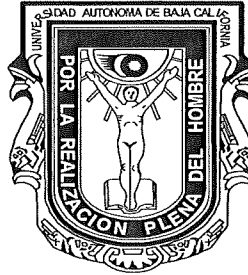


UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES OCEANOLÓGICAS



ESTUDIO PALEOECOLÓGICO DE LOS TIBURONES DEL
MIOCENO TARDÍO DE ISLA CEDROS, BAJA CALIFORNIA,
MÉXICO.

T E S I S

QUE PARA CUBRIR PARCIALMENTE LOS REQUISITOS NECESARIOS PARA
OBTENER EL GRADO DE

MAESTRO EN CIENCIAS EN OCEANOGRAFIA COSTERA

PRESENTA

GLORIA LUZ BELTRÁN FLORES

ENSENADA, BAJA CALIFORNIA, MÉXICO. AGOSTO 2008

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES OCEANOLÓGICAS
POSGRADO EN OCEANOGRAFÍA COSTERA

ESTUDIO PALEOECOLÓGICO DE LOS TIBURONES DEL
MIOCENO TARDÍO DE ISLA CEDROS, BAJA CALIFORNIA,
MÉXICO.

T E S I S


QUE PARA CUBRIR PARCIALMENTE LOS REQUISITOS NECESARIOS PARA
OBTENER EL GRADO DE

MAESTRO EN CIENCIAS EN OCEANOGRAFIA COSTERA


PRESENTA

GLORIA LUZ BELTRAN FLORES


Aprobada por:



Dr. Francisco Javier Aranda Manteca
Presidente del jurado



Dr. Gerardo González Barba,
Sinodal



Dr. Miguel Agustín Téllez Duarte
Sinodal

RESUMEN

Los tiburones son peces cartilaginosos que existen en los mares desde el Silúrico-Devónico (más de 500 Ma.), desde su aparición han tenido dos radiaciones, la última durante el Jurásico. Actualmente existen más de 900 especies distribuidas en 10 Órdenes. Isla Cedros revela un extenso registro sedimentario del Mesozoico y del Cenozoico, una de las formaciones que la constituyen es la Formación Almejas (Mioceno Tardío- Plioceno Tardío) (Kilmer, 1979), y el miembro inferior consiste principalmente de arenas ricas en cuarzo, finas, masivas, moderada a consolidada, café oxidado. Se realizaron colectas de 1992 a 1994 en la Formación Almejas Inferior, obteniendo restos de mamífero marinos, aves, peces y principalmente restos de seláceos. Para conocer como fue que vivieron los tiburones durante el Mioceno Tardío, se determinaron las condiciones paleoecológicas en las que vivieron los seláceos, partió de la información obtenida al identificar los dientes fósiles de seláceos encontrados en la Formación Almejas Inferior en Isla Cedros, Baja California, México. De los 1152 dientes colectados, se obtuvieron 5 Ordenes, 8 Familias, 13 géneros y 19 especies; estas últimas son *Carcharodon aff. carcharias*, *Isurus hastalis*, *I. oxyrinchus*, *Isurus* sp., dos especies dentadas de isuridos, *Carcharodon megalodon*, *Odontaspis* sp., tres grupos de *Carcharhinus*, *Negaprion* sp., *Galeocerdo* sp., *Rhizoprionodon* sp., *Sphyrna* sp., *Hexanchus* sp., *Notorynchus* sp., restos de la Familia Hexanchidae, *Squatina* sp., e *Isistius* sp. De acuerdo con el Uniformismo Taxonómico y a la abundancia de restos de *C. aff. carcharias* se puede sugerir que el ambiente en que habitaban estos organismos durante el Mioceno Tardío en el área de Isla Cedros era Templado, en tanto que la presencia de restos de especies como *Carcharhinus* y *Negaprion* (en menor cantidad) y indican influencia de aguas subtropicales, en tanto que especies de hexanchidos refiere un ambiente de plataforma. La mayor abundancia de restos de Lamnidos en las primeras unidades de la Formación Almejas Inferior supone un ambiente pelágico, en tanto que unidades finales, la abundancia de restos de Carcharhinidos sugiere una disminución en el nivel del mar, volviéndose un ambiente más costero. Posterior a la clasificación se realizó una separación de los dientes en Anteriores, Intermedios, Laterales y Posteriores de acuerdo a la posición que ocupan en la mandíbula, se basó en el Número Mínimo de Individuos para la formación parcial de 7 sets mandibulares de *C. aff. carcharias*. La predación fue la principal relación interespecífica que existió entre los seláceos y el resto de la comunidad, ya que esta estaba formada por peces, mamíferos y aves, pero también había competencia y parasitismo.

Palabras clave: Seláceos, dientes, fósil, Isla Cedros, Formación Almejas Inferior, Paleoecología.

Agradezco. . .

... ante todo a mis padres por su apoyo durante estos veintitantos años

... a la baby y a la gord por su apoyo y por esas platicas que muchas veces nos hicieron reir y alentaron a seguir.

... a Pancho por la aceptación y apoyo para que realizara uno de mis tantos planes. Así como al Dr. Miguel y a Gerardo por sus comentarios y sugerencias para la conclusión de este trabajo.

... a la UABC y en especial a la FCM por permitirme trabajar con el material fósil que esta bajo su resguardo. Así como darme las bases para mi formación academica en el area de investigación.

... a CONACYT por el apoyo otorgado para la realización de un grado más en mi carrera.

... también a todas aquellas personas que han estado a mi lado durante esta etapa, en especial al morrito

ÍNDICE

Índice de Tablas	ii
Índice de Figuras	v
INTRODUCCIÓN	1
ÁREA DE ESTUDIO	20
OBJETIVO	28
MÉTODO	29
RESULTADOS.....	33
DISCUSIÓN	83
Sistemática	83
Distribución y Abundancia.....	88
Aspectos tróficos.....	99
Distribución estratigráfica.....	122
CONCLUSIONES	125
BIBLIOGRAFIA	127
ANEXO	141

Índice de Tablas

Tabla II- Sistemática y Número de Dientes de Seláceos colectados en la Formación Almejas Inferior, en Isla Cedros, Baja California.	33
Tabla III.- Distribución y Hábitat de seláceos actuales.	70
Tabla IV.- Distribución de los dientes encontrados en la Formación Almejas Inferior en Isla Cedros, B. C. de acuerdo a la posición que ocupan dentro de la mandíbula.	71
Tabla V.- Estados tafonómicos de diente de tiburones encontrados en la Formación Almejas Inferior en Isla Cedros, B. C. Mexico.	74
Tabla VI.- Estados tafonómicos de diente de tiburones encontrados en la Formación Almejas Inferior en Isla Cedros, B. C. Mexico. Expresados en porcentaje.....	75
Tabla VII.- Número de especies y abundancia encontradas por unidad estratigráfica y Número de dientes por especie encontrados por unidad estratigráfica y en la Formación Almejas Inferior en Isla Cedros, B. C., México.....	76
Tabla VIII.- Número de especies y abundancia encontradas por unidad estratigráfica y Número de dientes por especie encontrados por	

unidad estratigráfica y en la Formación Almejas Inferior en Isla Cedros, B. C., México. Expresado en Porcentaje.....	77
Tabla IX.- Estados tafonómicos de los dientes de tiburones de acuerdo a la unidad estratigráfica en la que fueron colectados, en la Formación Almejas Inferior en Isla Cedros, B. C. México.	79
Tabla X.- Estados tafonómicos de los dientes de tiburones de acuerdo a la unidad estratigráfica en la que fueron colectados, en la Formación Almejas Inferior en Isla Cedros, B. C. México. Expresado en porcentaje.....	80
Tabla XI.- Distribución mundial de los tiburones encontrados en el Miembro Inferior de la Formación Almejas en Isla Cedros, B. C. México. (M=Mioceno, P= Plioceno, i= temprano, m= medio y t= tardío),.....	81
Tabla XII.- Distribución de las especies fósiles relacionadas a las colectadas en la Formación Almejas Inferior, con las de otras Formaciones perteneciente al Mioceno y Plioceno.	82
Tabla XIII.- Registro Estratigráfico de las especies encontradas en la Formación Almejas Inferior en Isla Cedros, B. C. México.	96
Tabla XIV.- Distribución Geográfica de las Familias de Seláceos Actuales.	99

Tabla XV.- Grupos de organismos consumidos por las especies de seláceos
actuales. 101

Índice de Figuras

Figura 1.- Clasificación actual de Condrictios incluidos los ordenes de tiburones (Compagno, 2002).....	3
Figura 2.- Primer tiburón conocido en el registro fósil Cladoselache (Colbert, 2001).	4
Figura 3.- Xenacanthus, tiburón de Paleozoico que habitaba agua dulce.....	6
Figura 4.- Proceso de remplazamiento o sustitución de los dientes en la mandíbula de un tiburón tigre <i>Carcharias taurus</i> Rafinesque 1810. A) Diente nuevo; B) diente de reemplazo incompleto; C) diente de reemplazo no funcional, totalmente formado; D) diente funcion.....	9
Figura 5.- Tipos de dientes (Welton y Farish, 1993).....	10
Figura 6.- Tipos de mandíbulas: A) Cortante (<i>Carcharhinus</i>); B) Agarre (<i>Isurus</i>); C) Triturante (<i>Heterodontus</i>). (Tomados de Cappetta, 1987).....	11
Figura 7.- Tipos o variaciones en la heterodoncia dental de los tiburones (Welton y Farish, 1993).	14
Figura 8.- A) Partes y vistas de los dientes (Purdy, 1990); B) Mandíbula; C) Posición de los dientes en la mandíbula (Espinosa-Arrubarrena, 1987).	15

Figura 9.- Mapa Geológico de Isla Cedros, B. C. (Kilmer, 1974) y Arroyos donde se han realizado colectas (tomado de Aranda-Manteca en preparación).	21
Figura 10.- Estratigrafía General de Isla Cedros (Kilmer, 1979).....	26
Figura 11.- Columna estratigráfica de la Formación Almejas (Aranda y Sanchez en preparación; modificada de Barnes, 1984).....	27
Figura 12.- Distribución actual de <i>Hexanchus griseus</i> Bonnaterre, 1788.	36
Figura 13.- Distribución actual de <i>Notorynchus cepedianus</i> (Péron, 1807).....	37
Figura 14.- Vista labial de los dientes encontrados en la Formación Almejas Inferior, pertenecientes a la Familia Hexanchidae. Dientes de <i>Notorynchus</i> sp. A y B Inferiores, C superior posiblemente de una hembra. Dientes inferiores de <i>Hexanchus</i> sp., D, E, F y G.	38
Figura 15.- Distribución actual de <i>Isistius brasiliensis</i> (Quoy & Gaimard, 1824). 40	
Figura 16.- Vista labial de los dientes encontrados en la Formación Almejas Inferior, pertenecientes a los géneros <i>Squatina</i> (A y B) e <i>Isistius</i> (C). 41	
Figura 17.- Distribución actual de <i>Squatina californica</i> Ayres, 1859.....	42
Figura 18.- Distribución actual de <i>Odontaspis ferox</i> (Risso, 1810).....	44

Figura 19.- Distribución actual de <i>C. carcharias</i> (Linnaeus, 1758).	47
Figura 20.- Distribución actual de <i>I. oxyrinchus</i> Rafinesque, 1810.	50
Figura 21.- Vista labial de los dientes pertenecientes al Orden Lamniforme, encontrados en la Formación Almejas Inferior de Isla Cedros, B. C. Dientes superiores (A-C) e inferiores (D-G) de <i>Carcharodon</i> aff. <i>carcharias</i>); dientes superiores de <i>Isurus hastalis</i> (H-K); dientes inferior (L) y superiores (M-N) de <i>I. oxyrinchus</i> ; diente inferiores (O-P) y superior (Q) de <i>Odontaspis</i> sp.....	54
Figura 22.- Vista labial de los dientes de <i>C. megalodon</i> colectados en la Formación Almejas Inferior de Isla Cedros.....	55
Figura 23.- Distribución actual de <i>Carcharhinus limbatus</i> (Valenciennes, 1839).57	
Figura 24.- Distribución actual de <i>Carcharhinus brachyurus</i> (Günther, 1870).	57
Figura 25.- Distribución actual de <i>Carcharhinus altimus</i> (Springer, 1950).....	59
Figura 26.- Distribución actual de <i>Carcharhinus falciformis</i> (Bibron, 1839).	59
Figura 27.- Distribución actual de <i>Carcharhinus longimanus</i> (Poey, 1861).	61
Figura 28.- Distribución actual de <i>Carcharhinus leucas</i> (Valenciennes, 1839). 61	
Figura 29.- Distribución actual de <i>Carcharhinus obscurus</i> (LeSueur, 1818).....	62

Figura 30.- Distribución actual de <i>Negaprion brevirostris</i> (Poey, 1868).....	65
Figura 31.- Distribución actual de <i>Rhizoprionodon lonquiro</i> (Jordan & Gilbert, 1882).	66
Figura 32.- Distribución actual de <i>S. lewini</i> (Griffith & Smith, 1834).	68
Figura 33.- Vista lingual de dientes pertenecientes al Orden Carcharhiniformes, colectados en la Formación almejas Inferior de Isla Cedros, B. C. Dientes superiores antero laterales de <i>Carcharhinus</i> sp.1 (A-C); dientes superiores antero laterales (D-E) y posterior (F) de <i>Carcharhinus</i> sp. 2; dientes superiores antero laterales de <i>Carcharhinus</i> sp.3 (G-I); y dientes inferiores de <i>Carcharhinus</i> spp. indet. (J-I); dientes superiores (M-N) e inferiores (O) de <i>Negaprion</i> sp.; dientes inferiores (P-Q) de <i>Rhizoprionodon</i> sp.; y dientes superiores de <i>Sphyrna</i> sp. (S-T).	69
Figura 34.- Porcentaje de dientes encontrados por especies pertenecientes a la mandíbula superior e inferior y dientes de ubicación indeterminada encontrados en la Formación Almejas Inferior de Isla Cedros, B. C. México.	72
Figura 35.- Número de dientes colectados por especie de la mandíbula superior pertenecientes al lado derecho o izquierdo de esta.	72

Figura 36.- La figura muestra los diferentes tipos de dientes o fragmentos de dientes de tiburón en la Formación Almejas Inferior de Isla Cedros, B. C.: A) diente completo; B) diente roto; C) fraccionado de la cúspide; D) fracturado en la corona; E) fracturado del lóbulo; F) fracturado en la raíz; G) y H) fragmento.	73
Figura 37.- Comparación entre los tipos de serraciones que presentan dos Isuridos dentados (A y b) y un C. aff. carcharias (C), colectados en la Formación Almejas Inferior en Isla Cedros, B. C. México.	86
Figura 38.- Número de dientes encontrados por Familias en la Formación Almejas Inferior en Isla Cedros, B. C., México. Expresado en porcentaje.....	98
Figura 39.- Número de dientes encontrados de la Familia Lamnidae en la Formación Almejas Inferior en Isla Cedros, B. C., México.	98
Figura 40.-Cadena trófica de la fauna encontrada en la Formación Almejas Inferior de Isla Cedros, B. C., México.....	104
Figura 41. – Coloración que presentaron los dientes fósiles.	114
Figura 42.- Número de dientes superiores e inferiores del género Carcharhinus que presentan abrasión.....	115

Figura 43.- Número de dientes de Isuridos completos (completos y rotos), fraccionados y fragmentados colectados en la Formación Almejas Inferior en Isla Cedros, B. C., México. 118

Figura 44.- Número de dientes de la Familia Lamnidae completos completos, rotos, fraccionados y fragmentados colectados en la Formación Almejas Inferior en Isla Cedros, B. C., México. 119

Figura 45.- Serie mandibular parcialmente formado por 10 dientes superiores derechos de *C. aff. carcharias*..... 120

INTRODUCCIÓN

Los tiburones son un grupo de peces cartilagosos y mandíbulados, pertenecientes a la Clase Chondrichthyes. Existen aproximadamente 10 ordenes, 51 familias, 165 géneros y aproximadamente 900 especies descritas actualmente (Compagno, 1990), este número pudiera variar debido a que muchas veces una misma especie es descrita con diferentes nombres, además de que siguen describiéndose nuevas especies.

Compagno (2002), realiza una nueva clasificación taxonómica sobre los Condrictios, como a continuación se presenta (Fig. 1):

- * Clase Chondrichthyes (peces cartilagosos)
 - Subclase Elasmobranchii (tiburones)
 - Cohorte Euselachii (Tiburones fósiles y modernos)
 - Subcohorte Neoselachii (tiburones modernos)
 - Superorden Squalomorphi
 - Orden Hexanchiformes
 - Orden Squaliformes
 - Orden Squatiniformes
 - Orden Pristiophoriformes
 - Orden Rajiformes
 - Superorden Galeomorphi

- Orden Heterodontiformes
- Orden Lamniformes
- Orden Orectolobiformes
- Orden Carcharhiniformes.

Los tiburones son considerados como "peces primitivos" (Colbert *et al.* 2001). En el registro fósil aparecen por primera vez en el Silúrico Tardío, casi al mismo tiempo que los peces óseos. Este primer registro de condriactios, son escamas aisladas en sedimentos marinos de Asia Central (Carroll, 1988). El esqueleto cartilaginosos de los tiburones es un desarrollo secundario del esqueleto de los ostracodermos y placodermos (Colbert *et al.* 2001).

Existen cientos de especies fósiles de condriacties, de las cuales el registro fósil solo esta representado por una pequeña fracción de la diversidad total de por lo menos desde hace 400 millones de años (Schaeffer & Williams, 1977; Compagno, 1990).

