya que ambos usan el mismo recurso, pero el recurso tiene más de una posibilidad de ser usado, lo que puede implicar una competencia unidireccional (Fig 69).

También existe otra opción, el origen diferente de ambos ordenes, uno de aguas frías del Pacífico (Desmostylia) y otro de aguas Tropicales del Atlántico (Sirenia), sugiere que se alimentaban de diferentes tipos de pastos, cada uno de ellos, representantes de las diferentes provincias biogeográficas que estaban en un proceso de mezcla, la provincia caribeña y la californiana (Fig 64). En ambos casos se refuerza la idea de una existencia o coexistencia competitiva, generada por el nicho (MacArthur, 1972; May, 1974) o el gradiente formado por las diferentes especies del recurso.

La supuesta competencia entre mamíferos herbívoros y tortugas marinas queda aclarada debido a que según se observa en la muestra la mayor parte de los restos de tortugas marinas de la familia cheloniidae son juveniles (Sánchez-Gutiérrez, com. pers.).

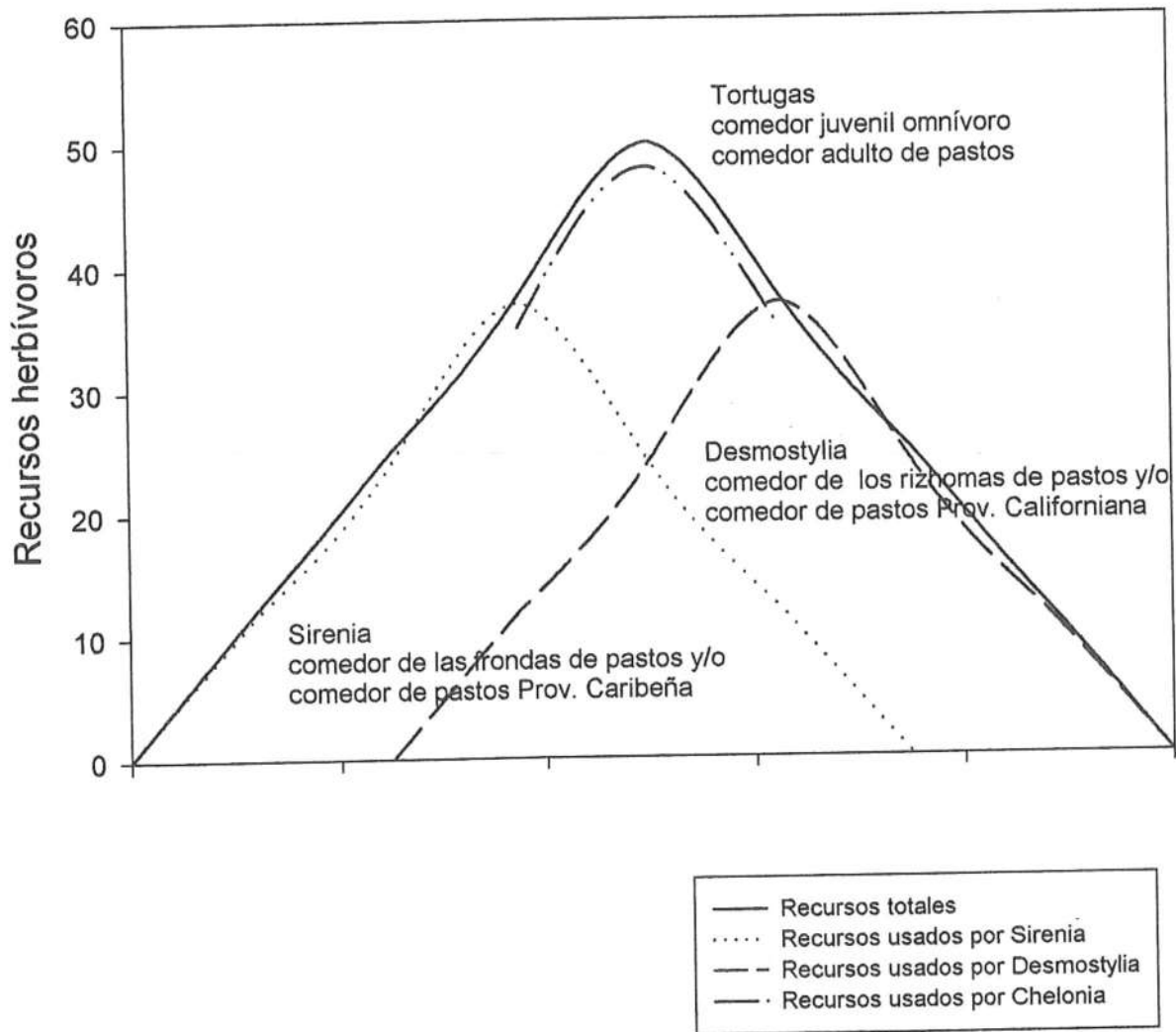


Figura 69.- Modelo gráfico de repartición de recursos herbales (pastos marinos) entre los diferentes consumidores, Sirenia, Desmostylia y Chelonia, durante el Mioceno medio, Formación Rosarito Beach, Miembro Los Indios en la Mesa La Misión, Baja California.

Estos organismos en sus estadios juveniles tienen una dieta omnívora, que cambia a herbívora en el estado adulto. Por esto no se considera una competencia muy significativa la que pudieron tener los mamíferos herbívoros con las tortugas marinas en esta paleocomunidad.

iv) Carnívoros

a) Relaciones de competencia

La distribución de los tiburones puede estar gobernada por la factibilidad de encontrar la presa (Purdy, 1996). Los tiburones presentan hábitos alimenticios definidos, que se reflejan en la forma de sus dientes y en la estructura de sus mandíbulas, que pueden ser representadas por los diferentes tipos de mandíbulas y/o formas de capturar y comenzar el proceso de alimentación de los elasmobranquios. Se reconocen seis tipos principales de mandíbulas de acuerdo con Cappetta (1987): Las usadas para apretar, como *Scyliorhinus* y *Mustelus* (Tabla XXVI); las usadas para desgarrar, como las de *Isurus oxyrinchus*; para cortar, que se presentan en dos modalidades, cortar simplemente, como *Isistius*, *Alopias*, *Isurus hastalis*, *Hemipristis*, *Carcharolces* y *Galeocerdo*, y las de atrapar-cortar, como *Hexanchus*, *Heptanchias*, *Echinorhinus*, *Squalus*, *Squatina*, *Triakis*, *Carcharhinus*, *Negaprion*, *Rhizoprionodon* y *Sphyrna*; el tipo de compresión, no representado en al muestra; el tipo de molido, como *Dasyatis*, *Myliobatis*, *Aetobatus*, *Aetomylaeus*, *Pteromylaeus* y *Rhinoptera*; y por último, las de tipo apretar-moler, como *Heterodontus* (Tabla XXXI).

Se observa que el mayor número de tiburones tiene el tipo de mandíbula de cortar (Cappetta, 1987), lo que indica la importancia de estas piezas para los organismos que buscan a su presa, la atrapan con los dientes y luego la cortan para comerla o simplemente la encuentran y la cortan. La competencia en este grupo parece mayor, pero los diferentes tamaños de las especies, pero esto lo resuelven sabiamente al establecen un gradiente en el nicho para cada especie.

La relación de competencia por los recursos disponibles entre depredadores eficientes, apoya la idea del nicho, para reducir la competencia al distribuir los recursos. Los peces más veloces y de mayor talla (*Thunnus*, *Scomberomorus*) se encuentran en aguas oceánicas donde se encuentran sus depredadores (*Isurus*, *Carcharocles*). Los peces pequeños y más abundantes (Sardinias, Macarelas) se encuentran en aguas costeras donde se encuentra la mayor diversidad de depredadores (Carcharhinidae). Donde se encuentran organismos muertos y en procesos de descomposición están asociados los carroñeros (*Galeocerdo*).