Carroll (1988), comenta que los elasmobranquios pudieron haber experimentado dos grandes episodios de radiaciones adaptativas. La primera radiación ocurrió durante el Silúrico Tardío y el Devónico, en periodos donde se han encontrado una gran variedad de dientes que son considerados como un estado inicial en la diversificación de los tiburones. La segunda radiación ocurrió al inicio del Mesozoico, durante la cual se mantuvo la apariencia moderna de los elasmobranquios para el Cretácico Temprano.

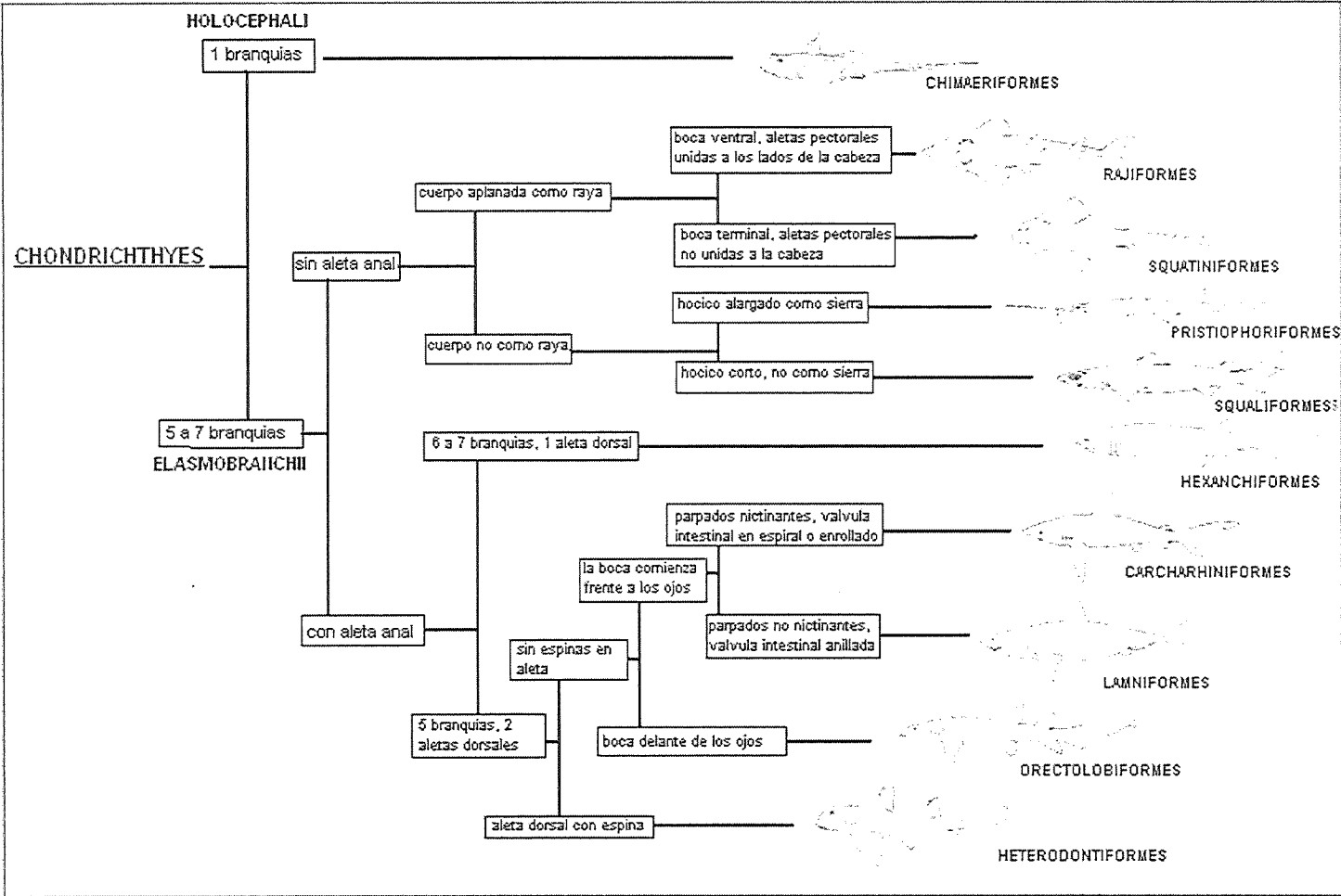


Figura 1.- Clasificación actual de Condriactios incluidos los ordenes de tiburones (Compagno, 2002).

Uno de los primeros tiburones conocidos en el registro fósil es el género *Cladoselache* (Fig. 2), en Pizarras de Cleveland del Devónico Superior, en Cleveland, Ohio. En algunos aspectos, el *Cladoselache* es similar a algunos tiburones actuales, como en la forma del cuerpo y en configuración de las aletas, las cuales se comparan con las de los tiburones pelágicos modernos. Los dientes de este tiburón consisten de una cúspide central alta, con cúspides laterales de cada lado. Esta es una forma inicial en la estructura de los dientes entre los tiburones (Carroll, 1988; Colbert, *et al.*, 2001).

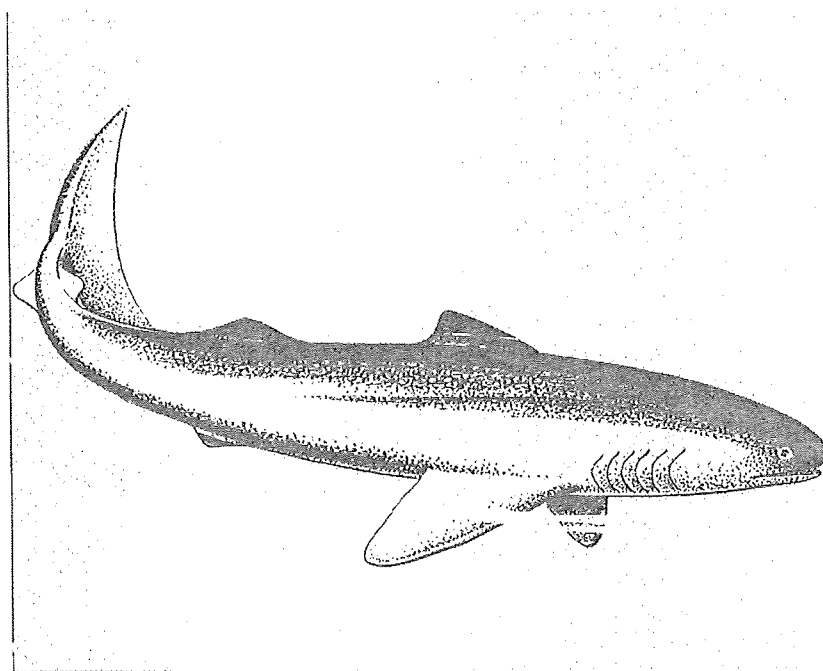


Figura 2.- Primer tiburón conocido en el registro fósil *Cladoselache* (Colbert, 2001).

El grupo de tiburones más primitivos es el Cladoselachida, del cual se originaron otros grupos más desarrollados, como lo fueron *Xenacanthus* e

Hybodus. Estas especies pudieron sobrevivir hasta finales de Paleozoico (Colbert *et al.*, 2001).

Durante los sesentas y setentas se encontraron especímenes de elasmobranquios del Carbonífero en Gran Bretaña, ampliando el conocimiento sobre estos y la relación con los elasmobranquios del Mesozoico y actuales (Schaeffer & Williams, 1977).

En contraste con los restos de la mayoría de los elasmobranquios del Paleozoico, que se han encontrados principalmente en depósitos marinos, el *Xenacanthus* (Fig. 3), es el primer grupo de tiburones que predominó en agua dulce, en ríos someros y lagos del Paleozoico e inicios del Mesozoico. Este grupo es conocido por su dentición distintiva; en donde el diente (denominado "Diplodus") tiene dos cúspides laterales altas y una pequeña cúspide central. Sus restos se han encontrado principalmente en el Carbonífero Superior y el Pérmico Inferior (Carroll, 1988).

Un género derivado de este grupo es *Hybodus*, el cual está ampliamente distribuido en sedimentos del Pérmico Superior hasta el Mesozoico. Este género apareció en el Devónico Tardío, alcanzando su cenit durante el Carbonífero, cuando los tiburones comenzaron a ser abundantes en los mares, su historia evolutiva continuó hasta inicios del Cenozoico (Castro, 1983; Colbert, *et al.*, 2001).

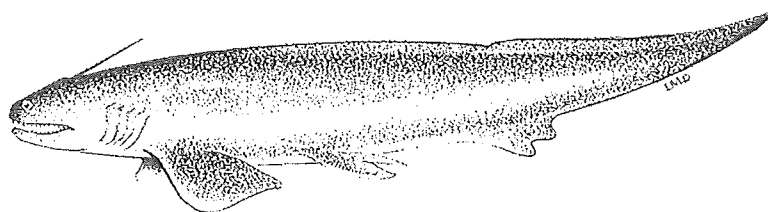


Figura 3.- Xenacanthus, tiburón de Paleozoico que habitaba agua dulce.

Otro grupo muy parecido a los Cladoselachida es el Ctenacanthida, del cual se reconocen dos grupos más en el Devónico Tardío: Ctenacanthoideos, los cuales son los más primitivos y representan aparentemente el stock inicial, del cual los grupos secundarios de ctenacanthida fueron derivados como los Hybodontidos y los tiburones modernos (Carroll, 1988).

Los primeros y más primitivos representantes de los tiburones modernos son los Hybodontidos, los cuales aparecieron en el Devónico Tardío, continuando su historia evolutiva a través del Paleozoico Superior, Mesozoico, hasta inicios del Cenozoico. Los Hybodontidos fueron un estado intermedio en la evolución de los tiburones. Los dientes de este grupo fueron derivados de los Cladoselachida (Colbert, 2001). Estos son comunes durante el Carbonífero hasta el Cretácico, además de ser los primeros sucesores de los Ctenacanthidos del Mesozoico, como predadores dominantes (Carroll, 1988).

Durante el Triásico y Jurásico, los tiburones experimentaron una reducción en su diversidad. En esta época el mejor representante fue

Hybodontidae, quienes alcanzaron la cima de su desarrollo evolutivo durante el Paleozoico Tardío y Mesozoico Temprano. Para el Jurásico los Hybodontidos fueron remplazados por los Heterodontoidos y Hexanchidos y posteriormente por una gran variedad de tiburones y rayas que evolucionaron del Cretácico hasta el presente (Castro, 1983; Colbert, *et al.*, 2001).

Cappetta (1987) describe los elasmobranquios del Mesozoico y Cenozoico conocidos en el mundo hasta 1987, haciendo una descripción del hábitat, la morfología, y hace hincapié en los tipos de dientes que se presentan en los elasmobranquios.

Se considera que un fósil es cualquier resto o evidencia de un organismo que se preserve a través del tiempo. Se pueden producir al morir un organismo, cuando un organismo del pasado realizaba alguna actividad o a partir de restos o señales pre-existentes (Fernández-López, 2000). Los fósiles de tiburón pueden ser de los dientes, placas dérmicas, dentículos y/o vértebras.

El registro fósil esta constituido por los vestigios más resistentes de las entidades paleobiológicas. La transformación de la biocenosis (conjunto de organismos que vivieron en la misma localidad), a la tafocenosis (conjunto de restos de organismos que vivieron juntos), representa una pérdida de información paleobiológica dentro del registro fósil, debido a factores físicos, químicos y/o biológicos (Martin, 1999).

Los tiburones tienen una dentición polifiodonta, es decir, se despojan del diente maduro y lo reemplazan con uno nuevo durante toda su vida (Fig. 4). El diente se desarrolla a lo largo de la superficie interna del cartílago de la mandíbula en asociación con envolvimiento de tejido epidérmico. Estos dientes son adheridos a la membrana dental y avanzan anteriormente como en una banda, brotan y se hacen funcionales por un tiempo. La corona forma primero una capa parecida al esmalte, posteriormente se desarrolla la raíz, rellenando la corona, la cual comienza a desarrollarse hasta que el diente alcanza su posición funcional (Welton y Farish, 1993).

La forma de los dientes de los tiburones es variable y esta bien adaptada de acuerdo a su dieta (Fig. 5). Estos pueden ser triangulares, como placas o tener extremos serrados diseñados para cortar (tipo cortante); o pueden ser largos, puntiagudos adaptados para capturar a la presa (tipo capturar); aun otros pueden tener coronas despuntadas, bajas, diseñadas para masticar invertebrados (tipo atrapar) (González-Barba, 1990).

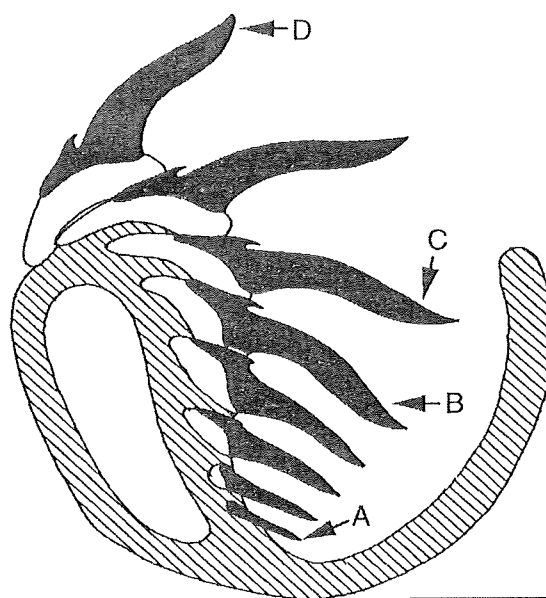


Figura 4.- Proceso de remplazamiento o sustitución de los dientes en la mandíbula de un tiburón tigre *Carcharias taurus* Rafinesque 1810. A) Diente nuevo; B) diente de reemplazo incompleto; C) diente de reemplazo no funcional, totalmente formado; D) diente función.

Sin embargo la diversidad morfológica de los dientes de los tiburones, se puede agrupar en un número reducido de tipos de mandíbulas (Fig. 6) correspondientes a sus adaptaciones tróficas. Cappetta (1987), define los siguientes tipos: 1) atrapador, 2) desgarrador, 3) cortador (estricto y de agarre), 4) aplastador y 5) triturador.

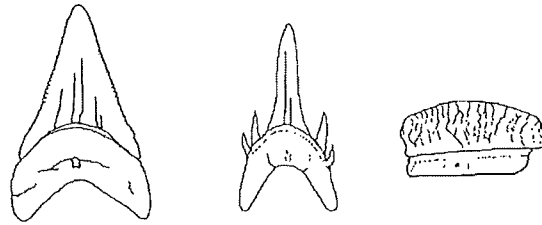


Figura 5.- Tipos de dientes (Welton y Farish, 1993).

Al cambio radical en forma y tamaño de los dientes encontrados en la mandíbula de un tiburón se le conoce como Heterodoncia. Esta variación se presenta a lo largo de la mandíbula o entre la mandíbula superior e inferior (Applegate, 1965; Welton y Farish, 1993).

La condición de heterodoncia ha sido bien documentada para los tiburones del Paleozoico y Mesozoico, principalmente para los hybodontes (Applegate, 1965).

En los tiburones también se puede presentar un modo, en el cual todos los dientes de la mandíbula son iguales en forma y no presentan un cambio abrupto en tamaño, este fenómeno es llamado homodoncia. Esta característica se observa en tiburones fósiles y recientes. Actualmente *Rhincodon* y *Cetorhinus* (Applegate, 1965).

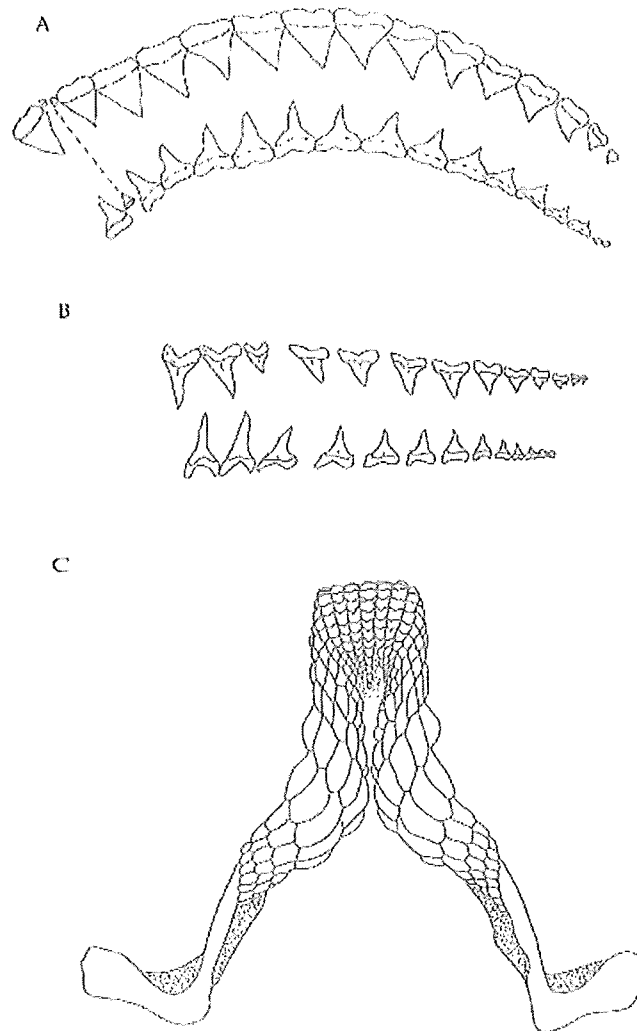


Figura 6.- Tipos de mandíbulas: A) Cortante (Carcharhinus); B) Agarre (Isurus); C) Triturante (Heterodontus). (Tomados de Cappetta, 1987).

La heterodoncia en los tiburones involucra distintas variaciones (Applegate, 1965; Cappetta, 1987; Welton & Farish, 1993): (Fig. 7)

- * Heterodoncia monognática. Presenta variaciones en la forma de los dientes de la misma mandíbula.

- * Heterodoncia dignática. las variaciones se observan en la forma de los dientes entre la mandíbula superior e inferior.

Cappetta (1987) menciona que estas heterodoncias se pueden presentar en un mismo organismo, como por ejemplo los Hexanquidos, los cuales tienen una heterodoncia dignática, además de una heterodoncia monognática en la mandíbula superior. A pesar de esto la dignática es la más común.

Otros tipos de heterodoncia son (Fig. 7):

- * Heterodoncia ontogénica. Presenta una variación en la forma de los dientes, durante la vida de los tiburones, cuando crecen.
- * Heterodoncia sexual. La variación es en la forma de los dientes en posiciones similares en machos y hembras de la misma especie y etapa de vida.

Es posible dividir la mandíbula del tiburón en sectores o grupos de filas adyacentes de los dientes, basando en la medida, forma y posición relativa a la sínfisis mandibular (González-Barba, 2003).

Basándose en lo realizado por Leriche en 1905, quien propone los términos de Sinfisales, Anteriores, Intermedios y Laterales, para describir la posición de los diferentes dientes en la mandíbula, Applegate (1965) propone agregar el término de posteriores, usando la heterodoncia del tiburón tigre arenoso *Carcharias taurus*. Posteriormente Purdy (1990), además de describir los tipos básicos de dientes y su posición, dividiéndolos

en Inferiores (sinfisales, anteriores, laterales y posteriores y Superiores (Medios, sinfisales, alternos, intermedios y posteriores), también propone una nomenclatura dental para identificar a los tiburones de acuerdo a la forma en la que podemos encontrar los dientes (angular, arqueado, con una hendidura profunda o somera), a las serraciones que estos pueden presentar (débil, muy fina, fina o gruesa) o a la dirección que pueden tener (labial, lingual, mesial y distal) dentro de la mandíbula (Fig. 8).

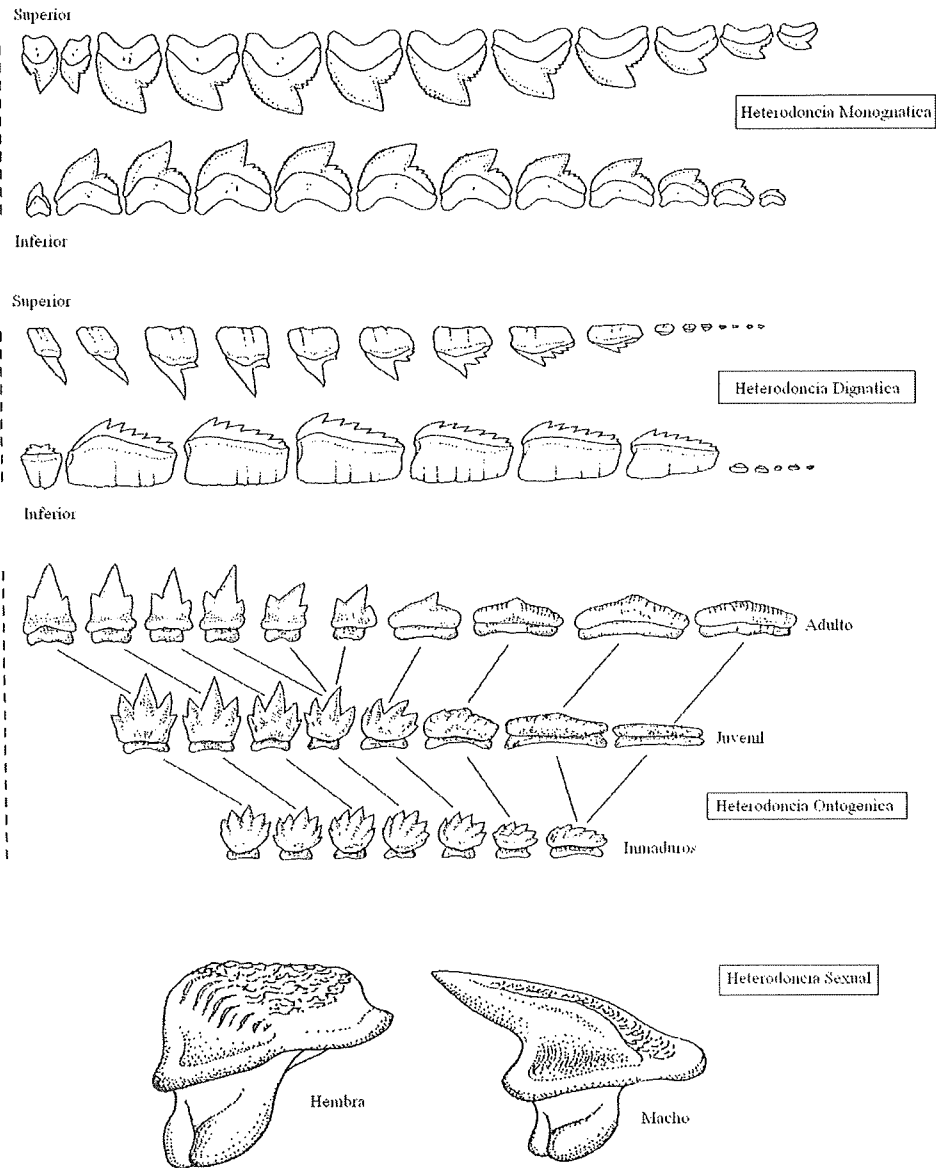


Figura 7.- Tipos o variaciones en la heterodoncia dental de los tiburones (Welton y Farish, 1993).

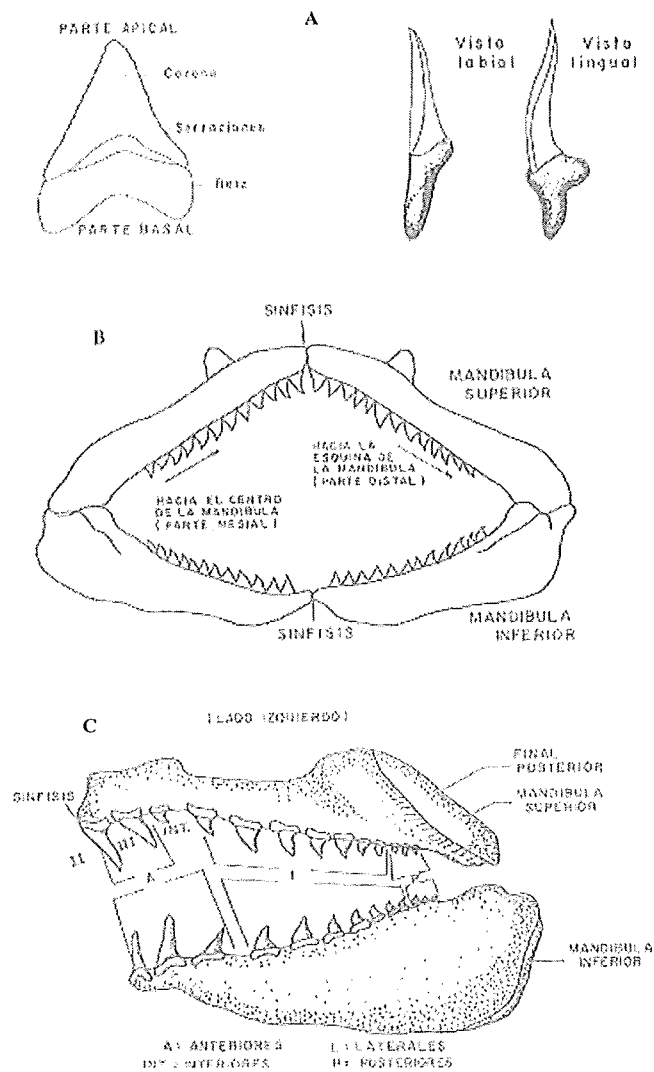


Figura 8.- A) Partes y vistas de los dientes (Purdy, 1990); B) Mandíbula; C) Posición de los dientes en la mandíbula (Espinosa-Arribarrena, 1987).

En la reconstrucción de la dentadura de los tiburones fósiles diversos términos fueron usados (Applegate, 1965):

- * "Serie dental". Es una secuencia dental completa, que incluye todos los dientes y filas de ambos lados de la mandíbula superior e inferior, arreglándolos en su orden natural como ocurre en vida.
- * "Serie natural de dientes". Esto ocurre obviamente en tiburones vivos, en los fósiles estos ocurre bajo condiciones excepcionales de preservación, en el cual muestran el orden natural de los dientes.
- * "Asociación de dientes" ocurre cuando un número de algún tipo de dientes son encontrados, los cuales pueden ser referidos a un individuo.
- * "Serie artificial". Puede formarse cuando un cierto número de tipo de diente de una localidad pertenecen a una misma especie.

Ecología es la ciencia que se encarga de estudiar las relaciones entre los organismos y con el ambiente, la Paleoecología estudia las interacciones de un organismo con otros y con el medio ambiente en un pasado geológico (Dodd & Stanton, 1990).

Los restos fósiles indican como los organismos estuvieron relacionados con otros miembros de una comunidad y de su ecosistema, su distribución en un ambiente antiguo y sobre de su comportamiento (Behrensmeyer & Hill, 1980; en Hernández-Rosado, 1995). Para comprender la información obtenida de los fósiles debemos recurrir a la Paleoecología.

Un análisis paleoecológico se fundamenta en el Principio del Uniformismo, que establece que los procesos naturales que actuaron en el

pasado son los mismos que actúan en el presente, o que "el presente es la clave del pasado" (Lyell, 1830).

La reconstrucción Paleoambiental depende de varios aspectos como: el establecimiento de un buen marco estratigráfico, una buena taxonomía, una comprensible información ecológica y tafonómica. 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 & Stanton, 1990). Además de tomar en cuenta aquellos aspectos por los que pasaron los organismos (muerte, decaimiento y enterramiento) hasta el momento en que se convirtieron en fósiles.

Los modelos paleoecológicos utilizados para la reconstrucción paleoambiental provienen de la información obtenida tanto de ambientes modernos como antiguos. Todos estos modelos se han esbozado mediante el empleo de criterios paleontológicos, sedimentológicos, estratigráficos y algunas veces geoquímicos (Bottjer et al., 1995; en Aranda-Manteca, 2001).

El método básico para la interpretación de ambientes fósiles es asumir que los requerimientos ambientales de los fósiles fueron semejantes que su representante taxonómico vivo más cercano y transferir esta información

ambiental al fósil, siendo este el Principio del Uniformismo Taxonómico (Dodd & Stanton, 1990).

El estudio de los primeros fósiles de tiburón en la costa Oeste de América fue realizado por Agassiz 1856 (en González-Barba, 1990), utilizando los dientes colectados por W.P. Blake en SharkTooth Hill (Wood, *et al.*, 1941, en elasma.com), California. En esta localidad se encontró más de un centenar tiburones, rayas, peces óseos, tortugas, aves y mamíferos e incluye especies terrestres del Mioceno de tierras adyacentes (Bourdon, 2008). La fauna de Sharktooth Hill es una de las más grandes del Seláceos del Mioceno descrita para el oeste de Norteamérica y es una localidad tipo para muchas de estas especies. De las géneros de seláceos que se han encontrado en Sharktooth Hill, están *Isurus*, *Odontaspis*, *Carcharodon*, *Galeocerdo*, *Hemipristis*, *Carcharhinus*, *Prionodon*, *Lamna*, *Heptranchias*, *Squatina*, *Echinorhinus* (Mitchell, 1965).

Leriche (1908) realiza observaciones sobre los escualos neogenicos de California y el geólogo alemán Ernst Wittich (1913) (en González-Barba, 1990) realizó varios trabajos en la península de Baja California en el área de Vizcaíno y reporta por primera vez, restos de seláceos del terciario en la Misión Vieja, entre el Puerto de Ensenada y Tijuana. En 1957 el geólogo alemán Thorwald Kruckow realiza un trabajo sobre la importancia paleogeográfica y estratigráfica de la fauna de elasmobranquios del Mioceno Medio en Baja California, incluyendo las localidades de La Misión Vieja,

Bahía Tortugas, San Raymundo, San Hilario y el kilómetro 135 de la carretera peninsular al noroeste de la Ventana, B. C.

Aranda-Manteca (1994) menciona que la comunidad de vertebrados del Mioceno Medio en La Misión en Baja California tiene una fauna compuesta de 75 especies de vertebrados marinos de los cuales 28 especies son tiburones con 13 familias y 18 géneros. En el 2001 reconoce para la comunidad de seláceos 3 superórdenes, 6 órdenes, 15 familias y 23 géneros y por lo menos 32 especies, siendo los Carcharhiniformes el orden más abundante. De las especies encontradas considera que son ancestros de los seláceos del Mioceno Tardío de Isla Cedros, B. C.

ÁREA DE ESTUDIO

Isla Cedros tiene un origen volcánico, con una cadena montañosa abrupta que alcanza una altura considerable, tiene cerca de 70km de longitud y casi 23km de ancho en su extremo sur (INEGI, 1997).

Se encuentra situada en el Pacífico Nororiental a las costas de la Península de Baja California, a 20km al noroeste de Punta Eugenia (Fig. 9) En la Isla domina la topografía que existen a lo largo de los 400km de cordillera sumergida, la cual es denominada como cadena de Cedros. Su lado oeste a 20km de la Isla de Cedros desciende cerca de 4000 m de la plataforma continental hasta el piso oceánico. Al este la Isla esta bordeada por la Bahía de Vizcaíno cuya profundidad es de 500 a 2000 m (Kilmer, 1984).

En Isla Cedros se revela un registro geológico desde el Mesozoico y del Cenozoico, incluyendo la placa tectónica de la frontera de Baja California (Kilmer, 1979), En la Formación Almejas Inferior se tiene el registro de mamíferos marinos más diverso de México (Barnes 1998).

Kilmer (1979) menciona que Mina (1957), mapeó el sur de Baja California incluyendo Isla Cedros, delimitando y nombrando formaciones para la región. Las unidades de la Isla para el Cretácico, Mioceno y Plioceno fueron nombradas por Hanna (1925, 1927) y Tafall (1948) como Formación Eugenia, Tortugas y Almejas respectivamente.

Las Formaciones estratigráficas que afloran en la Isla Cedros son: el Gran Cañón que pertenece la parte Media y Superior del Jurásico Inferior y Medio; el Coloradito Jurásico Superior; Eugenia entre el Jurásico Superior y el Cretácico Inferior; Valle, del Cretácico Inferior y Superior; Morro Redondo Cretácico Superior; Tortugas, Mioceno Medio y Almejas Mioceno Superior a Plioceno Superior (Fig. 9 y 11) Las Formaciones Eugenia, Valle, Tortugas y Almejas fueron descritas por Kilmer (1984).

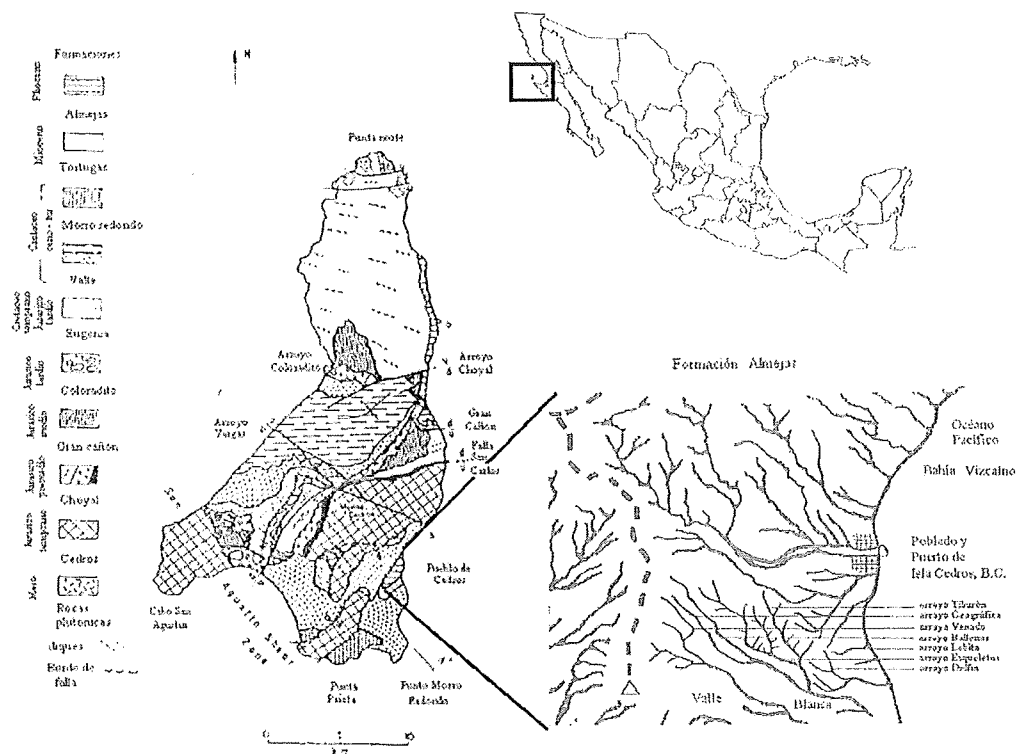


Figura 9.- Mapa Geológico de Isla Cedros, B. C. (Kilmer, 1974) y Arroyos donde se han realizado colectas (tomado de Aranda-Manteca en preparación).

Hernández-Rosado (1995) comenta que se han realizado investigaciones en la Isla Cedros desde la década de los veinte, en donde se

reportaron sedimentos marinos del Terciario Superior. Al principio solo fósiles de invertebrados fueron colectados y descritos por Hertlein en 1925, Jordan y Hertlein en 1926 y Hanna en 1927 (para el miembro superior de la Formación Almejas). Tiempo después Kilmer (1984) reporta la presencia de fósiles de vertebrados marinos en el miembro inferior de la Formación Almejas. A partir de esto desde 1964 se han realizado exploraciones a la zona por parte de distintas universidades e instituciones, entre ellas la Universidad de California en Riverside y la Universidad Autónoma de Baja California, National Geographic Society, National History Museum Los Angeles, National Museum Berkeley, National History Natural of San Diego, Universidad Nacional Autónoma de México (Barnes, 1973).