Sólo un tiburón filtra su alimento que flota en la capa superficial del agua, *Cetorhinus* sp (Tabla XXXI). Este compite con los cetáceos misticetos, que tienen el mismo hábito alimenticio. No es posible saber si en realidad existía esta competencia.

La asociación de cetáceos misticetos está formada principalmente por Cetotherios, los cuales por sus características mandibulares parecen ser los ancestros de los actuales Balaenopteridae (Gascón-Romero y Aranda-Manteca, 1998). Su método de captura de alimento está relacionado con el nado superficial y el tragado de enormes cantidades de agua que contienen los microorganismos de su preferencia. Existen diferentes tamaños de Cetotherios en la asociación fosilífera, los pequeños (cinco a siete metros) y los grandes (más de 7 metros). Estos pudieron tener algún tipo de competencia.

Todos los batoideos presentes en la asociación tienen mandíbulas de tipo moler (Tabla XXXI), lo que indica que sus hábitos alimenticios están relacionados con la captura de la presa a través de un sistema de filtrado de sedimento en busca de moluscos y crustáceos en la boca, los cuales son molidos, por un eficiente sistema de placas dentarias. En este grupo se observa una clara competencia entre ellos por los recursos bentónicos y epibentónicos.

Los pinípedos son típicamente depredadores de animales pequeños, peces y calamares son los alimentos más comunes en su dieta. Hay una variación geográfica y

estacional en la dieta de muchos de los pinípedos. Esto es especialmente cierto para los otaridos que viven en aguas templadas y tropicales donde se considera de importancia la variabilidad interanual (Berta y Sumich, 1999). También debe de tenerse en cuenta que los actuales otaridos tienen estrategias de alimentación de tipo solitario como en grupos. Su condición de piscívoros, aparentemente es una condición ancestral desde los primitivos pinípedos, por lo que se debe tener en consideración que compiten por los recursos pesqueros.

Los odontocetos también tienen como alimento principal a los peces y los calamares, por lo que se consideran competidores de tiburones y pinípedos. Los dientes de Kentriodontidae son generalmente de tipo curvo moderado hacia atrás, que le permite atrapar la presa y dirigirla hacia el interior de la boca. Su estrategia alimentaria es grupal.

b) Relaciones depredador - presa

No hay información sobre los depredadores de las vacas marinas en el Pacífico Norte (Domning, 1978). Aranda-Manteca (2000, 2001) propone que los sirenios y desmostylidos fueron devorados por tiburones de los género *Isurus*, *Carcharocles* y *Galeocerdo* (Fig. 70) Además Aranda-Manteca (2001) propone una posible coevolución entre los desmostylianos y una especie del linaje de los tiburones mako, *Isurus planus*, debido a la coincidencia de la distribución espacial y temporal de ambos.

Las radiaciones adaptativas del Neogeno y las extinciones de mamíferos marinos pelágicos esta fuertemente relacionada con la diversidad y extinción de tiburones del género *Isurus*, y otros dos grupos contemporáneos de depredadores como *Carcharocles* y *Paraotodus* y menos extendido, pero íntimamente relacionado con los carroñeros, *Galeocerdo*, *Carcharhinus* (Espinoza-Arrubarrena, 1987) (Fig. 70).

La especie actual *Isurus oxyrinchus* tiene la costumbre de alimentarse preferente de cabezas y cuellos de tortugas marinas, su dieta además incluye marsopas y calamares (Fig. 71). Es el tiburón más veloz que existe. Los atunes, bonitos, macarelas,

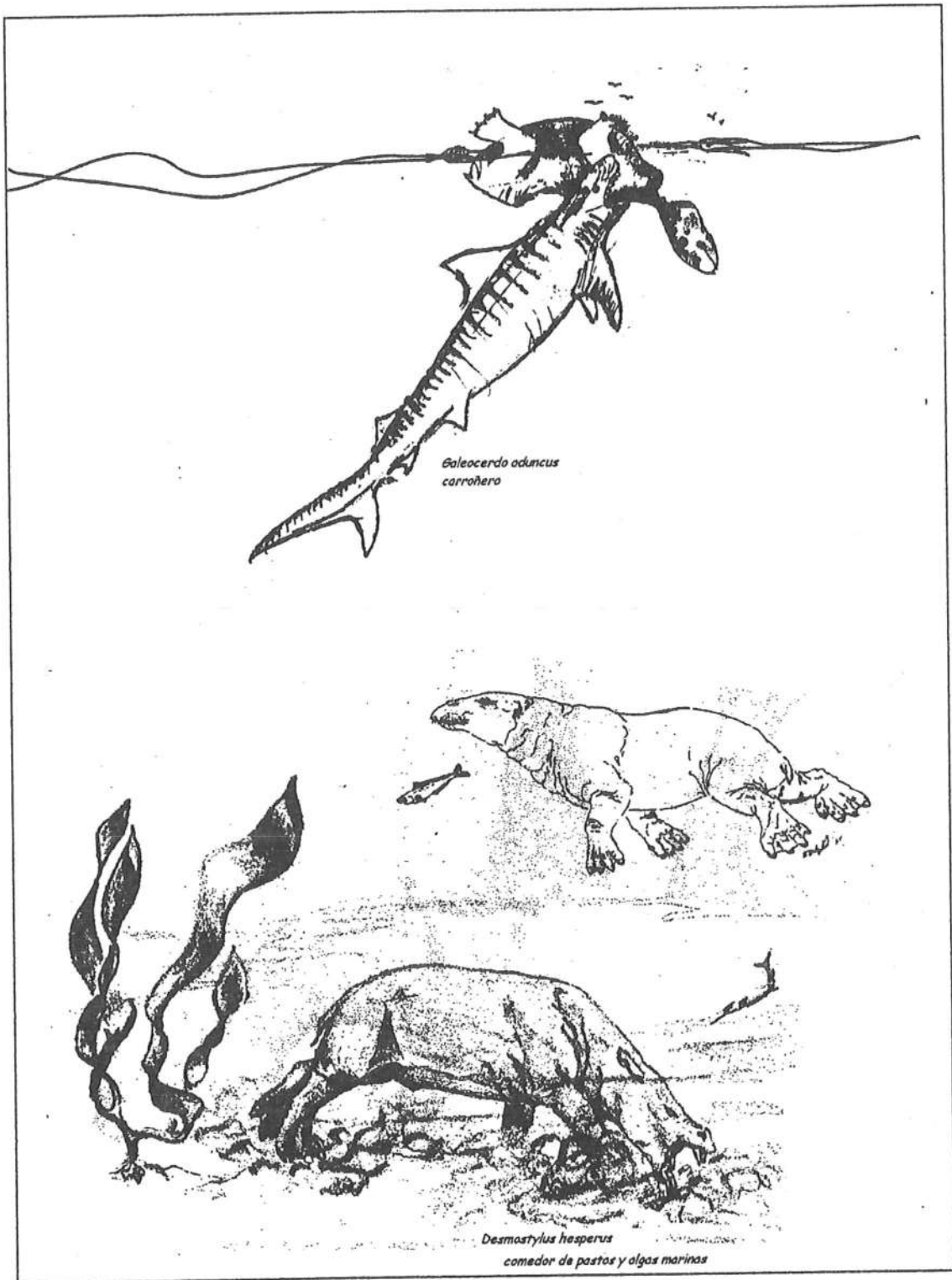


Figura 70.- Gráfica del ambiente donde conviven y se alimentan *Desmostylus hesperus* y *Galeocerdo aduncus*.