Existen dos zonas fosilíferas que fueron trabajadas por primera vez por D. P. Whistler, en las campañas de 1964 y 1965, estas zonas se conocen como Localidad Kilmer o Arroyo Delfín y Localidad de Whistler o Arroyo Tiburón (Hernández-Rosado, 1995). Se han extraído fósiles de seis cañones (Fig. 10) o arroyos consecutivos y adyacentes entre sí, de este a oeste son: Arroyo Lobita, Arroyo Delfín, Arroyo Tiburón, Arroyo Esqueletos, Arroyo Venados y Arroyo Geográfica (de acuerdo con Tedford, 1974 y con las notas de campo de expediciones NGS, UABC, NHMLA, y UABCS 1992, 1993 y 1994).

La Formación Almejas (Mioceno Tardío- Plioceno Temprano), tiene un espesor aproximado de 385 m (Kilmer, 1979) y consiste en depósitos de areniscas, conglomerados y calizas algales (Fig. 11), las cuales están expuestas del lado este de

la isla (Fig. 9) cerca de Punta Morro Redondo, poblado de Cedros y el Arroyo Choyal. En esta área podemos distinguir dos miembros: el superior con un grosor de 311 m y el inferior de 74 m (Kilmer, 1984).

El miembro inferior consiste principalmente de areniscas ricas en cuarzo, suaves, masivas, de moderadamente a bien consolidadas, café oxidado, en las cuales ocurren los fósiles de mamíferos marinos, aves y peces y dientes de tiburones (Fig. 8). No hay evidencia fósil de invertebrados marinos en el miembro inferior. Datos radiométricos indican que el miembro inferior fue depositado hace unos 6-8 Ma. o durante el Mioceno Tardío (Kilmer, 1979). Mientras que el miembro superior está constituido por areniscas y conglomerados mal clasificados, con estratificación cruzada rico en restos algales y de invertebrados (Kilmer, 1984).

Tedford y Kilmer construyen la columna estratigráfica de la Formación Almejas, reconociendo las diferentes unidades litoestratigráficas y correlacionándolas entre diferentes afloramientos (Barnes, 1984) (Fig. 12).

La parte inferior de la Formación Almejas en Isla de Cedros ha producido importantes especímenes de fósiles de vertebrados marinos del final del Mioceno Tardío (aprox. 9 a 6 Ma.), entre los que se incluyen al menos 30 especies de tiburones, peces, aves y mamíferos marinos. Los fósiles indican una mezcla de especies que habitaron un ambiente marino de cercano a la costa a oceánico abierto, relativamente tranquilo, cerca de una isla o de una península. Algunas de las especies fósiles tienen parientes actuales que

viven en la misma área. Una tercera parte de las especies que constituyen la Colección Paleontológica del Estado de Baja California son animales extintos, como lo es el tiburón gigante, *Carcharocles megalodon* (Aranda-Manteca, comentario personal, 2006).

El Paleoambiente de depósito de la Formación Almejas Inferior no está claro. Principalmente, porque el depósito aparentemente carece de invertebrados fósiles, pero contiene abundantes mamíferos marinos, peces y aves, esto sugiere que el depósito ocurrió a lo largo del margen de la costa, de lagunas que recibían arenas de dunas adyacentes (Kilmer, 1984).

En el Mioceno se desarrolló una sedimentación y vulcanismo activo, depositándose discordantemente areniscas, limolitas de la Formación Tortugas. Durante el Mioceno Medio y el Plioceno Inferior ocurre un cambio en la configuración del límite entre las placas Pacífico y Norteamérica involucrando diversos procesos tectonomagmáticos en una amplia zona de la margen continental de Norteamérica, ocasionados por el cese de la subducción de la placa Farallón - Guadalupe, al oeste de Baja California y por la migración hacia el sur de la placa Rivera (Atwater & Stock, 1989; Stock, y Hodges, 1989), originando la apertura del Golfo de California. Esta tectónica está evidenciada por levantamientos que ponen en contacto a las rocas del Triásico Superior-Jurásico Superior con los depósitos del Mioceno (INEGI, 1997).

El presente estudio tiene como objetivo principal, determinar las condiciones paleoecológicas en las que vivieron los seláceos durante

Mioceno Tardío, usando dientes fósiles de tiburones, Isla Cedros, Baja California, México.

Basándose en esto y en que los seláceos son los principales depredadores de los océanos, es de interés describir las condiciones en las que los seláceos habitaron durante el Mioceno Tardío en el área de Isla Cedros, B. C., México.

Estratigrafía General de Isla Cedros					
Edad	Formación y Simbologías	Columna	Espesor (mts)	Litología	
Cuaternario	Alluviones, dunas, derrumbes, Fanglomerados, Depositos de terrazas marinas (4)		5-50	Arenas y Gravas	
Plioceno Temprano a Tardío	ALMEJAS 		100-150	Conglomerados, areniscas, rocas bioclasticas (ricas en algas)	
Mioceno Medio Tardío	TORTUGAS 		980	Rocas de arcilla, areniscas, conglomerados	
Cretácico Tardío	Turoniano MORRO REDONDO 		100	Conglomerados, variedad de esquistos, areniscas y tibas	
	Turoniano VALLE Superior 		2200-2900	Concreciones de arenisca, conglomerados, una delgada capa de esquistos, pizarras	
			Cenomaniano VALLE Inferior 	900-2300	Delgadas capas de esquistos, pizarras, concreciones, areniscas, conglomerados, tobas (?)
Cretácico Temprano a Tardío	EUGENIA 		100-150	Conglomerados de arenisca gris, Flujos de andesita	
Jurásico Tardío	COLORADO 		150-600	Megabrecha de pizarras, areniscas y conglomerados	Diques de Andesita
Jurásico Medio (Bajociano-Calloviano)	GRAN CAÑON 		1900-2200	Esquistos de sillero, pizarras cenegosas, Conglomerados, almohadones volcánicos, toba	
Jurásico Pre-Medio	CHOVAL 		?	Almohadones volcánicos masivos, granito intrusivo	
				Diorita y grabbo esquilado	
				Peridotita, serpentinite permanentemente esquilado	
Jurásico Tardío ?	CEDROS 		?	Areniscas grises, pizarras, estructuras volcánicas en forma de almohadones, limolitas, rocas actinolíticas, serpentinite	

Figura 10.- Estratigrafía General de Isla Cedros (Kilmer, 1979).

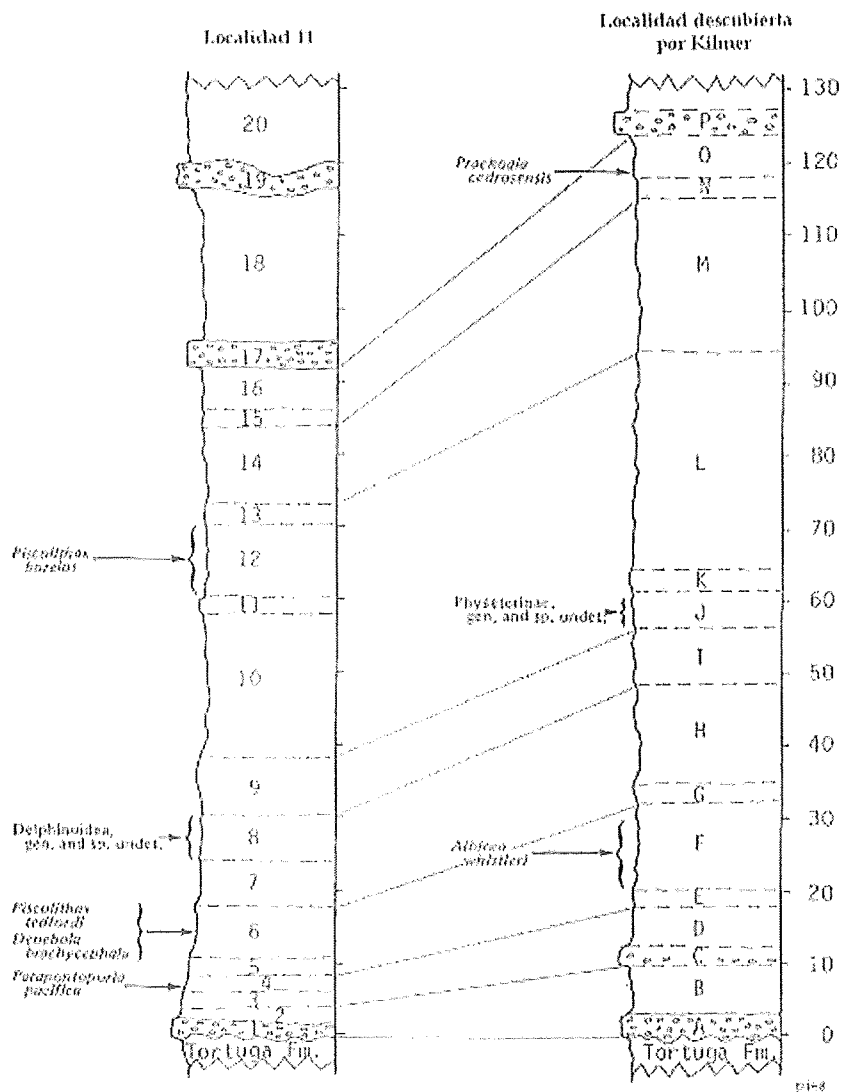


Figura 11.- Columna estratigráfica de la Formación Almejas (Aranda y Sánchez en preparación; modificada de Barnes, 1984).

OBJETIVO

- Determinar las condiciones paleoecológicas en las que se desarrollaron los seláceos en la Formación Almejas Inferior (Mioceno Tardío) en la Isla Cedros, Baja California, México.
- Establecer la abundancia y diversidad de fósiles de seláceos.
- Establecer las relaciones paleoecológicas de los seláceos con la comunidad reportada en dicha Formación.

MÉTODO

La muestra de seláceos para la realización de este proyecto fueron colectadas durante las visitas del NHMLA y UABC, encabezada por el Dr. Barnes, M. en C. Gerardo González Barba y el Dr. Aranda realizadas a Isla Cedros durante 1992, 1993 y 1994, las que se encuentran bajo resguardo en la Colección de Paleontología del Estado de Baja California (CPEBC) en la Facultad de Ciencias Marinas de la Universidad Autónoma de Baja California (FCM-UABC).

De acuerdo a la nueva propuesta de clasificación que realiza Compagno (2002) para la FAO, se considera que es importante hacer una revisión de la identificación de las especies que se tienen registradas en la zona, e incluir las muestras de la colecta de 1994 las cuales no han sido reportadas a la fecha, para así contar con una base de datos más completa de los organismos que existieron en el pasado en la Península de Baja California y serán presentadas en tablas.

La forma y número de dientes son dos de las mejores características diagnósticas para la identificación de especies (Castro, 1983).

Para la identificación de las especies de los tiburones que se encontraron en la Formación Almejas Inferior de la Isla de Cedros fueron utilizadas las claves de identificación de Cappetta (1987), Purdy (1990) y Purdy *et al.*, (2001), así como de la CPEBC, con la cual se hizo una comparación directa con especímenes identificados de referencia. Las especies identificadas y su

abundancia relativa (número de piezas colectadas por especie) por cada unidad estratigráfica se enlistan en tablas, donde también se incluyen las preferencias ambientales de los organismos obtenidas de la literatura.

La suposición básica que se considera en los trabajos sobre paleoecología es que los parámetros ecológicos que condicionan la distribución de las comunidades vivientes, tales como la temperatura, la salinidad, oxígeno, profundidad y el tipo de sustrato, han operado de la misma manera en el presente como en el pasado (Thompson, 1967; en Téllez, 1983).

Hernández-Rosado (1995) en su método menciona que las características e intervalos ambientales se obtendrán aplicando el Uniformismo Taxonómico en la forma descrita por Dodd y Stanton (1990). Así se ocuparán los intervalos ambientales de cada organismo, o bien de los representantes actuales de cada una de las especies encontradas en Isla Cedros para poder inferir el tipo de ambiente presente en dicha zona durante el Mioceno Tardío. Esta información se concentró en tablas para una mejor descripción de ellas.

De cada diente se ubicó su posición en la mandíbula, de acuerdo a lo propuesto por Applegate (1965), quien los separa en Anterior, Intermedio, Lateral y Posterior, para el tiburón arenoso *Carcharhinus taurus*, además de tomar en cuenta si pertenecen a la Mandíbula Superior o Inferior o bien al lado derecho o izquierdo de está. Esto con el propósito de determinar el posible número de individuos presentes en la muestra y así formar series

mandibulares, la cantidad de organismos se estimó mediante el Número Mínimo de Individuos (Badgley, 1986; en Aranda-Manteca, 2001), el cual se basa en el número de elementos más abundantes presentes en un lado del cuerpo (mandíbula en este caso) o en la cuenta determinada de todas las partes esqueléticas presentes.

El uso del Número Mínimo de Individuos se basó en la heterodoncia de los géneros usando la fórmula dentaria, lo que reduce el número posible de dientes en cada posición, en el caso de que el número de dientes sea mayor a uno.

$$\text{NMI} = \frac{\text{número de dientes reconocidos para cada posible posición en la mandíbula}}{\text{número de dientes por posición presentes en la muestra}}$$

Para determinar cuál fue el proceso por el cual pasaron los dientes para convertirse en fósiles, debemos considerar los procesos bióticos y abióticos que permiten la preservación y acumulación de restos en las capas sedimentarias como lo es la textura y la composición del sedimento, las condiciones en las que los sedimentos se depositaron, y como esto influyó en la posición, dispersión y preservación de los fósiles (Aranda-Manteca, 2001). Además de observar la coloración que presenta el diente, también se hizo un análisis considerando las características tafonómicas de las piezas encontradas haciendo la separación entre los dientes que se encuentran completos (en buen estado), de los que están rotos (aquellos dientes que se tiene todas las piezas y por lo tanto si se pueden unir y contar como uno),

fragmentados (aquellos que están dañados de la cúspide, corona, lóbulos o raíz (Aranda-Manteca, 2001)) y de los que están fracturados o solo son una fracción (aquellas piezas que solo presentan una parte del diente), estas características también se enlistaron en tablas para hacer la comparación entre las piezas con las que se cuenta y analizar que procesos tafonómicos las han afectado.

La composición de la comunidad de seláceos encontrados se describió simplemente en términos del número de especies presentes, pero así se esta ignorando un aspecto importante de la comunidad, ya que se esta pasando por alto el que si algunas especies son raras y otras comunes (Begon *et al*, 1997).

Para determinar la posible relación que existió entre los tiburones con el resto de la comunidad, se hizo una revisión bibliográfica para conocer las especies que con las que vivieron asociadas tanto dentro del área como en otras regiones durante la misma Época.

RESULTADOS

La sistemática de los restos fósiles de seláceos de La Formación Almejas Inferior de Isla Cedros, que están bajo resguardo de la Colección de Paleontología del Estado de Baja California en la Facultad de Ciencias Marinas de la Universidad Autónoma de Baja California, consiste en 1152 dientes colectados durante los años de 1992, 1993 y 1994, los cuales se agrupan en cuatro Ordenes, ocho Familias, 13 géneros y 18 especies de acuerdo a la distribución de Compagno (2002). Las especies que se identificaron se presentan en la Tabla I, en tanto los mapas de distribución de las especies actuales fueron tomados de Compagno (1984; 2002).

Tabla I- Sistemática y Número de Dientes de Seláceos colectados en la Formación Almejas Inferior, en Isla Cedros, Baja California.

Orden	Familia	Genero	No. Sp.	Especie	Total
Hexanchiformes	Hexanchidae	Hexanchus	1	<i>Hexanchus sp.</i>	24
		Notorynchus	2	<i>Notorynchus sp.</i>	6
			3	Fam	15
Squaliformes	Squalidae	Isistius	5	<i>Isistius</i>	1
Squatiniformes	Squatinidae	Squatina	4	<i>Squatina sp.</i>	2
Lamniformes	Odontaspidae	Odontaspis	6	<i>Odontaspis sp.</i>	19
	Lamnidae	Carcharodon	7	<i>C. carcharias</i>	363
			8	<i>I. oxyrinchus</i>	53
		Isurus	9	<i>I. hastalis</i>	98
			10	<i>Isurus spp.</i>	61
			11	<i>Isurus sp.1</i>	9
	12	<i>Isurus sp. 2</i>	33		
Otodontidae	Carcharocles	13	<i>C. megalodon</i>	65	
Carcharhiniformes	Carcharhinidae	Carcharhinus	14	<i>Carcharhinus sp.1</i>	129
			15	<i>Carcharhinus sp.2</i>	25
		16	<i>Carcharhinus sp.3</i>	74	
		17	<i>Carcharhinus spp.indt.</i>	127	
		Negaprion	19	<i>Negaprion sp.</i>	14
		Rhizoprionodon	20	<i>Rhizoprionodon sp.</i>	17
	Sphyrnidae	Sphyrna	21	<i>Sphyrna sp.</i>	3
			22	<i>fragmentos</i>	14

Sistemática

Clase Condriichthyes Huxley, 1880

Subclase Elasmobranchii Bonaparte, 1838

Cohorte Euselachii Hay, 1902

Subcohorte Neoselachii Compagno, 1977

Superorden Squalomorphi

Orden Hexanchiformes Compagno, 1973

Familia **Hexanchidae** Gray, 1851

Género y especie indeterminada

Material:

15 fragmentos identificados hasta familia pertenecen a la mandíbula inferior (Tabla III), con número de catalogo: FCM-465, 477-478, 623-624, 667, 924, 962, 2688-2689, 2715, 2719, 2794 y 2837. Se encontrándose diez en la U-1, uno en las U-2, U-8, y U-10, y del resto no se tiene registro de la unidad de la cual se extrajeron (Tabla VI).

Descripción:

Dientes inferiores multicuspidados, borde mesial de la cúspide principal serrado, de 7 a 10 conos accesorios.

Género *Hexanchus* sp. Rafinesque, 1810 (Fig. 14 D-G)

Material:

24 dientes inferiores antero-laterales (Tabla III), con número de catálogo FCM (181, 265-268, 443, 449, 476, 606, 620-622, 666, 721, 732, 901, 922, 963, 982, 1105, 1115, 1241, 1981, 2681). Un diente no muestra la cúspide principal, otro solo presentó la raíz completa, otro esta fracturado en la raíz y los 21 dientes restantes se consideraron como fragmentos (Tabla IV).

En la U-1 se colectaron 12 dientes, en la U-10 cuatro, en la U-12 dos, y solo uno en las U-2, U-6, U-8, U-20 y U-21, y uno más que no se registró ningún dato (Tabla VI).

Descripción:

Dientes inferiores multicuspidados, borde mesial de la cúspide principal serrado, de 7 a 10 conos accesorios en cada diente que decrecen hacia el borde distal. Foramen central en la raíz ausente. Raíz alta y comprimida labio-lingualmente. La cúspide principal es ligeramente mas grande que la primera cúspide accesorio, similar a *H. griseus*, que actualmente es una de las dos especies existentes.

Distribución y Hábitat de especies actuales

Este género actualmente tiene una distribución en mares templados y tropicales. Habitan cerca del fondo en aguas frías y de gran profundidad de más de 200mts. En latitudes altas se encuentran en ambientes pelágicos principalmente los organismos jóvenes quienes generalmente frecuentan áreas relativamente someras (Tabla II). Se alimentan durante la noche en la superficie.

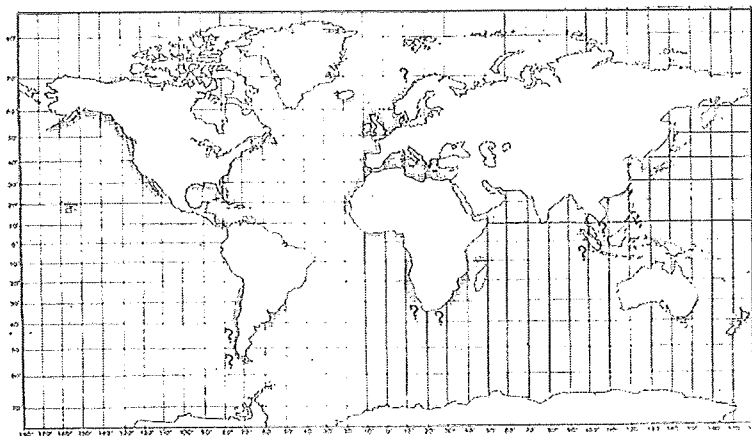


Figura 12.- Distribución actual de *Hexanchus griseus* Bonnaterre, 1788.

Género *Notorynchus* sp. Ayres, 1855 (Fig. 14 A - C)

Material:

Cinco dientes inferiores antero-laterales (FCM- 269, 270, 282, 513 y 607) y un diente superior (FCM-423) (Tabla III). Uno de los dientes esta completo, uno fracturado en la cúspide principal, dos están fracturados en la raíz y dos son fragmentos (Tabla IV). Cuatro fueron colectados en la U-1, uno en la U-14 y otro sin registro de Unidad (Tabla VI).

Descripción:

Dientes multicuspidados, borde mesial de la cúspide principal con seriaciones recurvadas, con 3 cúspides accesorias, que decrecen rápidamente de tamaño. Raíz alta y comprimida principalmente del lado labial, pero es más comprimida transversalmente que en el género *Hexanchus*. Diente superior con una cúspide principal inclinada hacia la esquina y una cúspide accesoria de menor tamaño. Este tipo de diente es asignado normalmente a *N. primigenius*, el cual es idéntica a la especie viva *N. cepedianus*.

Distribución y Hábitat de las especies actuales.

Tienen una amplia distribución principalmente en mares templados. Habitan en aguas continentales aunque también frecuentan las aguas costeras, principalmente los juveniles (Tabla II).

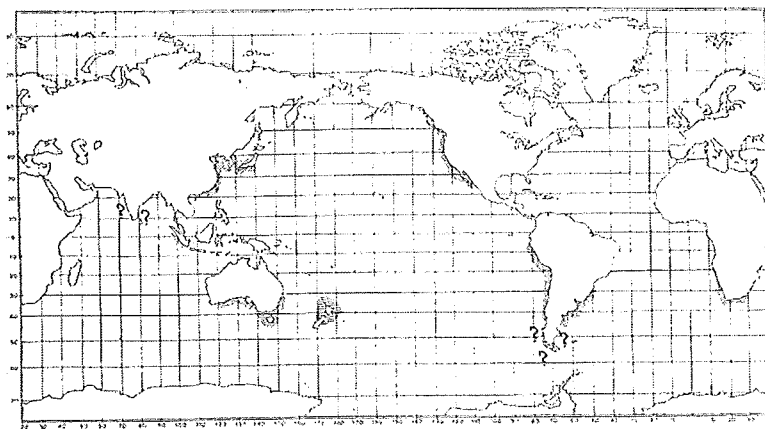


Figura 13.- Distribución actual de *Notorynchus cepedianus* (Péron, 1807).

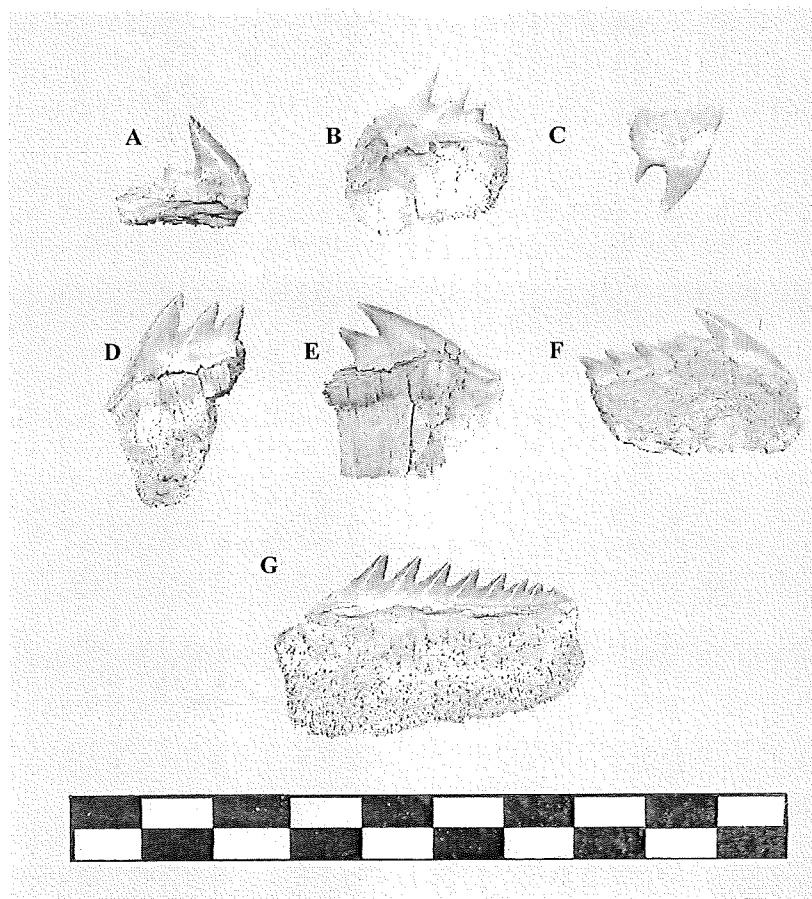


Figura 14.- Vista labial de los dientes encontrados en la Formación Almejas Inferior, pertenecientes a la Familia Hexanchidae. Dientes de *Notorynchus* sp. A y B Inferiores, C superior posiblemente de una hembra. Dientes inferiores de *Hexanchus* sp., D, E, F y G.

Orden Squaliformes Compagno, 1973

Familia Squalidae Blainville, 1816

Género *Isistius* sp. Gill, 1864 (Fig. 16-C)

Material:

Un solo diente inferior, completo (FCM-330), obtenido en la U-1 (Tabla III y VI).

Descripción:

Dientes inferiores con corona amplia, triangular y plana labio-lingualmente, bordes cortantes con sierras muy finas. Raíz cuadrada con foramen central y surco transversal somero. La especie con la que tiene mayor relación es *I. triangulus* la cual aparece en el Mioceno Temprano, actualmente *I. brasiliensis* e *I. plutodus* son las especies actuales.

Distribución y Hábitat de las especies actuales.

Su distribución es oceánica y circumtropical. Es un organismo de hábitat pelágico y batipelágico, usualmente se encuentra entre los 85 y 3500mts. de profundidad, probablemente durante las noches se le pueda encontrar en las superficie (Tabla II).

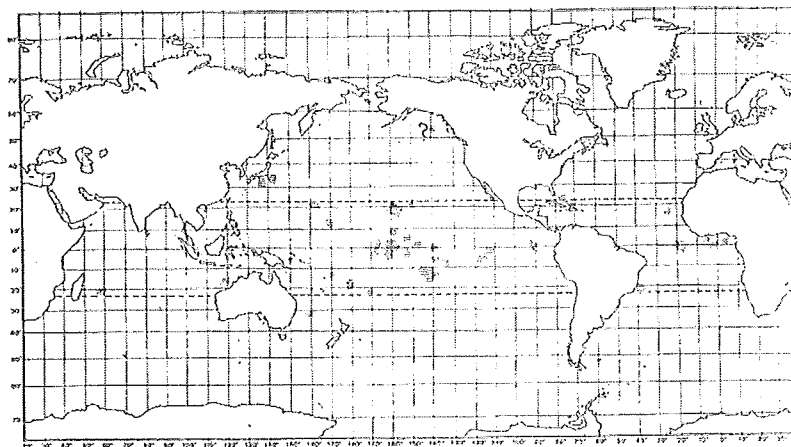


Figura 15.- Distribución actual de *Isistius brasiliensis* (Quoy & Gaimard, 1824).

Orden Squatiniformes Buen 1926.

Familia Squatinidae Bonaparte, 1838.

Género *Squatina* Dumeril, 1806 (Fig. 16- A y B).

Material:

Dos dientes completos, correspondientes a los números de catalogo FCM-608 y 987. Fueron colectados en las U-10 y U-12 (Tabla IV y VI).

Descripción:

Dientes más amplios que altos, punteados y cónicos con las bases amplias y suaves. Raíz aplanada y perpendicular a la corona. Actualmente es difícil encontrar diferencias dentales entre las especies vivas, pero durante el Mioceno la especie reportada es *S. subserrata*.

Distribución y Hábitat de las especies actuales

Se encuentra distribuido en aguas templadas frías a tropicales, en un rango de profundidad sobre la plataforma continental hasta los 1300mts. Se encuentra generalmente enterrado en ambientes lodosos o arenosos, durante el día y algunas especies son activos durante las noches (Tabla II).

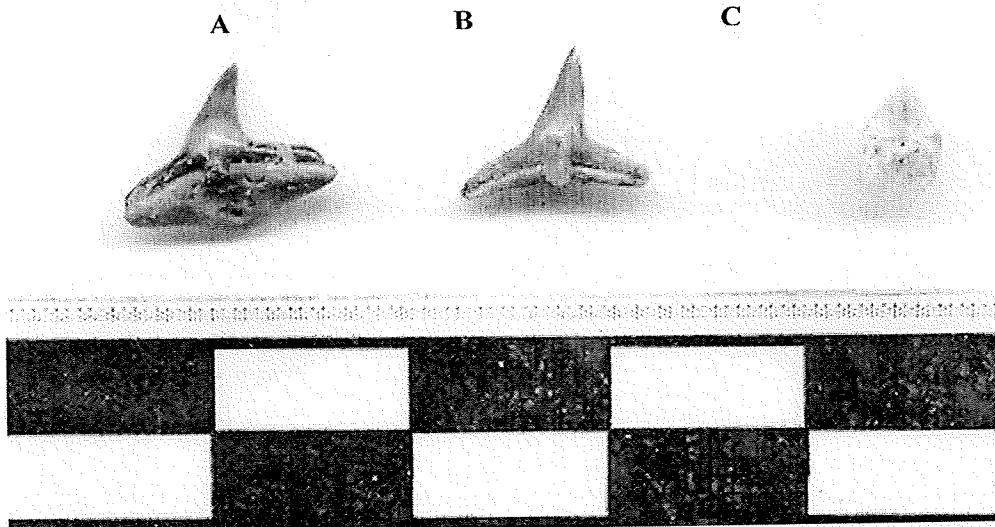


Figura 16.- Vista labial de los dientes encontrados en la Formación Almejas Inferior, pertenecientes a los géneros *Squatina* (A y B) e *Isistius* (C).

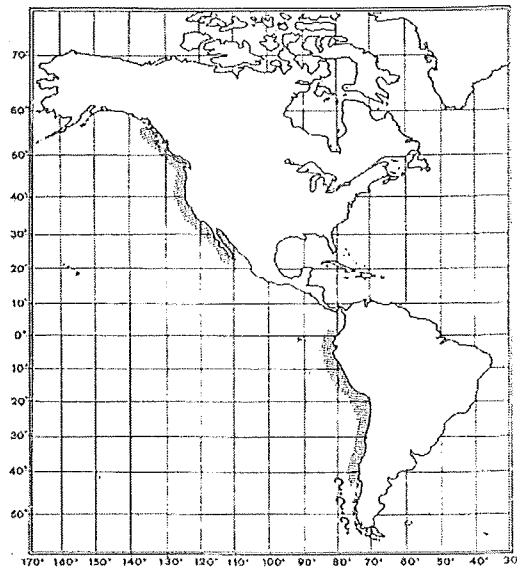


Figura 17.- Distribución actual de *Squatina californica* Ayres, 1859.

Superorden Galeomorphi Compagno, 1973

Orden Lamniformes Compagno, 1973

Familia Odontaspidae Müller and Henle, 1839

Género *Odontaspis* Agassiz, 1838 (Fig. 21 0-Q)

Material.

19 dientes, de los cuales seis son superiores (FCM-304, 665, 996, 1153, 1245 y 689), 11 inferiores (FCM-171, 245, 345, 409, 441, 667, 686, 762, 775, 894, 2004) y dos no se les pudo definir una posición (FCM-176, 902) (Tabla III). Del total ocho se encontraron completos, cinco con la raíz fracturada, cuatro con alguno de los lóbulos fracturados y dos restos muy

fragmentados (Tabla IV). En la U-1 se encontró el mayor número de dientes con un total de 7, en la U-12 se colectaron cuatro, y U-14 dos, en las U-6, U-9, U-10, U-11y U-13 solo se colecto un diente, y uno sin registro de ubicación estratigráfica (Tabla VI).

Descripción:

Bordes cortantes de los dientes lisos y sin hendiduras laterales, Presentan una cúspide lateral a cada lado de la corona. Los dientes superiores anteriores son más anchos y rectos, se inclinan ligeramente hacia la parte distal de la mandíbula en los laterales y posteriores, en tanto que los dientes inferiores son más delgados y erguidos, con la cúspide ligeramente inclinada distalmente. Los lóbulos de la raíz con ligeramente arqueados y anchos, en los dientes inferiores el extremo mesial es ligeramente mas largo. Foramen central somero. Los dientes q se han encontrado en capas del Mioceno se ha identificado como *O. acutissima*.

Distribución y Hábitat de las especies actuales

Tienen una amplia, pero esporádica distribución, virtualmente en todos los mares templados cálidos y tropicales. Es un tiburón oceánico en la zona pelágica y quizá mesopelágico, costero, litoral, pero también habita aguas profundas hasta los 1600mts (Tabla II).

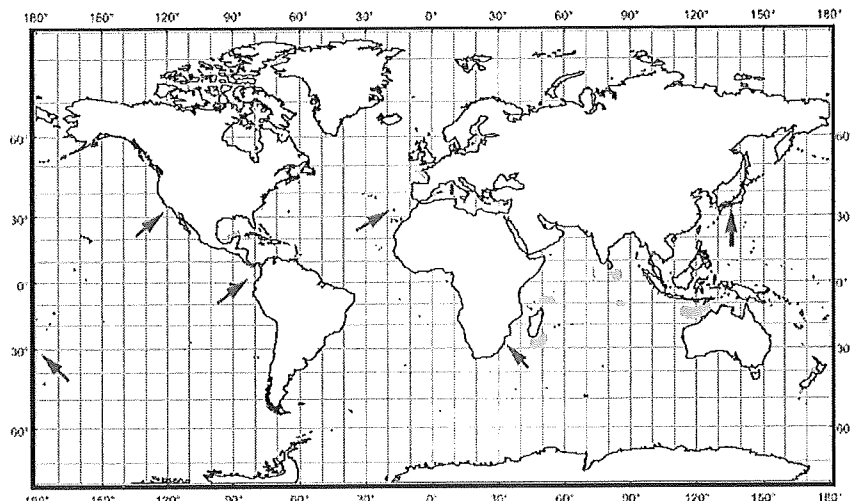


Figura 18.- Distribución actual de *Odontaspis ferox* (Risso, 1810).