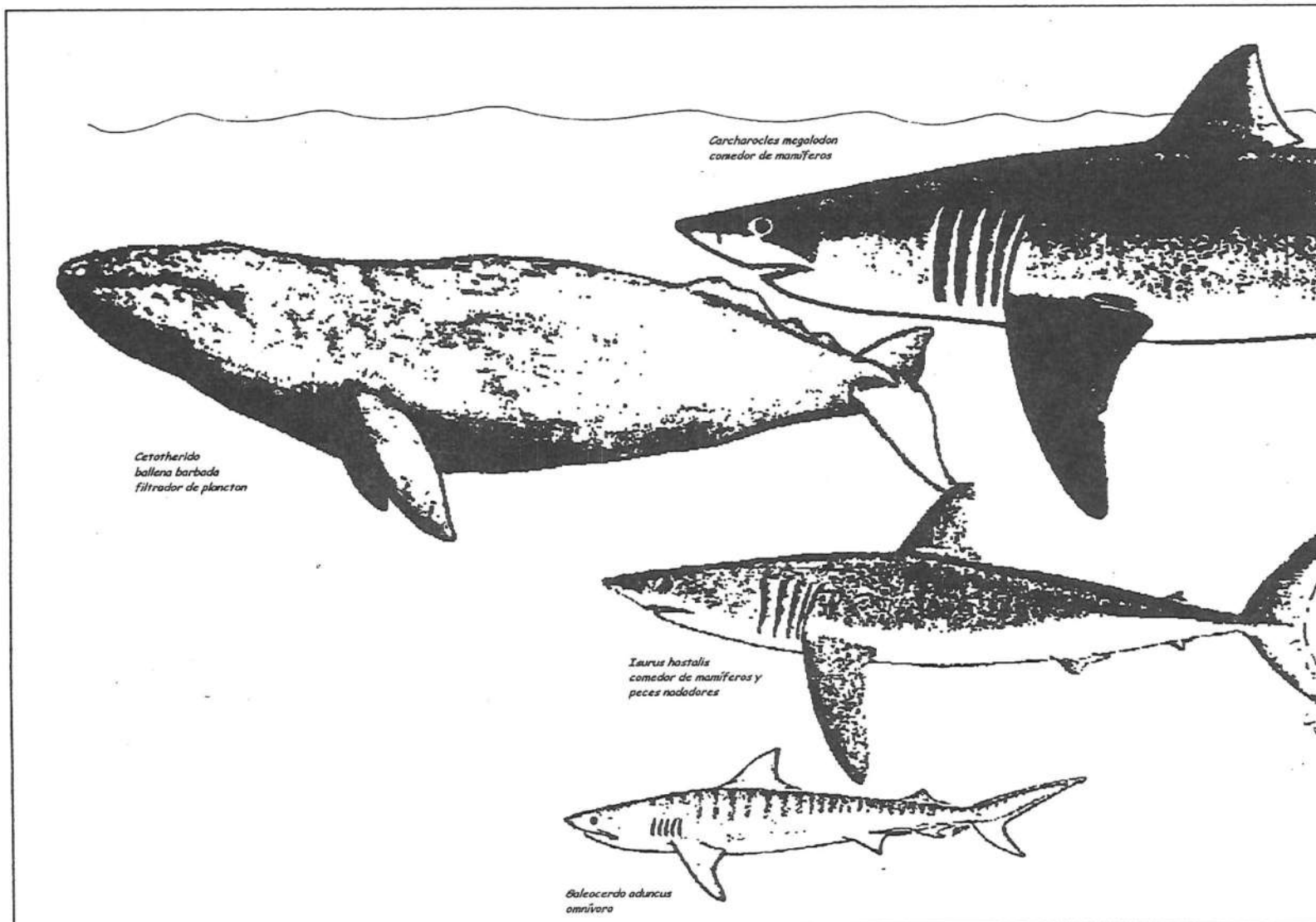


Figura 71.- Relaciones de competencia y depredador – presa entre tiburones de la Fauna Local de Mesa La Misión.

merluzas, anchovetas y tiburones como: *Carcharhinus* y *Sphyrna*, forman parte de su dieta (Fig. 72) (Castro, 1980; Compagno, 1984). La presencia de esta especie en Fauna La Misión, deja claro que estos recursos alimenticios y las relaciones depredador-presa, se mantienen de manera similar que hace más de 16 Ma.

Se observa un claro gradiente espacial entre las especies de los géneros *Carcharhinus* e *Isurus*, los primeros se encuentran en aguas más costeras y los segundos en aguas más oceánicas, sin embargo como se mencionó anteriormente los *Carcharhinus* pueden ser los diferentes tipos de alimentos de los *Isurus*. La pregunta es ¿por qué los *Isurus* no se encuentran consumiendo a los *Carcharhinus*, si estos son un recurso abundante?, o por lo menos no existen evidencias de ello, la respuesta tal vez estriba en que los *Carcharhinus* son tiburones costeros, de tamaño pequeño a mediano, que prefieren aguas tranquilas y protegidas, donde abunda el alimento (Fig. 72), sus hábitos alimentarios son nocturnos. En cambio los *Isurus*, son oceánicos de gran talla, que prefieren las aguas abiertas, donde caza a sus presas persiguiéndolas.

La relación estratigráfica entre los restos de los otaridos y los tiburones *Isurus*, sugiere una preferencia alimentaria de los segundos por los primeros, al igual que la que tiene en la actualidad *Carcharodon* por pinípedos y ballenas más que peces, en ambientes donde la presa es abundante (Arnold, 1972; Klimley, 1985a; Pratt *et al*, 1982; en Purdy, 1996). En la actualidad se discute la relación entre la especie *Isurus hastalis* y su posible descendiente *Carcharodon carcharias* (Long y Waggoner, 1996; Applegate y Espinoza-Arrubarrena, 1996).

El tiburón gigante *Carcharocles megalodon* (Fig. 71), al parecer se encuentra en rocas sedimentarias donde abundan grandes misticetos en los depósitos sedimentarios en todo el mundo, como Bélgica (Leriche, 1926), en la Fm. Calvert de Maryland y en la Fm. Eastover de Virginia (Purdy, 1996).

En la Fm. Bone Valley (Mioceno Tardío) de Florida, las Fms. Belgrado y Pungo River (ambas del Mioceno Temprano) de Carolina del Norte y las Fms. Choptank y St.