Familia Lamnidae Müller and Henle, 1838

Género *Carcharodon* Smith, 1838

Carcharodon* aff. *carcharias (Linnaeus, 1758) (Fig. 21 A-G)

Material:

363 dientes. 14 se definieron como inferiores (FCM- 173, 250, 368-370, 406-407, 507, 555, 629, 668, 684, 720, 1244), 11 anterior inferior (FCM-728, 749, 912, 1168, 1229, 2722, 740, 945, 2704, 2713, 2790), 10 lateral inferior (FCM-130, 329.1, 641, 736, 1256, 2708, 761, 976, 1182, 2826) y uno posterior inferior (FCM-809); Un superior (FCM-102), Un anterior superior (FCM-156), 17 lateral superior (FCM-503, 521, 522, 638, 774, 938, 2006, 2757, 157, 359, 397, 627, 739, 985, 1130, 1167, 1203) y Un posterior superior (FCM-1121), todos los anteriores presentan cúspides laterales (Tabla III).

Debido a la presencia de dientes de todas las posiciones se formaron series mandibulares: una serie de la mandíbula superior izquierda con 23 dientes (FCM-223, 360, 379, 394, 403, 404, 408, 430, 439, 454, 630, 632, 636, 637, 639, 716, 939, 941, 943, 965, 1138, 1248, 2618); otra más esta formado por nueve dientes inferiores (FCM-234, 398, 438, 455, 617, 618, 715, 1104, 1108); otra por 15 superior derecho (FCM-216, 253, 261, 432, 559, 616, 678, 787, 911, 1209, 1219, 1236, 1971, 1974m 2616); otra con 18 dientes superior izquierdo (FCM-335, 336, 435, 452, 518, 556, 664, 682, 750, 751, 1135, 1161, 1171, 1185, 1199, 1243); y uno con cinco dientes superiores (FCM-301, 405, 742, 1204, 2620).

De los 209 restantes, 13 no se les asignó ninguna posición dentro de la mandíbula (FCM- 300, 436, 2001, 2062, 2718, 2788, 2792, 2806, 2827, 2828, 2838, 2839, 2869), 29 son inferiores (FCM- 122, 126, 128, 170, 195, 201, 230, 233, 242, 332, 342, 500, 501, 508, 625, 626, 805, 951, 976, 986, 1131, 1170, 1218, 2769, 2797, 2818, 129, 1197, 2687), 27 anterior superior (FCM- 174, 236, 237, 239, 534, 806, 811, 972, 975, 1100, 1156, 2701, 2711, 2802, 2819, 118, 123, 225, 306, 600, 640, 683, 813, 944, 974, 1201, 1202), 22 lateral inferior (FCM- 110, 127, 235, 238, 249, 509, 523, 973, 2707, 2789, 2791, 2811, 125, 172, 506, 642, 788, 2721, 2733, 2747, 2825, 2867) y un posterior inferior (FCM-1112). 10 son superiores (FCM- 232, 367, 400, 1111, 1255, 2061, 2693, 2735, 2768, 2734); 45 anterior superior (FCM- 103, 116, 120, 162, 163, 165, 217, 220, 399, 553, 634, 810, 892, 984, 1186, 1240, 2703, 2705, 2736, 2759, 2787, 2793, 112, 113, 115, 159, 199, 200, 212, 254, 259, 260, 262, 333, 378, 502, 514, 516, 760, 812, 967, 1139, 1231,

2684, 2770), siete intermedios (FCM- 364, 381, 910, 2846, 1217, 1977, 2685), 53 lateral superior (FCM- 161, 198, 226, 264, 302, 303, 323, 361, 382, 504, 515, 633, 635, 808, 893, 936, 940, 1101, 1237, 1242, 1972, 2683, 2710, 2717, 2746, 2758, 104, 111, 114, 117, 155, 193, 222, 224, 252, 366, 371, 396, 431, 433, 440, 451, 453, 528, 891, 964, 1155, 1238, 1982, 2714, 2727, 2760, 2796) y dos posterior superior (FCM-194, 1228).

73 dientes están completos, cuatro están fragmentados de la cúspide, siete en la corona, 53 en algunos de los lóbulos, 175 en la raíz y 51 fueron catalogados como fragmentos (Tabla IV).

La mayor abundancia de esta especie se encontró en la U-1 (237), seguida de 32 dientes que no tienen registro de donde fue colectado, en la U-12 se colectaron 19, en la U-2 se colectaron 25, en las U-8 y U-10 se colectaron nueve, en U-6, U-18 se colectaron siete en cada una, en la U-13 fueron seis, dos en la U-11, tres en la U-14 y en las U-3, U-7, U-9, U-16, U-21, U-22 y U-24 solo fue colectado un diente (Tabla VI).

Descripción:

Dientes triangulares, bodes cortante con serraciones finas a gruesas e irregulares, algunos presentan cúspides laterales (juveniles); los dientes anteriores son rectos, en tanto que los laterales y posteriores se inclinan distalmente en la mandíbula, la cara labial es plana, en tanto que la lingual es ligeramente convexa. Raíz masiva, semi-angular sin protuberancia

lingual. Esta especie tiene registro desde el Mioceno Tardío hasta el Reciente

Distribución y Hábitat de la especie actual

Tiene una amplia distribución en los océanos, principalmente en aguas templadas, con una localización tanto esparcida como localizada. Son costeros y oceánicos en mares templados, aunque también han llegado a penetrar en zonas pelágicas, así como en el Ecuador y en altas latitudes. Presenta cierta ocurrencia cercana a la costa, algunas veces penetrando en bahías, estuarios y zonas intermareales, pero también se ha visto en islas oceánicas, principalmente las habitadas por pinnípedos y cerca de cardúmenes cercanos o lejanos a la costa (Tabla II).

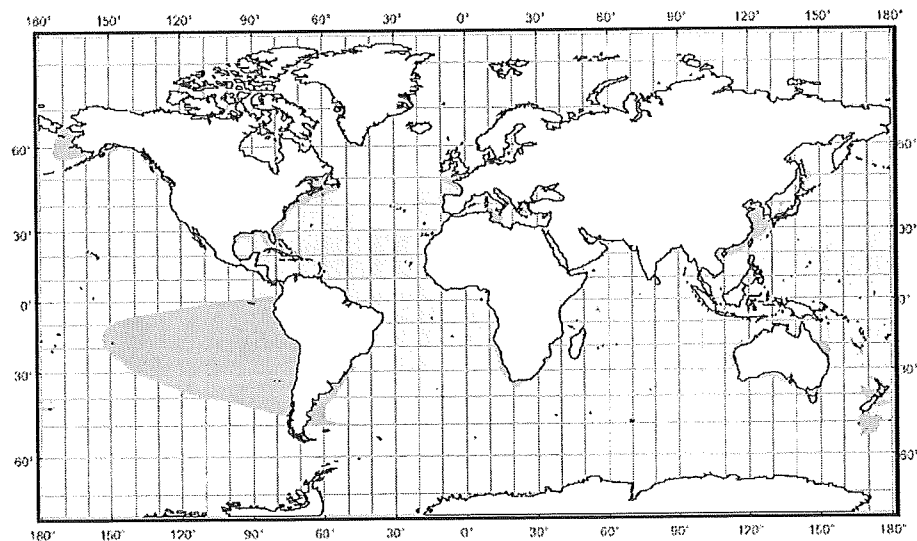


Figura 19.- Distribución actual de *C. carcharias* (Linnaeus, 1758).

Género *Isurus* Rafinesque, 1810

Isurus spp.

Material

61 dientes. 38 no se determino la posición debido a que están muy fragmentados y son referenciados con el título *Isurus* spp. (FCM-136, 143, 144, 168, 169, 210, 314, 315, 319, 324, 375, 376, 447, 473, 479, 498.2, 648, 660, 1979, 1983, 2009, 2706, 2716, 2740, 2741, 2742, 2743, 2744, 2783, 2784, 2785, 2786, 2801, 2809, 2810, 2813, 2862, 2868); dos son inferiores (FCM-2855, 2864); tres son anterior inferior (FCM-643, 645, 244); dos lateral inferior (FCM-246, 248) y dos posterior inferior (FCM-148, 456). Seis superiores (FCM- 322, 355, 380, 2696, 2700); cuatro anterior superior (FCM- 338, 358, 1158, 227) y cuatro lateral superior (FCM-228, 530, 942, 255) (Tabla III).

Uno tiene una fractura en la corona, 22 están fracturados en la raíz, y en total son 38 los que se encuentran muy fragmentados (Tabla IV). 55 se colectaron en la U-1; cuatro en la U-2 y la U-18 fue uno, otro mas no se tiene dato de donde se colecto (Tabla VI).

Descripción:

Fragmentos delgados a anchos, erguidos, ligeramente inclinados distalmente con bordes cortantes lisos, ligeramente comprimidos labio-lingualmente.

Isurus oxyrinchus Rafinesque, 1810 (Fig. 21 L-N)

Material:

53 dientes. Tres no se determino la posición (FCM- 99, 133, 647); Un inferior (FCM-510); 16 anterior inferior (FCM-135, 146, 481, 669, 737, 898, 950, 977, 981, 1119, 247, 482, 723, 955, 956, 2726); seis lateral inferior (FCM-147, 681, 978, 190, 644, 1157). 16 anterior superior (FCM-145, 166, 231, 307, 427, 450, 483, 498.1, 717, 1205, 2863, 446, 718, 759, 2697, 317.1); diez lateral superior (FCM-320, 685, 474.1, 101, 251, 334, 422, 932, 1232, 2799) y un posterior superior (FCM-192) (Tabla III).

Tres se colectaron completos; uno esta fracturado en la cúspide; cinco están fracturados en alguno de los lóbulos de la raíz; 37 están fracturados en la raíz y 6 están muy fragmentados (Tabla IV). La mayoría se colectaron en la U-1 (36), se colectaron cuatro en la U-12, cuatro en la U-2, dos en las U-3, U-10, U-14 y dos mas no se registro información sobre la unidad donde fue colectado (Tabla VI)

Distribución y Hábitat de las especies actuales

Tiene una distribución circumglobal, es costero y oceánico, se encuentra en todos los mares templados y tropicales. Es una especie extremadamente activa, litoral y epipelágica que se encuentra en mares tropicales y templados calidos pero rara vez se le encuentra en aguas menores a 16°C. Se le encuentra desde la superficie hasta menos de los 500mts (Tabla II).

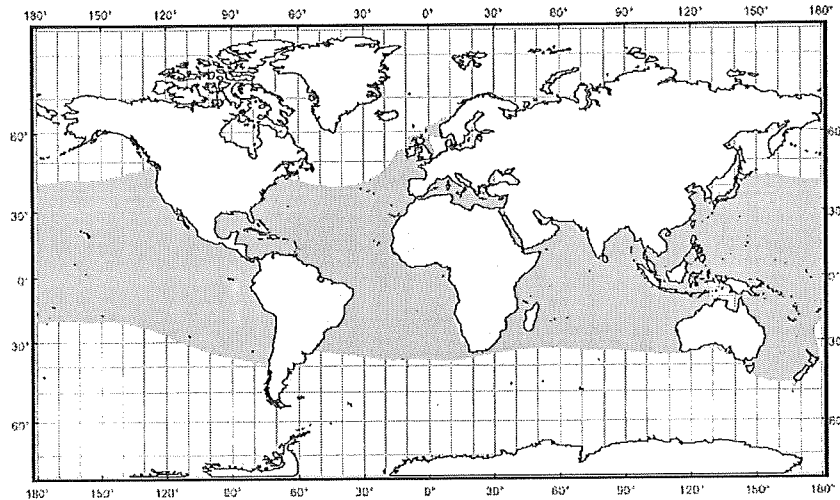


Figura 20.- Distribución actual de *I. oxyrinchus* Rafinesque, 1810.

Isurus hastalis (Fig. 21 H-K)

Material:

98 dientes (Tabla III). Ocho no se le definió una posición en la mandíbula (FCM-106, 134, 141, 205, 273, 652, 2007, 2866); Un inferior (FCM-2739); siete anterior inferior (FCM- 814, 953, 1132, 2008, 98, 206, 458); nueve lateral inferior (FCM-211, 346, 423, 457, 1117, 713, 897, 1990, 2865). Un superior (FCM-258); 43 anterior superior (FCM-132, 202, 204, 207, 208, 215, 240, 321, 325, 354, 374, 377, 426, 442, 526, 653, 654, 896, 952, 1113, 1114, 1159, 1160, 1207, 1208, 1226, 95, 96, 97, 140, 203, 209, 297, 298, 318, 356, 631, 650, 651, 954, 1189, 1206, 2010); 29 lateral superior (FCM-139, 142, 326, 448, 497, 517, 520, 527, 895, 2673, 2737, 2812, 100, 137, 138, 402, 554, 628, 649, 807, 980, 1190, 1198, 1227, 2670, 2674, 2698, 2738, 2807).

Solo tres dientes están completos, tres mas están fracturados en alguno de los lóbulos de la raíz, 68 están fracturados en la raíz y 24 son fragmentos (Tabla IV). La mayoría de estos se encontró nuevamente en la U-1, seis en la U-2; en la U-12, 18 y 20 se colecto solo uno; y 4 no se registro unidad donde fueron colectados (Tabla VI).

Descripción:

Dientes triangulares de mayor tamaño que *I. oxyrinchus*, bordes cortantes lisos. cara labial de la corona ligeramente convexa; los dientes anteriores son mas rectos que los laterales que se inclinan ligeramente hacia la parte distal de la mandíbula. Raiz masiva. Esta especie aparece en el registro fósil desde el Mioceno Temprano.

Distribución y Hábitat de la especie fósil

Es una especie extinta, pero se le considera antecesor del *C. carcharias*. Sus restos se encuentran distribuidos en Europa y Norte y Sur de América, en África y Australia (Cappetta, 1987) (Tabla II).

Isurus sp1 y *I.* sp2.

Dentro de los *Isurus dentados* posiblemente se encontraron especies transitorias entre *I. hastalis* y *C. carcharias*. Estas son *Isurus xiphodon* (Agassiz, 1833-1844) y *Isurus escheri* (Agassiz, 1843). A pesar de esto se contaran como solo un grupo.

Material:

42 dientes (Tabla III). Tres de estos no se pudo definir alguna posición (FCM-121, 1994, 2874); siete anterior inferior (FCM-124, 191, 243, 533, 948, 1188, 229); cinco lateral inferior (FCM-524, 1109, 131, 947, 949). Diez anterior superior (FCM-164, 437, 505, 714, 758, 1110, 1194, 337, 933, 968); 16 lateral superior (FCM-119, 305, 339, 340, 969, 1187, 1239, 158, 299, 331, 365, 931, 935, 1166, 2686, 2728) y un posterior superior (FCM-499).

Solo un diente se encontró completo, 33 presentan algún tipo de fractura en la raíz y ocho están muy fragmentados (Tabla IV). En la U-1 se colectaron 35 dientes, cinco en la U-2, uno U-10 y U-12 (Tabla VI).

Descripción:

Dientes alargados, ligeramente comprimidos labio-lingualmente, con los bordes cortantes serrados de muy débil a débil, principalmente hacia la cúspide, raíz masiva.

Familia Otodontidae Gluckman 1964

Género *Carcharocles*

Carcharocles megalodon (Agassiz, 1843) (Fig. 22)

Material:

65 dientes (Tabla III). 48 son fragmentos que no pudieron ser asignados en alguna posición (FCM-109, 284, 286, 392, 393, 424, 428, 429, 459, 531, 532, 557, 558, 646, 719, 747, 957, 1102, 1103, 1118, 1169, 1976,

2679, 2680, 2729, 2730, 2731, 2732, 2761, 2762, 2798, 2803, 2804, 2815, 2816, 2817, 2820, 2821, 2822, 2823, 2824, 2851, 2852, 2856, 2857, 2870, 2871, 2872). Un lateral inferior (FCM-2676). Cuatro anterior superior (FCM-815, 1164, 1181, 2678); cuatro lateral superior (FCM- 1165, 860, 1116, 2677) y cinco posterior superior (FCM-1196, 1246, 1140, 283, 2675).

Dos dientes están completos, cinco rotos, uno con la corona fracturada, dos con algún lóbulo fracturado, uno con la raíz fracturada y 54 fragmentados (Tabla IV).

31 dientes fueron colectados en la U-1; nueve en la U-2; seis en la U-10; dos en la U-8 y U-12; uno en las U-3, U-6, U-7 y U-14 y 11 no tienen registro de donde se colectaron (Tabla VI).

Descripción:

Dientes triangulares, grandes, bordes cortantes con serraciones fuertes y uniformes, dientes anteriores mas anchos, dientes laterales las delgados y rectos, diente posterior ligeramente mas ancho e curvado distalmente. La cara labial es de convexa a plana. Raíz sub-angular Se tiene registro posiblemente desde el Oligoceno, pero tuvo una mayo abundancia durante el Mioceno hasta el Plioceno.

Distribución y Hábitat de la especie fósil

Tuvo una ocurrencia en latitudes templadas y subtropicales en los océanos del mundo, aparentemente prefería hábitat costeros.

Los fósiles han sido reportados en depósitos del Mioceno al Plioceno Temprano en Norte y Sur de América, Europa, África, Japón y Australia (Cappetta, 1987).

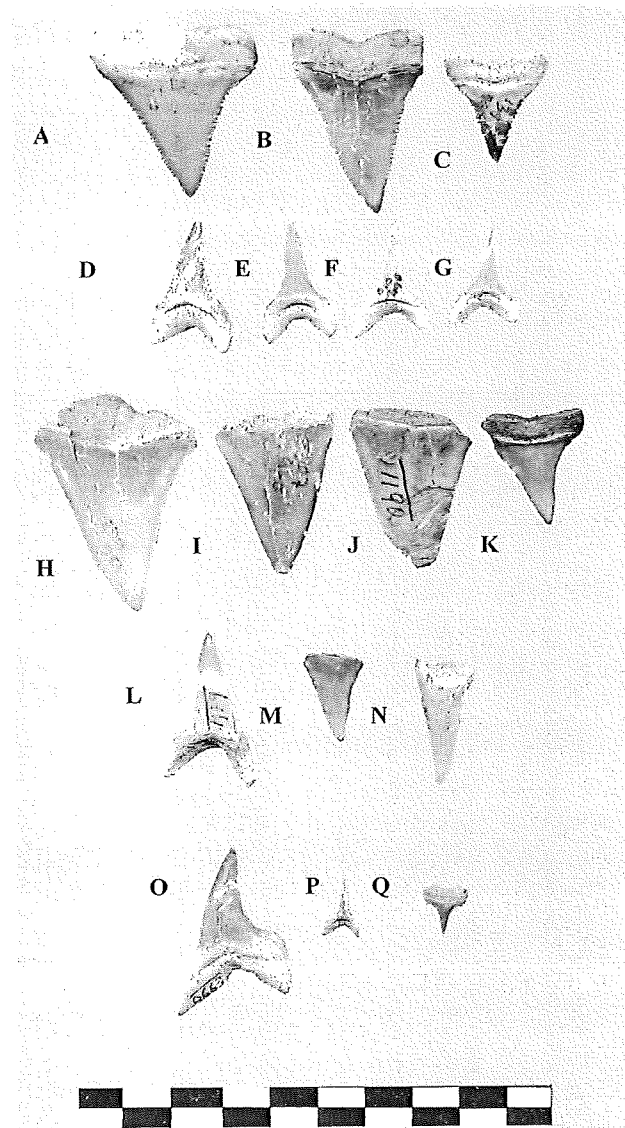


Figura 21.- Vista labial de los dientes pertenecientes al Orden Lamniforme, encontrados en la Formación Almejas Inferior de Isla Cedros, B. C. Dientes superiores (A-C) e inferiores (D-G) de *Carcharodon aff. carcharias*; dientes superiores de *Isurus hastalis* (H-K); dientes inferior (L) y superiores (M-N) de *I. oxyrinchus*; diente inferiores (O-P) y superior (Q) de *Odontaspis* sp.

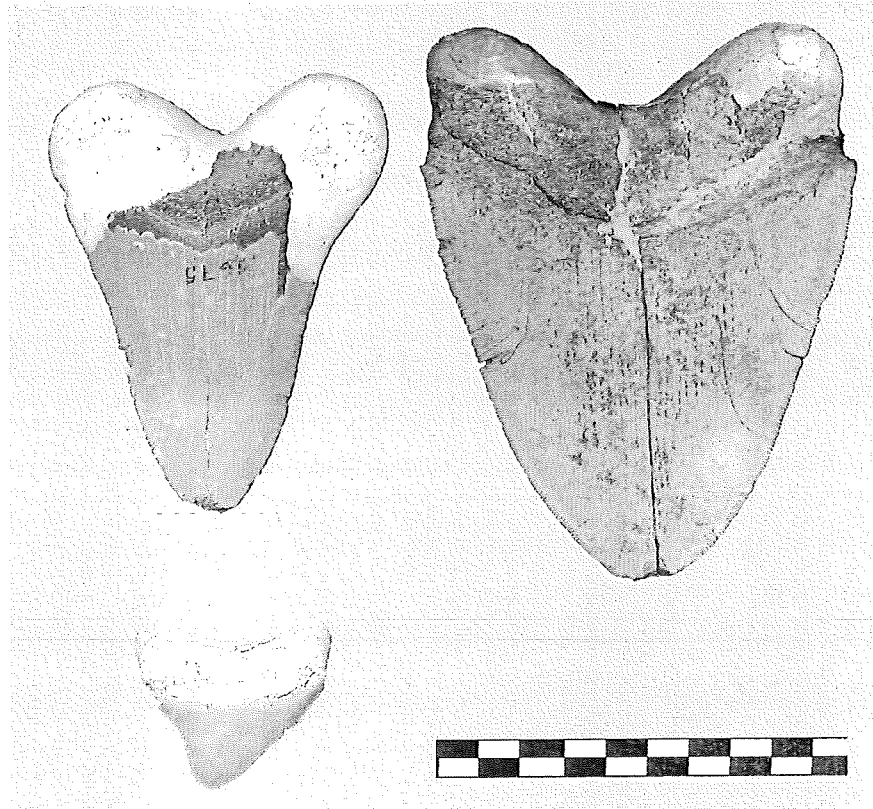


Figura 22.- Vista labial de los dientes de *C. megalodon* colectados en la Formación Almejas Inferior de Isla Cedros.

Orden Carcharhiniformes Compagno, 1973

Familia Carcharhinidae Jordan y Evermann, 1861

Género *Carcharhinus* Blainville, 1816

Carcharhinus sp.1 (Fig. 33 A-C)

Este grupo es un morfotipo relacionado con dos posibles especies actuales (*C. limbatus* y *C. brachyurus*).

Material:

129 dientes superiores (Tabla III). 43 anteriores (FCM- 416, 467, 547, 603, 609, 675, 676, 698, 700, 771, 777, 804 1148, 1180, 1213, 1223, 1262, 1988, 2836, 183, 279, 420, 610, 671, 672, 695, 744, 754, 794, 800, 989, 1123, 1124, 1126, 1135, 1261, 1263, 1267, 2752, 2771, 2772, 2835, 2861), 77 laterales (FCM- 189, 281, 389, 415, 417, 418, 548, 549, 602, 697, 699, 701, 735, 755, 756, 778, 779, 780, 791 793, 993, 1128, 1149, 1150, 1151, 1192, 1212, 1222, 1225, 1247, 1986, 1991, 1999, 2692, 2749, 2767, 312, 388, 421, 466, 546, 659, 661, 670, 693, 694, 696, 726, 738, 748, 752, 763, 790, 799, 988, 992, 1122, 1125, 1133, 1144, 1145, 1146, 1147, 1177, 1178, 1183, 1221, 1260, 1987, 2672, 2709, 2750, 2751, 2766, 2845, 2858, 2859) y 98 posteriores (FCM-309, 512, 422, 545, 725, 928, 1137, 1143, 2774).

87 dientes están completos, uno esta fracturado en la cúspide, 19 en alguno de los lóbulos, 13 en la raíz y nueve son fragmentados. En la U-12 se encontraron 38 (Tabla IV); 16 en la U-14; 15 en la U-1; 11 en la U-10; siete en la U-8; seis en la U-11 y U-13; cinco en la U-18; cuatro en la U-6; dos en la U-2 y uno en las U-9 y U-28; 17 no se tienen información de la unidad en que fueron colectados (Tabla VI).

Descripción:

Dientes superiores largos, erguidos a oblicuos, con la cúspide estrecha de moderadamente amplia. Corona rectas en las filas anteriores e inclinadas distalmente en las filas laterales. Serraciones gruesas en los

bordes cortantes. Borde basal de la raíz recto a sub-angular, con el surco transversal desarrollado.

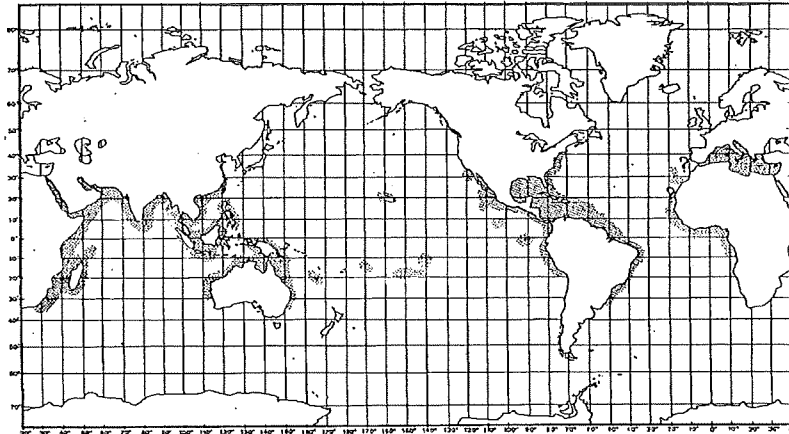


Figura 23.- Distribución actual de *C. limbatus* (Valenciennes, 1839).

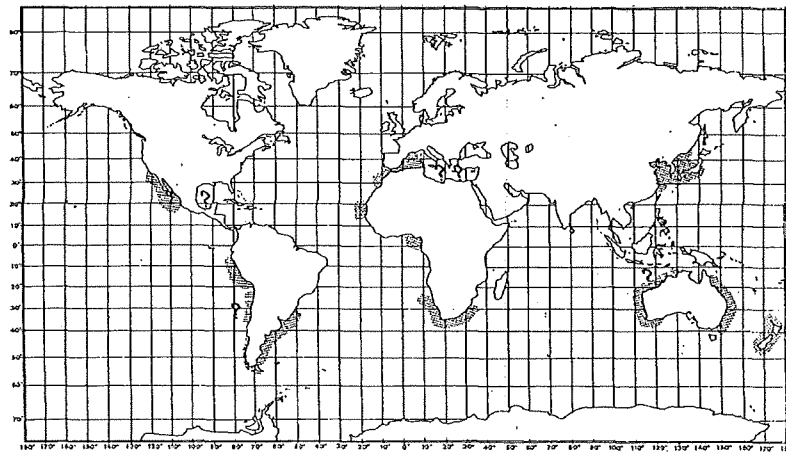


Figura 24.- Distribución actual de *C. brachyurus* (Günther, 1870).

Carcharhinus sp.2 (Fig. 33 D-F)

Esta especie es un morfotipo formado por dos posibles especies actuales (*C. altimus* y *C. falciformis*)

Material:

25 dientes superiores (Tabla III). Cinco anteriores (FCM-468, 769, 272, 490, 2860), 18 laterales (FCM- 328, 511, 796, 900, 1106, 1191, 2763, 2764, 280, 745, 782, 899, 1107, 1176, 1179, 1259, 2669, 2773) y dos posteriores (FCM-2832, 2773).

Siete están completos, uno con la cúspide fracturada, seis con alguno de los lóbulos y 11 fragmentos (Tabla IV). En la U-1 se colectaron siete; tres en la U-13; dos en la U-2 y 18; uno en U-8, U-10, U-11, U-12 y U-14; y seis no tienen registro de la unidad donde se obtuvieron (Tabla V).

Descripción:

Dientes superiores ampliamente triangulares, algunos con hendiduras laterales a ambos lados de la base de la corona, las cúspides van de erguidas a moderadamente oblicuas con los bordes cortantes serrados. Raíz recta a subangular.

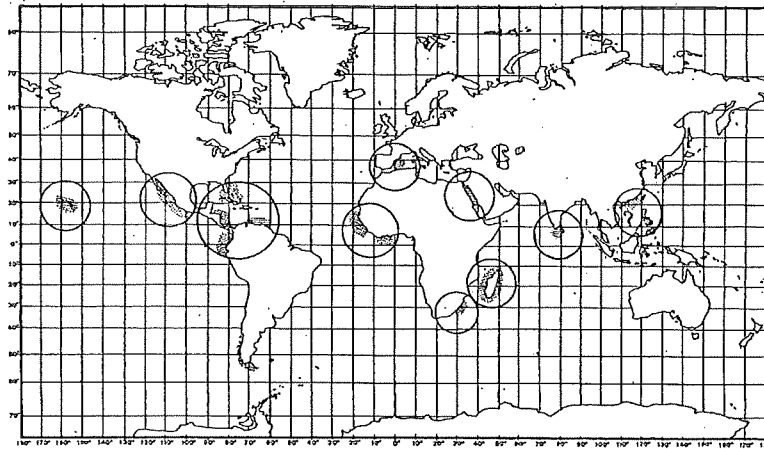


Figura 25.- Distribución actual de *C. altimus* (Springer, 1950).

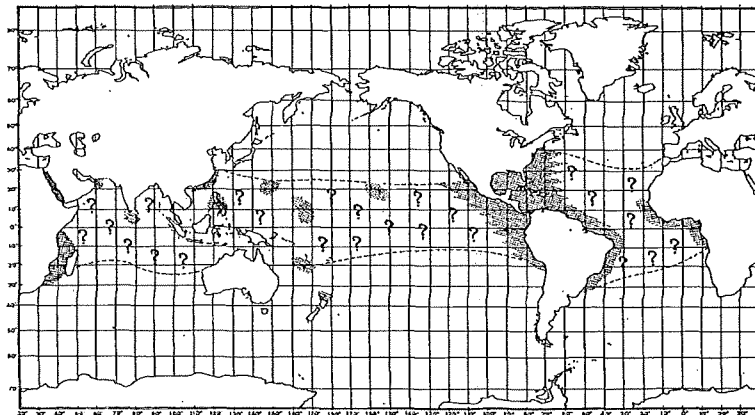


Figura 26.- Distribución actual de *C. falciformis* (Bibron, 1839).

Carcharhinus sp.3 (Fig. 33 G-I)

Hay 3 posibles morfotipos en este grupo relacionados con especies actuales (*C. longimanus*, *C. leucas* y *C. obscurus*).

Material:

74 dientes superiores (Tabla III). 15 anteriores (FCM- 461, 673, 802, 1200, 1220, 2712, 410, 411, 412, 765, 890, 903, 990, 997, 1195); 58 laterales (FCM- 149, 150, 274, 311, 347, 488, 540, 543, 614, 662, 741, 904, 905, 983, 1141, 1174, 1175, 1224, 1258, 1264, 1266, 1995, 2011, 2668, 2691, 2765, 2775, 2795, 2847, 2848, 2873, 179, 188, 213, 214, 484, 486, 541, 542, 601, 613, 655, 724, 733, 757, 766, 776, 918, 925, 1129, 1136, 1173, 1235, 1257, 1978, 1980, 2695, 2748) y un posterior (FCM-2776).

33 están completos, uno roto, cinco con la cúspide fracturada, 11 con alguno de los lóbulos fracturados, 19 con la raíz fracturada y cinco fragmentados (Tabla IV). En la U-1 se colectaron 17; 15 en la U-15; ocho en la U-13; cinco en las U-10 y U-14; tres en la U-18; dos en la U-6, U-9 y U-11; uno en las U-2, U-8, U-16, U-21 y U-28; y diez no tienen registro de la unidad en la que se colectaron (Tabla VI).

Descripción:

Dientes superiores muy amplios y triangulares, rectos a oblicuas mesodistalmente, bordes cortante fuertemente serrados. Raíz arqueada.

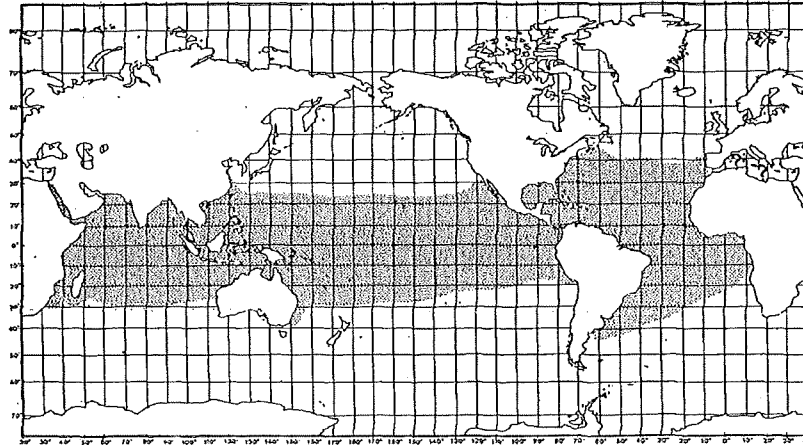


Figura 27.- Distribución actual de *C. longimanus* (Poey, 1861).

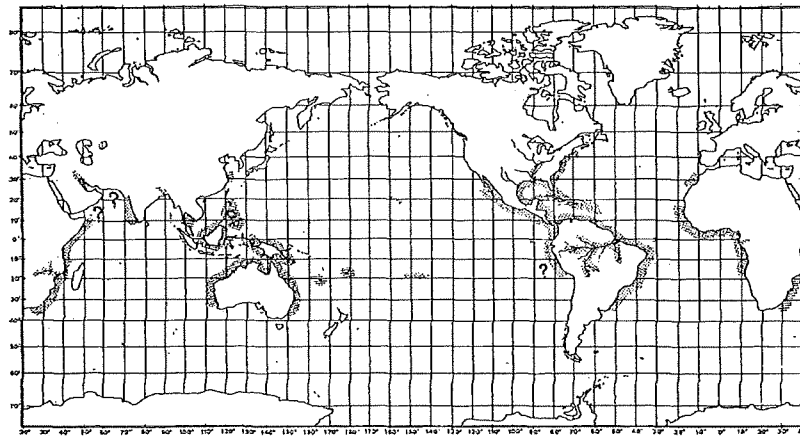


Figura 28.- Distribución actual de *C. leucas* (Valenciennes, 1839).

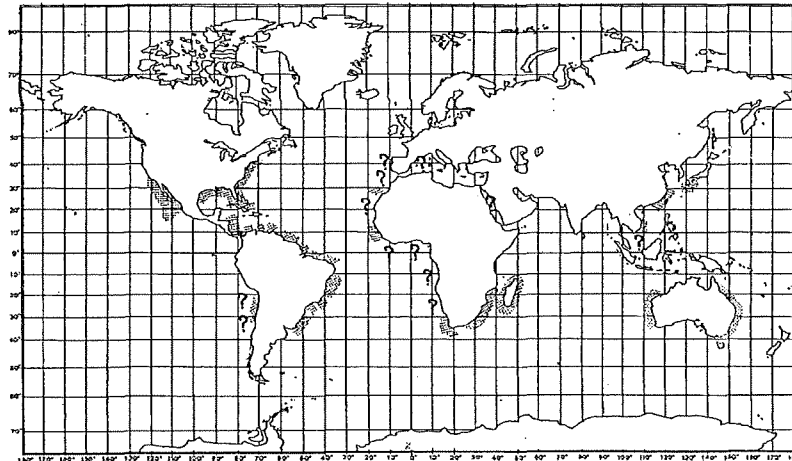


Figura 29.- Distribución actual de *C. obscurus* (LeSueur, 1818).