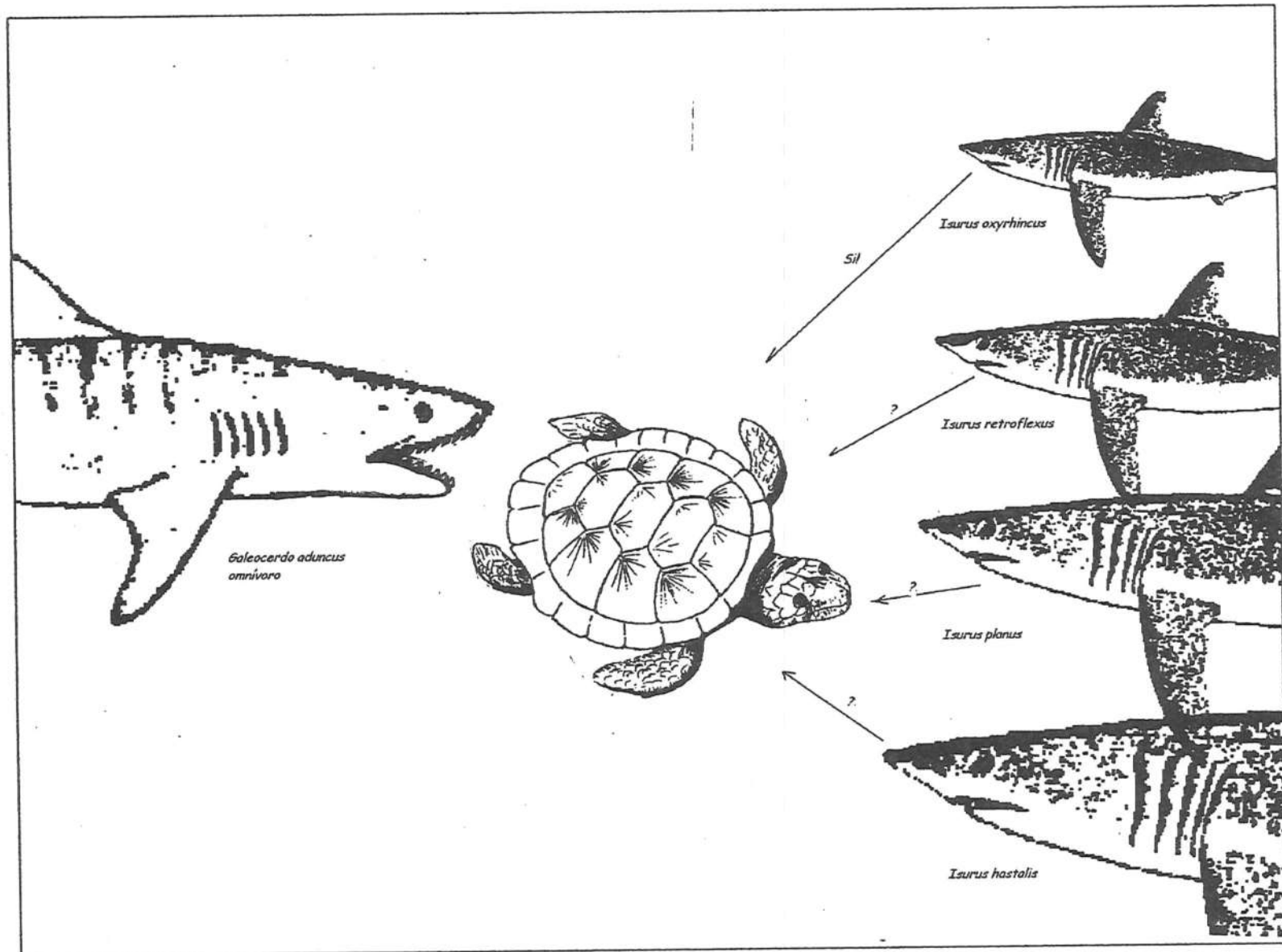


Figura 72.- Relaciones de competencia por el alimento (cheloniidae) entre tiburones del género *Isurus* y *Galeocerdo*.

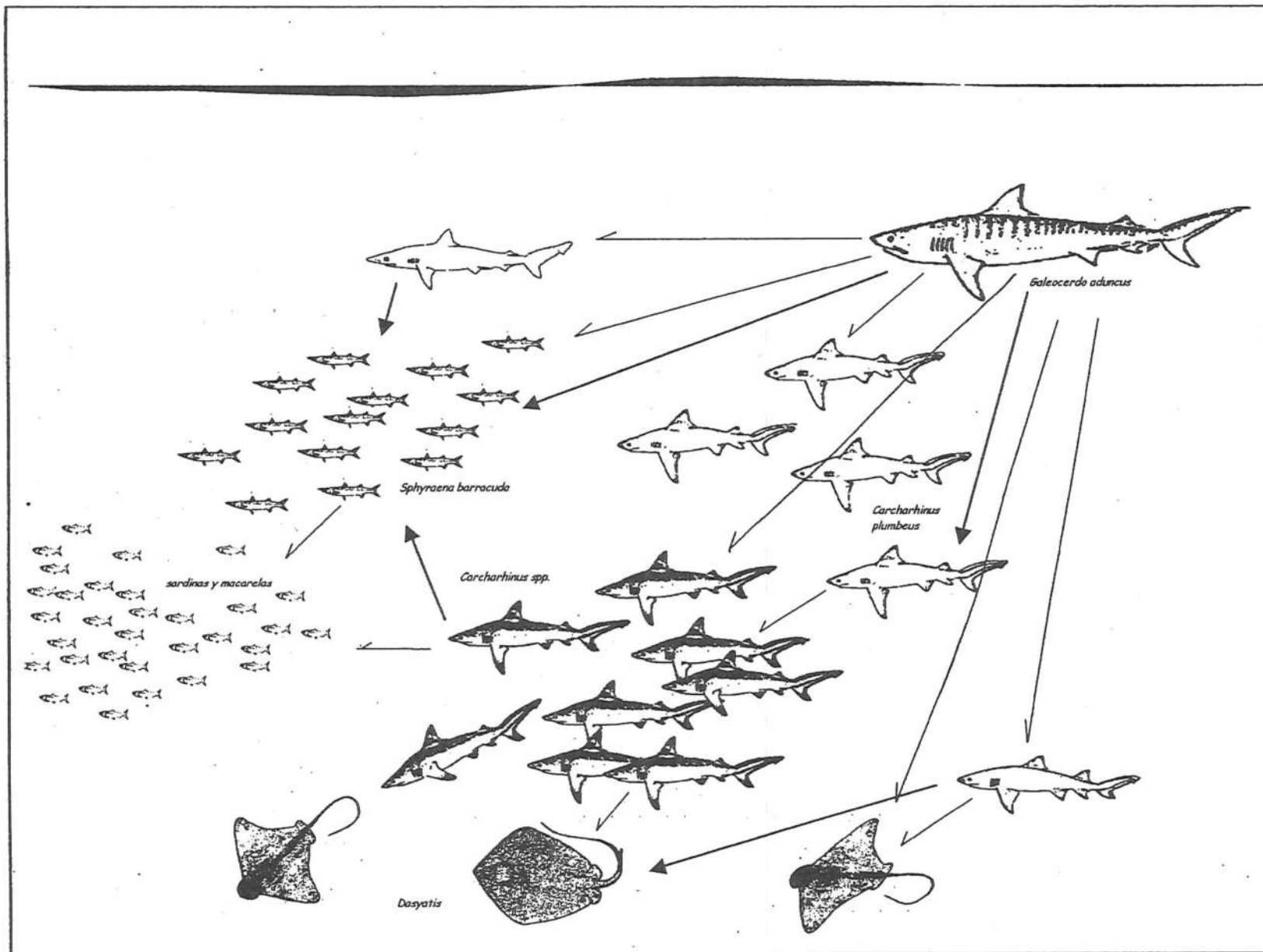


Figura 73.- Relaciones de competencia y flujo alimentario entre las especies de tiburones de la Fauna La Misión, B.C.

Mary, depositadas en ambientes oceánicos subtropicales (ambas Mioceno Medio) de Maryland, los misticetos y otras grandes ballenas son raras o están ausentes, así como los grandes dientes de *Carcharocles*. En la Fm. Bone Valley y Pungo River, donde las áreas subtropicales están asociadas con surgencias (Riggs, 1984; en Purdy, 1996), los dientes de *Carcharocles* juveniles y los odontocetos son comunes. Esto sugiere que las áreas de surgencias son importantes áreas de alimentación para los juveniles de *Carcharocles* (Purdy, 1996).

La relación entre depredador y presa ayuda a entender las relaciones de flujo energético en las comunidades (Fig.73), que determina la relación de costo y beneficio para la alimentación, entre menos costo, el beneficio es más alto. Que va a comer y donde, dependerá de la abundancia, disponibilidad y de las características morfológicas del depredador. Especialmente en la asociación Fauna Local de la Mesa La Misión, ocurre una notable coexistencia de especies que compiten por recursos similares demuestra que existen gran cantidad de alimento producto de la alta productividad primaria, que se transmite a los demás niveles de la cadena trófica.

c) Carroñeros

La presencia de dos especies del tiburón tigre, *Galeocerdo aduncus* y *Galeocerdo contortus*, sugieren la disponibilidad de cadáveres en proceso de descomposición (Fig. 73), sin embargo, estos organismos no solamente se alimentan de restos muertos sino que su cualidad es el oportunismo, cualquier alimento disponible es útil. La presencia de restos óseos de mamíferos marinos (sirenia, desmostylia, otaridos) fragmentados y con claras mordeduras son evidencia de la utilización de los restos por los carroñeros (figs 41, 42, 48, 49, 51, 52 y 70)(Aranda-Manteca, 2001).

5.3 CONCLUSIONES

Las poblaciones de tiburones (Charcharinidae y Lamnidae) por el tamaño de sus dientes anteriores son reconocidas como grupos de organismos adultos, con excepción de *Carcharocles chubutensis* que sugiere una población de organismos juveniles. En ambos casos se refuerza la idea de una zona de alimentación y/o apareamiento.

La alta proporción de dientes de tiburones fragmentados contra completos, tiene su origen en un proceso posterior al proceso de fosilización, debido a los procesos de intemperismo físico, como el transporte por lluvias y las actividades agrícolas de la zona.

La abundancia de depredadores y presas confirma la muy alta productividad, sugerida por los depósitos de diatomeas.

Con base en la asociación de 84 especies de vertebrados marinos, 32 de tiburones, nueve de rayas, cuatro de tortugas marinas, cuatro de aves y 17 de mamíferos, se reconoce una alta productividad producto de una abundancia de nutrientes asociadas con una zona de surgencias y productores primarios, principalmente diatomeas, soporta un ecosistema complejo, con una muy alta diversidad. La alta diversidad no es producto de un ambiente estable, sino de una cambiante zona de mezcla de masas de aguas, entre masas aguas subtropicales y templadas, lo que ocasiona el aumento en el número de especies.

Las características paleoambientales de asociación fosilífera es llamada Fauna La Misión. Con base en la presencia de abundantes peces subtropicales las condiciones de temperatura superficial del agua estaban entre 18 y 20°C, con una mezcla de masas de agua subtropicales y templadas. Los fósiles de hábitos bentónicos indican que las condiciones paleobatimétricas del depósito variaron con el cambio de facies y tafofacie, una de baja profundidad entre 0-30 m en una zona sublitoral y la segunda con profundidades de plataforma menores a 200m.

La estructura trófica de la comunidad es reconocida para los vertebrados en los niveles:

Herbívoros: Sirenia, Desmostylia y Cheloniidae.

Filtradores: Tiburón ballena y cetáceos mysticetos.

Consumidores primarios: Rayas y peces óseos.

Consumidores secundarios: Tiburones, pinnípedos, aves y cetáceos odontocetos.

Carroñeros: Tiburones (*Galeocerdo* y *Carcharhinus leucas*).

Las evidencias de interacciones de competencia entre vertebrados:

- 1) Herbívoros es sugerida como una distribución de los recursos entre los tres principales grupos que utilizaron los recursos: Sirenia, Desmostylia y Cheloniidae.
- 2) Depredadores, principalmente tiburones y mamíferos por los peces óseos.

Algunas relaciones entre los depredadores y sus presas son evidenciadas por las marcas de los dientes de los depredadores sobre los huesos de las presas, como *Isurus oxyrinchus* sobre tortugas marinas de la familia Cheloniidae, se confirma esta relación desde hace más de 15 Ma. Así mismo se propone la relación entre *Isurus planus* con Paleoparadoxiidae, entre *Carcharocles chubutensis* y Allodesminae.

REFERENCIAS

- Addicott, W. P. 1972. Provincial middle and late Tertiary molluscan stages, Temblor Range, California. In: E. H. Stinemeyer (ed.) *Proceedings of the Pacific Coast Miocene Biostratigraphic Symposium*, pp. 1-26. U.S.A.: Society of Economic Paleontologists and Mineralogists.
- Aigner, T. 1985. *Storm depositional systems. Dynamic stratigraphy in modern and ancient shallow marine sequences*. Berlin: Springer-Verlag.
- Allmon, W. D. and Bottjer, D. J. (eds.) 2001. *Evolutionary paleoecology, the ecological context of macroevolutionary change*. U.S.A.: Columbia University Press.
- Applegate, S. P. 1978. Phyletic studies, Tiger sharks. *Revista del Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México* 2:55-64.
- Applegate, S. P. and Espinosa-Arrubarrena, L. E. 1996. The fossil history of *Carcharodon* and its possible ancestor, *Cretolamna*: A study in tooth identification. In: Klimley *et al.* (eds.). *Great White Sharks, The biology of Carcharodon carcharias*. U.S.A.: Academic Press.
- Aranda-Manteca, F. J. 1987. Distribución de los sirénidos del Mioceno Medio (género *Metaxytherium*). *Memorias del VII Congreso Nacional de Oceanografía*. México. 339.
- Aranda-Manteca, F. J. 1990. Aspectos paleoceanográficos y paleoecológicos de los fósiles del Mioceno, Mesa La Misión, Baja California, México. *Revista de la Sociedad Mexicana de Paleontología* 3: 97-116.
- Aranda-Manteca, F. J. 1994. *Vertebrados marinos fósiles del Mioceno, Mesa La Misión, Baja California, México*. México: Facultad de Ciencias Marinas, Universidad Autónoma de Baja California. Tesis de Maestría en Ciencias en Oceanografía Costera.
- Aranda Manteca, F. J. 2000a. El orden Desmostylia y sus depredadores. *Resúmenes de la XXVI Reunión Internacional Para el Estudio de los Mamíferos Marinos*. México. 13.
- Aranda Manteca, F. J. 2000b. Observations on the evolution of herbivorous marine mammals. *Journal of Vertebrate Paleontology* (supplement to No. 3) 20:27A.

- Aranda Manteca, F. J. y Barnes, L. G. 1991. Nuevo registro de sirenios Halitheriine de Baja California y California. *Resúmenes de la XVI Reunión Internacional para el estudio de los Mamíferos Marinos*. México. 3.
- Aranda-Manteca, F. J. y Barnes, L. G. 1992. El primer reporte del pinípedo especializado, *Allodesmus* (Otariidae; Allodesminae), del Mioceno Medio en México. *Resúmenes de la XVII Reunión Internacional para el Estudio de los Mamíferos Marinos*. México.
- Aranda-Manteca, F. J. y Barnes, L. G. 1993. El primer reporte del desmostyliano, *Paleoparadoxia* (Mammalia; Desmostylia), del Mioceno Medio en México. *Resúmenes de la XVIII Reunión Internacional para el Estudio de los Mamíferos Marinos*. México. 1.
- Aranda Manteca, F. J. y Barnes, L. G. 1996. Nuevo desmostiliano (Mammalia: Desmostylia) del Mioceno medio. *Resúmenes del XI Simposium Internacional de Biología Marina*. México. 0-106.
- Aranda-Manteca, F. J. and Barnes, L. G. 1998. *Jamilcotatus kumiaica*, a new genus and species of Middle Miocene desmostylian. *Resúmenes del VI Congreso Nacional de Paleontología*. México. 4-5.
- Aranda-Manteca, F. J. y Domning, D. P. 1987. Sirénido del Mioceno Medio de Baja California. *Resúmenes del VII Congreso Nacional de Oceanografía*. México. 319.
- Aranda-Manteca, F. J., Domning, D. P. and Barnes, L. G. 1991. *Metaxytherium* (Mammalia, Sirenia) from California and Baja California. *Journal of Vertebrate Paleontology* (supplement to no. 3) 11:15A.
- Aranda-Manteca, F. J., Domning, D. P. and Barnes, L. G. 1994. A new Middle Miocene sirenian of the genus *Metaxytherium* from Baja California and California: relationships and paleobiogeographic implications. In: A. Berta and T. Deméré (eds.) *Contributions in Marine Mammal Paleontology Honoring Frank C. Whitmore, Jr*, pp. 191-204. Proceedings of the San Diego Society of Natural History.
- Ashby, J. R. Jr. 1989. *Miocene tectonostratigraphic history of the Rosarito Beach Basin, northwestern Baja California: Implications for the early tectonic development of the Southern California continental borderland*. U.S.A.: University of California. Master of Science in Geology Thesis.
- Badgley, C. E. 1986. Counting individuals in mammalian fossil assemblages from fluvial environments. *Palaos* 1:328-338.
- Bakun, A. and Nelson, C. 1991. The seasonal cycle of wind-stress curl in subtropical eastern boundary current regions. *Journal of Physical Oceanography* 21:1815-1834.

- Barnes, L. G. 1998. *The sequence of fossil marine mammal assemblages in Mexico*. México: Paleontología de Vertebrados. Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Avances en Investigación. Publicación Especial No. 1.
- Barnes, L. G. and Aranda-Manteca, F. J. 1997. New Middle Miocene desmostylian (Mammalia:Desmostylia) from Baja California and California. *Resúmenes de la XXII Reunión Internacional para el Estudio de los Mamíferos Marinos*. México. 40.
- Barradas, H. y Stewart, J. 1993. Posible contenido estomacal de un pinípedo del Mioceno medio de La Misión, Baja California, México. *Memorias de la Segunda Reunión Internacional sobre Geología de la Península de Baja California*. 24-25.
- Berta, A. and Sumich, J. 1999. *Marine mammals evolutionary biology*. U.S.A.: Academic Press.
- Bigelow, H. B. and Schroeder, W. C. 1948. *Fishes of the Western North Atlantic*. U.S.A.: Sears Foundation for Marine Research, Yale University. Memoir No.1.
- Biggs, R. B. 1978. Coastal Bays. In: R. A. Davis, Jr. (ed.). In: *Coastal sedimentary environments*, pp. 72-99. New York: Springer-Verlag.
- Blakey, R. C. 1997. Paleogeographic evolution of the passive-margin to active-margin transition, early Mesozoic, Western North America. *Bulletin of the Geological Society of America*
- Blatt, H., Middleton, G. and Murray, R. 1980. *Origin of sedimentary rocks*. 2nd Ed. New Jersey, U.S.A.: Prentice-Hall.
- Bourdon, J. 1999. Genera from the fossil record. Elasmocom, Fossil Shark Genera. <http://www.elasmo.com/genera/genera.html>.
- Brett, C. E. and Speyer, S. E. 1990. Taphofacies. In: B. E. K. Briggs and P. R. Crowther (eds.) *Palaeobiology: a synthesis*, pp. 258-263. Oxford: Blackwell.
- Brower, J. E. and Zar, J. H. 1977. *Field and laboratory methods for general ecology*. 2nd Ed. U.S.A.: Wm. C. Brown Publishers.
- Bukry, D. 1975. Coccolith and silicoflagellate stratigraphy, Northwestern Pacific Ocean. *Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project* 29:845-872.

- Cappetta, H. 1970. Les Sélaciens du Miocène de la région de Montpellier. *Paleovertebrata*. Mém. ext: 1.
- Cappetta, H. 1987. *Chondrichthyes II. Mesozoic and Cenozoic Elasmobranchii*. U.S.A.: Gustav Fischer Verlag.
- Carson, G. A. 1991. Silicification of fossils. In: P. A. Allison and D. E. Briggs (eds.) *Taphonomy: Releasing the Data Locked in the Fossil Record*, pp. 456-499. New York: Plenum Press.
- Carvajal Manríquez, Y. E. 1990. *Paleoecología de foraminíferos del Mioceno de una sección de la Formación Tortugas, Bahía Tortugas, B. C. S. México*. México: Facultad de Ciencias Marinas, Universidad Autónoma de Baja California, Tesis de Oceanología.
- Carver, R. E. (ed.) 1971. *Procedures in sedimentary petrology*. New York: Wiley-Interscience.
- Castro, J. I. 1983. *The Sharks of North American Waters*. U.S.A.: Texas A & M University Press.
- Clifton, H. E., Hunter, R. E. and Phillips, R. L. 1971. Depositional structures and processes in the non-barred high-energy nearshore. *Journal of Sedimentary Petrology* 41:651-670.
- Coates, A. G. and Obando, J. A. 1996. The Geologic Evolution of the Central American Isthmus. In: J. B. Jackson, A. F. Budd and A. G. Coates. (eds.) *Evolution and Environment in Tropical America*, pp. 21-56. University of Chicago Press. USA.
- Compagno, L. J. V. 1984. Sharks of the World. An annotated and illustrated catalogue of sharks species known to date. *FAO Fisheries Synopsis* No. 125. 4:1-655.
- Davis, R. A. Jr. (ed.) 1978. *Coastal Sedimentary Environments*. New York: Springer-Verlag.
- Deméré, T. A., Roeder, M. A., Chandler, R. M. and Minch, J. A. 1984. Paleontology of the middle Miocene Los Indios Member of the Rosarito Beach Formation, Northwestern Baja California, México. In: J. A. Minch and J. R. Ashby (eds.) *Miocene and Cretaceous Depositional Environments, Northwestern Baja California, Mexico*, pp. 48-57. Pacific Section, American Association of Petroleum Geologists No.54.
- DeMuizon, C. 1988. Les vertébrés fossiles de la Formation Pisco (Pérou). Troisième partie: les odontocètes (Cetacea, Mammalia) du Miocène. *Inst. Fr. Etudes Andines Mem.* 78.

- Dodd, J. R. and Stanton, R. J. Jr. 1981. *Paleoecology, Concepts and Applications*. New York: John Wiley & Sons.
- Dodson, P. and Wexlar, D. 1979. Taphonomic investigations of owl pellets. *Paleobiology* 5:275-28.
- Domning, D. P. 1978. Sirenian evolution in the North Pacific Ocean. *University of California Publications in Geological Sciences* Vol 118.
- Domning, D. P. 1982. Evolution of manatee: A speculative history. *Journal of Paleontology* 56:599-619.
- Donegan, D. and Scharder, H. 1982. Biogenic and abiogenic components of laminated hemipelagic sediments in Central Gulf of California. *Marine Geology* 48:215-237.
- Efremov, J. A. 1940. Taphonomy: new branch of paleontology. *Pan-American Geologist* 74:81-93.
- Emery, K. O. 1960. *The Sea off Southern California*. New York: Wiley and Sons.
- Esparza-Álvarez, M. A. 1995. *Paleoecología de sedimentos diatomáceos de la Formación Tortugas en el área de Bahía Asunción, Baja California Sur, México*. México: Facultad de Ciencias Marinas, Universidad Autónoma de Baja California. Tesis de Maestría en Ciencias en Oceanografía Costera.
- Espinosa-Arrubarrena, L. 1987. *Neogene species of the genus Isurus (Elasmobranchii, Lamnidae) in Southern California, U.S.A. and Baja California Sur, Mexico*. U.S.A., California State University. Master of Science Thesis.
- Folk, R. L. 1954. The distinction between grain size and mineral composition in sedimentary rock nomenclature. *Journal of Geology* 62:344-359.
- Folk, R. L. 1974. *Petrology of Sedimentary Rocks*. U.S.A.: Hemphill Publishing Co.
- Folk, R. L and Ward, W. C. 1957. Brazos River bar, a study in the significance of grain-size parameters, *Journal of Sedimentary Petrology* 27:3-27.
- Friedman, G. M. 1961. Distinction between dune, beach, and river sands from their textural characteristics. *Journal of Sedimentary Petrology* 31:514-529.

- Friedman, G. M. 1979. Differences in size distributions of populations of particles among sands of various origins. *Sedimentology* 26:3-32.
- Fürisch, F. and Aberhan, M. 1990. Significance of time-averaging for paleocommunity analysis. *Lethaia*. 23:143-152.
- Garrick J. A. F. 1982. Sharks of the Genus *Carcharhinus*. NOAA Technical Report NMFS. Circular 445.
- Garrison, R. E. and Douglas, R. G. (eds.) 1981. *The Monterey Formation and related siliceous rocks of California*. U.S.A.: The Pacific Section. Society of Economic Paleontologists and Mineralogist. Book 15.
- Gascón-Romero, G. A. 1991. *Una nueva evidencia de la evolución de las ballenas en el Mioceno medio de Baja California, México*. México: Facultad de Ciencias Marinas, Universidad Autónoma de Baja California. Tesis de Oceanología.
- Gascón-Romero, G. A. 1997. *Ballenas barbadas (Cetacea: Mysticeti) del Mioceno de dos localidades en Baja California, México*. México: Facultad de Ciencias Marinas, Universidad Autónoma de Baja California. Tesis de Maestría en Ciencias en Oceanografía Costera.
- Gascón-Romero, G. A. y Aranda-Manteca, F. J. 1997a. Modificaciones mandibulares de cetoterios y balaenopteridos: comparación de hábitos alimenticios entre misticetos fósiles y actuales. *Memorias de la XXI Reunión Internacional de la Sociedad para el Estudio de los Mamíferos Marinos*.
- Gascón-Romero, G. A. y Aranda-Manteca F. J. 1997b. Siete especies de balaenopteridos (Cetacea: Mistyceti) del Mioceno tardío de Baja California. *Memorias de la XXI Reunión Internacional de la Sociedad para el Estudio de los Mamíferos Marinos*.
- Gascón-Romero, G. A. y Aranda-Manteca, F. J. 1997c. Dos especies de cetoterios (Cetacea: Mistyuceti) del Mioceno medio de Baja California México. *Memorias de la XXI Reunión Internacional de la Sociedad para el Estudio de los Mamíferos Marinos*.
- Gascón-Romero, G. A., Aranda-Manteca, F. J. y Barnes, L. G. 1991a. Una nueva evidencia de la evolución de las ballenas barbadas en Baja California. *Resúmenes de la XVI Reunión Internacional para el Estudio de los Mamíferos Marinos*. 4.

- Gascón-Romero, G. A., Aranda-Manteca, F. J. y Barnes, L. G. 1991b. Una nueva evidencia de la evolución de las ballenas barbadas en Baja California. *Resúmenes de la Primera Reunión Internacional sobre Geología de la Península de Baja California*. 31-32.
- Gascón-Romero, G. A., Aranda-Manteca, F. J. y Barnes, L. G. 1993. Comparación de las asociaciones de cetáceos del Mioceno medio de la costa noreste del Pacífico. *Memorias de la Segunda Reunión Internacional sobre Geología de la Península de Baja California*.
- Gascón-Romero, G. A., Aranda-Manteca, F. J. y Barnes, L. G. 1998. Modificaciones morfológicas mandibulares y el proceso evolutivo entre cetotéridos y balaenoptéridos. *Memorias del VI Congreso Nacional de Paleontología*. 24.
- Gastil, R. G., Phillips, R. P. and Allison, E. C. 1971. Reconnaissance geologic map of the state of Baja California, *Geological Society of America*, MC-1.
- Gastil, R. G., Phillips, R. P. y Allison, E. C. 1975. Reconnaissance geology of the State of Baja California. *Geological Society of America*. Mem 140.
- Gillette, D. D. 1984. A Marine ichthyofauna from the Miocene of Panama, and the Tertiary Caribbean faunal province. *Journal of Vertebrate Paleontology* 4:172-186.
- González-Barba, G. 1990. *Descripción de la fauna selácea del Miembro Los Indios de la Formación Playa Rosarito, Baja California, México*. México: Facultad de Ciencias Marinas, Universidad Autónoma de Baja California. Tesis de Oceanología.
- Habicht, J. K. A. 1979. Paleoclimate, paleomagnetism and continental drift. *American Association of Petroleum Geologists. Studies in Geology* No. 9. 1-27.
- Hawkins, J. W. 1970. Petrology and possible tectonic significance of Late Cenozoic volcanic rocks, southern California and Baja California. *Geological Society of America Bulletin* 81:3323-3338.
- Heath, G. R. 1974. Dissolved silica and deep-sea sediments. In: W. W. Hay (ed.) *Studies in Paleo-oceanography*, pp. 77-93. Tulsa Society for Sedimentary Geology Special Publication. No. 20.
- Heim, B. 1997. The large *Carcharhinus* species.
wysiwyg://info.7/http://www.elasmo.com/heim/bh-c_1rg.html.
- Heim, B. 1998. *Carcharhinus falciformis* (Bibron, 1893). Lee Creek Sharks.

- wysiwyg://info.7/http://www.elasmo.com/heim/bh-c_falci.html.
- Heim, B. 1999. *Carcharhinus brachyurus* (Gunther, 1870). Lee Creek Sharks.
wysiwyg://info.7/http://www.elasmo.com/heim/bh-c_brachy.html.
- Hernández-Rosado, A. y Aranda-Manteca, F. 1993. Tafofacies en vertebrados Marinos Fósiles del Mioceno Medio de La Misión, Baja California, México. *Memorias de la II Reunión Internacional sobre Geología de la Península de Baja California*.
- Ingle, J. C. Jr. 1981. Cenozoic depositional history of the northern continental borderland of southern California and the origin of associated Miocene diatomites. In: C. Isaacs (ed.) *Guide to the Monterey formation in the California coastal area, Ventura to San Luis Obispo*, pp. 1-8. American Association of Petroleum Geologists, Pacific Section. No. 52.
- Itoigawa, J., Nishimoto, H., Karasawa, H. and Okumura, U. 1985. Miocene fossils of the Mizunami Group, Central Japan. Elasmobranchs. *Monograph of the Mizunami Fossil Museum*. No. 5.
- Iturralde-Vinent, M, Laurito-Mora, C., Rojas, R. y Gutiérrez, M. 1998. Myliobatidae (Elasmobranchii: Batomorphii) del Terciario de Cuba. *Revista de la Sociedad Mexicana de Paleontología*, 8:135-145.
- Jackson, J. B., Budd, A. F. y Coates A. G. (eds.) 1996. *Evolution and Environment in Tropical America*. U.S.A.: The University of Chicago Press.
- Johnson, R. G. 1960. Models and methods for analysis of the mode of formation of fossil assemblages. *Geological Society of America Bulletin*, 71:1075-1086.
- Jonet, S. 1968. Notes D'Ichthyologie Miocène Portugaise. *Revista de la Facultad de Ciencias, Universidad de Lisboa*, 15:233-258.
- Keller, G. 1981. Miocene Biochronology and Paleoceanography of the North Pacific. *Marine Micropaleontology*, 6:535-551.
- Keller, G. y Barron, J. 1981. Integrated planktic foraminiferal and diatom biochronology for the Northeast Pacific and the Monterey Formation, In: R. E. Garrison, R.G. Douglas, K. E. Pisciotto, C. Isaacs and J. C. Ingle (eds.) *The Monterey Formation and related siliceous rocks of California*, pp. 43-54. Society Economic Paleontologists and Mineralogists Special Publication.

- Kennett, J. P. 1977. Cenozoic evolution of Antarctic glaciations, the Circum-Antarctic Ocean and their impact on global paleoceanography. *Journal of Geophysical Research*, 82:3843-3860.
- Kennett, J.P. 1982. *Marine Geology*. U.S.A.: Prentice-Hall, Inc.
- Kennett, J.P. (ed). 1985. The Miocene Ocean: Paleoceanography and Biogeography. *The Geological Society of America*. Memoir 163.
- Kent, B. W. 1994. *Fossil sharks of Chesapeake Bay region*. Maryland: Egan Rees and Boyer, Inc.
- Kidwell, S. M. 1985. Palaeobiological and sedimentological implications of fossil concentrations. *Nature*. 318:457-460.
- Klimley *et al*; (eds.) 1996. *Great White Sharks, The Biology of Carcharodon carcharias*. U.S.A.: Academic Press.
- Knauth, L. P. 1979. A model for the origin of chert in limestone. *Geology*, 7:274-227.
- Krumbein, W. C. 1934. Size frequency distributions of sediments. *Journal of Sedimentary Petrology*, 4:65-77.
- Ladd, H. S. 1957. *Treatise on Marine Ecology and Paleoecology*. Vol. 2. *Paleoecology*. Washington: Geological Society of America.
- Lambshhead, P. J., Platt, H. M. and Shaw, K. M. 1983. The detection of differences among assemblages of marine benthic species based on an assessment of dominance and diversity. *Journal of Natural History*, 17:859-874.
- Lawrence, D. R. 1971. The nature and structure of paleoecology. *Journal of Paleontology*, 45:593-607.
- Ledesma-Vázquez, J. y Káser-Zubillaga, J. 1989. Interpretación geológica y paleoceanográfica de los miembros La Misión y Los Indios de la Formación Rosarito Beach (Mioceno medio), Baja California, México. *Ciencias Marinas*, 15:21-44.
- Leriche, M. 1926. Les Poissons Tertiaires de la Belgique. IV. Les Poissons Neogènes. *Mém. of the Royal Museum of Natural History Belgium*, 32:367-472.

- Lisitzin, A. P. 1972. Sedimentation in the world ocean. *Society of Economic Paleontology and Mineralogy*. Special Publication No. 17.
- Mac Arthur, R. H. 1972. *Geographical Ecology*. New York: Harper and Row.
- Martin, R. E. 1999. Taphonomy. A process approach. *Cambridge Paleobiology Series* No.4.
- May, R. M. 1974. *Stability and complexity in model ecosystems*. 2nd Ed. U.S.A.: Princeton University Press.
- McBride, E. F. 1971. Mathematical treatment of size distribution data. In: R. E. Carver. *Procedures in sedimentary petrology*, pp. 109-127. New York: Wiley-Interscience.
- McCammon, R. B. 1962. Efficiencies of percentile measures for describing the mean size and sorting of sedimentary particles. *Journal of Geology*, 70:453-465.
- Meyer, C. A. 1991. Burial experiments with marine turtle carcasses and their paleoecological significance. *Palaos*, 6:89-96.
- Miller, D. J. and Lea, R. N. 1972. Guide to the Coastal Marine Fishes of California. *The Resources Agency Departmento of Fish and Game*. Fish Bulletin 157.
- Minch, J. A. 1967. Stratigraphy and structure of the Tijuana - Rosarito Beach area, Northwestern Baja California, Mexico. *Bulletin of the Geological Society of America*. 78:1155-1178.
- Minch, J. A. and Ashby, J. R. (eds.) 1984. Miocene and Cretaceous Depositional Environments, Northwestern Baja California, Mexico. *Pacific Section, American Association of Petroleum Geologists*, 54:33-47.
- Minch, J., Schulte, K. and Hoffman, G. 1970. A middle Miocene age for the Rosarito Beach Formation in Northwestern Baja California, Mexico. *Bulletin of the Geological Society of America*. 81:3149-3154.
- Minch, J. A., Ashby, J. R., Deméré, T. A. and Kuper, H. T. 1984. Correlation and depositional environments of the middle Miocene Rosarito Beach Formation of Northwestern Baja California, México. In: J. A. Minch and J. R. Ashby (eds.) 1984. *Miocene and Cretaceous depositional environments, Northwestern Baja California, Mexico*. Pacific Section American Association of Petroleum Geologist, 54:33-46.

- Mitchell, E. 1965. *History of research at Sharktooth Hill, Kern County, California*. U.S.A.: Kern County Historical Society and the County of Kern through its Museum, Special Publication.
- Mitchell, E. 1966. Faunal succession of extinct North Pacific marine mammals. *Norsk Hvalfangst-Tidende*. 3:47-60.
- Navarro Fierro, R. 1988. *Introducción a la Bioestadística. Análisis de Variables Binarias*. México: Mc Graw - Hill.
- Ozin, G., Varaksa, N., Coombs, N., Davies, J., Perovic, D. and Ziliox, M. 1997. Bone mimetics: a composite of hydroxyapatite and calcium dodecylphosphate lamellar phase. *Journal of Mater Chemical*, 7:1601-1607.
- Peet, R. K. 1974. The measurement of species diversity. *Ann. Rev. Ecol. System*. 5:285-307.
- Poore, R., Mc Dougall, K., Barron, J., Brabb, E. and Kling, S. 1981. Microfossil biostratigraphy and biochronology of the type Relizian and Luisian stages of California. In: R.E. Garrison, R. G. Douglas, K.E. Psciotto, C. M. Isaacs and J.C. Ingle. *The Monterey Formation and related siliceous rocks of California*, pp.15-42. Special Publication of the Pacific Section Society of Economic Paleontologists and Mineralogists. Book 15.
- Purdi, R. W. 1996. A key to the common genera of Neogene shark teeth. Department of Biology. National Museum of Natural History. Smithsonian Institution. <http://www.nmnh.si.edu/paleo/shark.html>.
- Raup, D. M. y Stanley, S. M. 1978. *Principios de Paleontología*. España: Editorial Ariel.
- Rixon, A. E. 1976. *Fossil animal remains: Their preparation and conservation*. London: The Athlone Press of the University of London.
- Royse, Ch. 1970. An introduction to the sediment analysis. Arizona: Arizona State University Press.
- Sahni, A. and Mehrota, D. 1981. The Elasmobranch fauna of coastal Miocene sediments of Peninsular India. *Biological Memoirs, Vertebrate Paleontology Series* 2:83-121.
- Sánchez-Gutiérrez, S. J. 1995. Características mandibulares de una tortuga miocénica de La Misión, B. C. *Memorias del III Congreso Estudiantil de Oceanología*. México.

- Sánchez-Gutiérrez, S. J. 1996. Las tortugas miocénicas bajacalifornianas en la evolución de los quelónidos. *Memorias del IV Congreso Estudiantil de Oceanología*. México.
- Sánchez-Gutiérrez, S. J. 1998. *Aspectos Paleoecológicos y Evolutivos de Fósiles de la Familia Cheloniidae en La Misión, Baja California, México*. México: Facultad de Ciencias Marinas, Universidad Autónoma de Baja California. Tesis de Oceanología.
- Sánchez-Gutiérrez, S. J. y Aranda-Manteca, F.J. 2000. A new genus and species of middle Miocene sea turtle (Testudines; Chelonioidea; Cheloniidae) from Baja California, Mexico. *Journal of Vertebrate Paleontology* 20:66A. Supplement to No. 3.
- Sánchez-Riog, M. 1920. Escualidos del Mioceno y Plioceno de la Habana. *Boletín de Minas*. No. 6.
- Sanders, H. L. 1968. Marine benthic diversity: A comparative study. *The American Naturalist*, 102:243-254.
- Schults, Von Ortwin. 1977. Neue und fehlinterpretierte Fischformen aus dem Miozän des Wiener Beckens. *Ann. Naturhistor. Mus. Wien*. 81:203-219.
- Scotese, C. R. 2000. Paleomap Project. <http://www.scotese.com/climate.htm>
- Scott, R. W. 1978. Approaches to trophic analysis of paleocommunities. *Lethaia*, 11:1-14.
- Selley, R. C. 1996. *Ancient sedimentary environments and their sub-surface diagnosis*. New York: Chapman and Hall.
- Soutar, A., Johnson, S. and Baumgartner, T. 1981. In search of modern analogs to the Monterey Formation and related siliceous rocks of California. *Society of Economic Paleontologist and Mineralogists* 123-147.
- Speyer, S. E. and Brett, C. E. 1988. Taphofacies models for empiric sea environments: Middle Paleozoic examples. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 63:225-262.
- Stanton, R. J. Jr. and Dodd, J. R. 1976. The application of trophic structure of fossil communities in paleoenvironmental reconstruction. *Lethaia* 9:327-342.
- Stuart, C.J. Middle Miocene paleogeography of coastal Southern California and the California borderland. Evidence from schist-bearing sedimentary rocks.

- Tilman, D. 1982. *Resource competition and community structure*. U.S.A.: Princeton University Press.
- Toots, H. 1965. Sequence of disarticulation in mammalian skeletons. *University of Wyoming Contributions to Geology*, 4:37-39.
- Vail P.R. and Hardenbol, J. 1979. Sea Level changes during the Tertiary. *Oceanus* 22:71-79.
- Valentine J. W. 1973. *Evolutionary paleoecology of the marine biosphere*. U.S.A.: Prentice-Hall.
- Wentworth, C. K. 1922. A scale of grade and class terms for clastic sediments. *Journal of Geology* 30: 377-392.
- Zizumbo-Villarreal, R. 1987. *Paleoecología de dos comunidades bentónicas del Pleistoceno superior en Bahía Tortugas y Bahía Asunción, Baja California Sur, México*. México: Facultad de Ciencias Marinas, Universidad Autónoma de Baja California. Tesis de Oceanología.