Carcharhinus spp.indt. (Fig. 33 J-L)

En este grupo están los dientes inferiores y algunos superiores de *Carcharhinus* spp. indet.

Material:

122 dientes (Tabla III). Cinco no se definió la posición a la que pertenecen (FCM-2694, 2829, 2830, 2876, 390), 64 inferiores (FCM- 275, 276, 277, 348, 349, 351, 444, 445, 470, 471, 472, 495, 529, 552, 604, 611, 612, 615, 674, 692, 702, 703, 704, 705, 706, 707, 708, 746, 753, 764, 767, 768, 781, 795, 797, 801, 803, 906, 920, 946, 994, 995, 1120, 1134, 1142, 1152, 1252, 1268, 1269, 2671, 2682, 2690, 2720, 2723, 2724, 2754, 2777, 2779, 2834, 2844, 2667, 2756, 2780, 2781) y 53 superiores (FCM- 105, 107, 151, 177, 178, 180, 182, 184, 278, 308, 313, 350, 352, 353, 463, 464, 469, 480, 485, 487, 489, 491, 493, 494, 496, 656, 657, 658, 688, 792, 798, 907,

908, 919, 926, 927, 930, 958, 959, 960, 961, 971, 1193, 1989, 2012, 2702, 2782, 2831, 2854, 970, 984, 462, 929).

40 están completos, cuatro con la cúspide fracturada, tres con alguna fractura en la corona, 14 con alguno de los lóbulos fracturados, 30 con la raíz fracturada y 31 fragmentos (Tabla IV). 46 se colectaron en la U-1; 20 en la U-12; 14 en la U-14; 11 en la U-2; cuatro en las U-8, U-10 y U-13; uno en las U-6, U-9, U-11 y U-20; y 15 no se tiene el registro de la unidad (Tabla VI).

Descripción:

Los dientes superiores muestran una corona triangular ancha, los dientes anteriores son rectos, en tanto que los laterales y posteriores se inclinan hacia la parte mesial de la mandíbula. Los bordes cortantes son débiles o finos. Los dientes inferiores tienen la corona más delgada, con hendiduras profundas a ambos lados de esta. Los bordes cortantes son suaves o serrados débilmente. Foramen central profundo.

C. elongatus comienza a ser abundante durante el Mioceno-Plioceno.

Distribución y Hábitat de especies actuales

La distribución de las especies pertenecientes a este género es en aguas tropicales, subtropicales y templadas, predominando en las aguas tropicales, todos se encuentran en aguas costeras, con excepción de *C. longimanus* y *C. falciformis* son más oceánicos y *C. leucas* que se encuentra tanto en ambientes marinos como de agua dulce, habita aguas bajas

especialmente en bahías, estuarios, ríos y lagos, se mueve libremente entre ambos ambientes (Tabla II).

Género *Negaprion* Whitley, 1940 (Fig. 33 M-O)

Material:

14 dientes (Tabla III). Uno tienen posición (FCM-544); cinco inferiores (FCM- 413, 492, 1211, 2778, 2850); y ocho superiores (FCM-310, 414, 772, 2002, 690, 691, 1232, 991).

Nueve se encontraron completos, dos con la cúspide fracturada, uno con al alguno de los lóbulos fracturados y dos fragmentos (Tabla IV). El mayor número de dientes colectados en esta especie fue en la U-14 con cinco, el resto se repartió en la U-1 y U-6 con dos y en las U-2, U-10 y U-11 con uno, por último se colectaron dos sin registro de colecta (Tabla VI).

Descripción:

Los dientes superiores son estrechos y anchos con hendiduras angulares a ambos lados, las cúspides triangulares lisas y finamente serradas en la base. Se inclinan distalmente. Los dientes inferiores son estrechos y triangulares con cúspides lisas. Raíz protuberante del lado lingual, foramen central en ranura poco profunda. Surco transversal poco profundo. *N. eurybathrodon* especie encontrada en depósitos del Mioceno.

Distribución y Hábitat de las especies actuales

Es un tiburón costero tropical, que se encuentra cerca del continente, se le encuentra desde la superficie hasta más de los 92m, ocasionalmente se aventura a mar abierto, cerca o en la superficie (quizá con el propósito de migración); generalmente se le encuentra en corales y mangles (Tabla II).

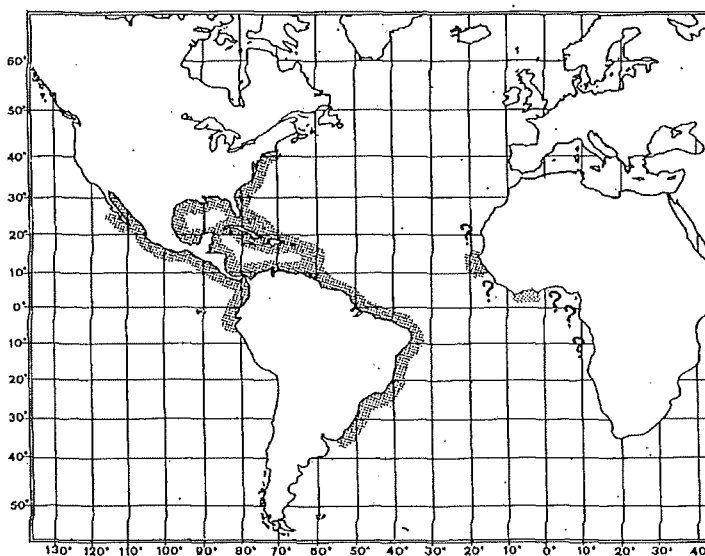


Figura 30.- Distribución actual de *Negaprion brevirostris* (Poeey, 1868).

Género *Rhizoprionodon* Whitley, 1929 (Fig. 33 P-Q)

Material:

17 dientes (Tabla III). 15 don inferiores (FCM-2755, 419, 663, 1127, 1184, 1214, 1215, 1230, 1233, 727, 734, 1270, 1975, 2753, 909) y dos superiores uno lateral (FCM-687) y un posterior (FCM-1265).

Los 17 se encontraron completos (Tabla IV). Cinco fueron encontrados

en la U-12; tres en la U-14; dos en la U-13; uno en las U-1, U-6, U-8 y U-10; por ultimo se registraron tres sin unidad (Tabla VI).

Descripción:

Bordes cortantes del diente con hendidura angular en ambos lados de la corona y lisos, hombros esmaltados lisos, el borde cortante se extiende a la base de la corona. Foramen central presente, surco transversal profundo, parte basal de la raíz recta y más larga. *R. ganntourensis* es la especie reportada para depósitos del Mioceno.

Distribución y Hábitat de las especies recientes

Es un tiburón litoral, tropical, pero poco conocido dentro de la plataforma continental. Se le encuentra a profundidades del intermareal hasta menos de 27 mts. (Tabla II).

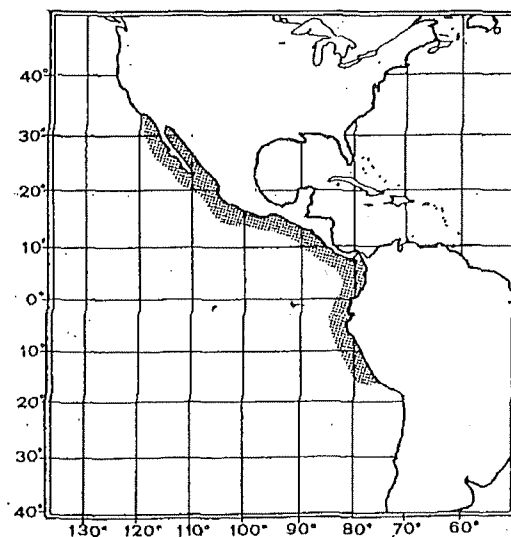


Figura 31.- Distribución actual de *Rhizoprionodon longurio* (Jordan & Gilbert, 1882).

Familia Sphyrnidae

Género *Sphyrna* (Fig. 33 S-T)

Material:

Tres dientes superiores (Tabla III). Dos laterales (FCM-187, 358) y un posterior (FCM-550).

Los tres están completos (Tabla IV). Dos se colectaron en la U-1 y uno más en la U-10 (Tabla VI).

Descripción:

Dientes más pequeños, con la cúspide arqueada e inclinada hacia la parte distal, hendidura lateral en el lado distal, bordes cortantes débiles. Raíz subangular, surco transversal somero. *S. zygaena* tiene ocurrencia en depósitos Miocénicos de Europa, así como también *S. arambourgi*, actualmente se podría comparar con *S. zygaena*.

Distribución y Hábitat de las especies actuales

Tiene un rango en mares templados calidos y tropicales y se ha encontrado en aguas continentales e insulares, no son verdaderamente oceánicos. Verticalmente se extienden desde la superficie hasta por debajo de los 250mts (Tabla II).

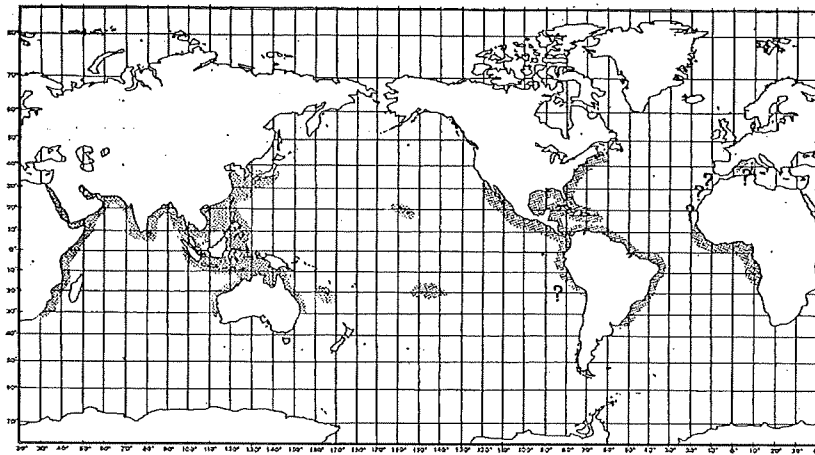


Figura 32.- Distribución actual de *S. lewini* (Griffith & Smith, 1834).

Fragmentos

Material:

14 dientes fragmentados lo que impidió la identificación y son FCM-329.2, 329.3, 2805, 2808, 317.2, 474.2, 2800, 2814, 2840, 2841, 2843, 2873, 2842. Cinco se colectaron en la U-1; cuatro en la U-8 y uno en la U-2; y cuatro no encontró registro de su colecta (Tabla V).

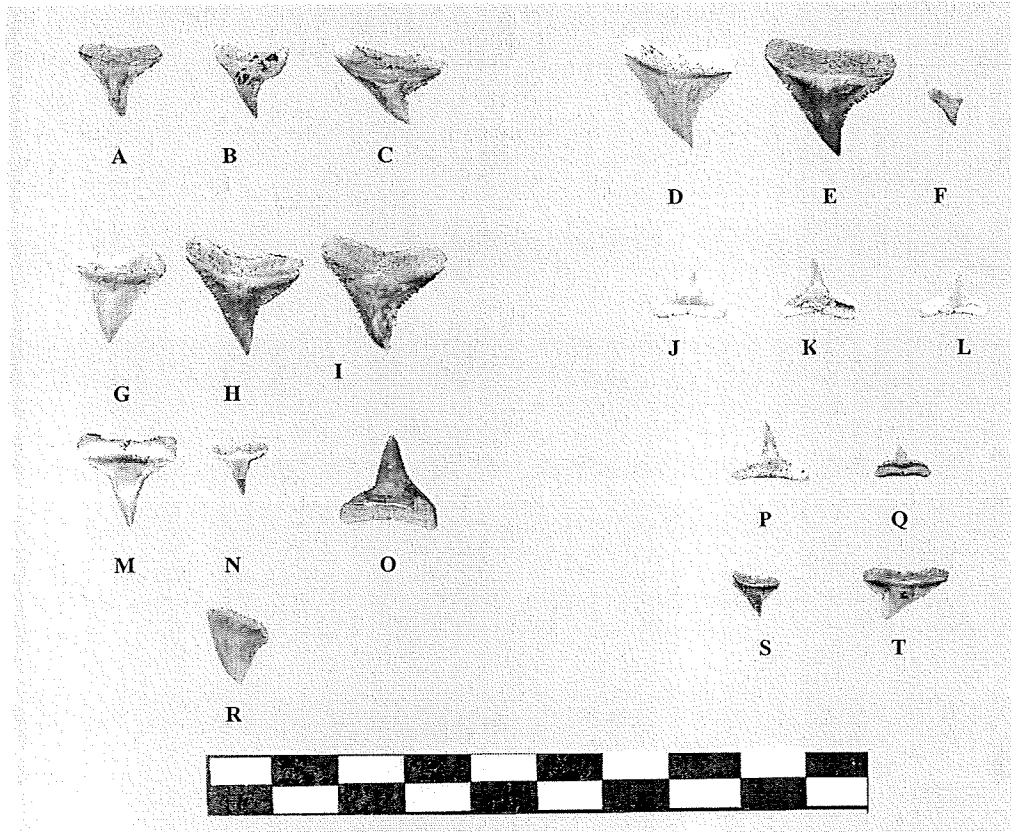


Figura 33.- Vista lingual de dientes pertenecientes al Orden Carcharhiniformes, colectados en la Formación almejas Inferior de Isla Cedros, B. C. Dientes superiores antero laterales de *Carcharhinus* sp.1 (A-C); dientes superiores antero laterales (D-E) y posterior (F) de *Carcharhinus* sp. 2; dientes superiores antero laterales de *Carcharhinus* sp.3 (G-I); y dientes inferiores de *Carcharhinus* spp. indet. (J-I); dientes superiores (M-N) e inferiores (O) de *Negaprion* sp.; dientes inferiores (P-Q) de *Rhizoprionodon* sp.; y dientes superiores de *Sphyrna* sp. (S-T).

Tabla II.- Distribución y Hábitat de seláceos actuales.

					Aguas		Ambiente						Profundidad mts.	
	tropical	subtropical	templada	frías	Profundas	Someras	Costero	pelágicos	epipelágicos	mesopelágicos	batipelágicos	bentónico		litoral
<i>C. altimus</i>	x	x			x					x				90-430
<i>C. brachyurus</i>	x	x	x						x					0-100
<i>C. falciformis</i>	x	x					-	x						0-4000
<i>C. leucas</i>	x	x				x	x							0-152
<i>C. limbatus</i>	x	x	x			x		x						0-30
<i>C. longimanus</i>	x		x			x		x	x					0-152
<i>C. obscurus</i>	x		x				x	x					x	0-400
<i>Negaprion</i>	x					x								-92
<i>Rhizoprionodon</i>	x	x					x					x	x	10-280
<i>Sphyrna</i>	x	x	x					x						-275
<i>Odontaspis</i>	x	x	x		x		x	x	-					13-420
<i>C. carcharias</i>	-	-	x		x	x	x		x					0-1280
<i>Isurus spp.</i>	x	x	x				x		x					0-500
<i>Isistius sp.</i>	x	x			x				x	x	x			85-3500
<i>Squatina sp.</i>			x		x								x	3-46(1000)
<i>Notorynchus sp.</i>			x		x		-	-				x		0-2000
<i>Hexanchus sp.</i>	-		x		x			-						0-2000

x = comunes

- = ocasionales

Tabla III.- Distribución de los dientes encontrados en la Formación Almejas Inferior en Isla Cedros, B. C. de acuerdo a la posición que ocupan dentro de la mandíbula.

Especie	Superiores										Total Superior	Inferiores								Total Inferior	Sin Posicion	
	Derechos					Izquierdos						Derechos				Izquierdo						
	Ant.	Int	Lat	Post	total	Ant.	Int	Lat	Post	total		Ant.	Lat	Post	total	Ant.	Lat	Post	total			
Fam. Hexanchidae	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15	-
<i>Hexanchus sp.</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	24	-
<i>Notorynchus sp.</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6	-
<i>Isistius</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
<i>Squatina sp.</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2
<i>Odontaspis sp.</i>	1	-	4	-	5	-	-	1	-	1	6	1	3	-	4	4	3	-	7	11	2	
<i>C. carcharias</i>	31	5	43	3	82	31	5	52	7	95	177	24	20	1	45	19	14	1	34	79	107	
<i>Isurus sp.</i>	40	-	18	-	58	23	-	25	1	49	107	16	10	1	27	10	7	1	18	45	60	
<i>Isurus dentados</i>	7	-	7	-	14	3	-	9	1	13	27	6	2	-	8	1	3	-	4	12	3	
<i>C. megalodon</i>	-	-	2	1	3	-	-	1	2	3	6	-	-	-	-	-	1	-	1	1	58	
<i>Carcharhinus sp.1</i>	19	-	36	2	57	23	-	42	7	72	129	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Carcharhinus sp.2</i>	2	-	8	1	11	3	-	10	1	14	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Carcharhinus sp.3</i>	6	-	31	1	38	9	-	27	-	36	74	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Carcharhinus spp.indt.</i>	-	-	4	-	4	-	-	2	-	2	55	-	-	-	-	-	1	1	2	64	8	
<i>Negaprion sp.</i>	-	-	-	-	3	-	-	-	-	5	8	-	-	-	-	-	-	-	-	4	2	
<i>Rhizoprionodon sp.</i>	-	-	1	1	2	-	-	-	-	-	2	-	8	1	9	-	4	1	5	14	1	
<i>Sphyrna sp.</i>	-	-	1	1	2	-	-	1	-	1	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
fragmentos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	14	
Total	106	5	155	10	279	92	5	170	19	291	619	47	43	3	93	34	33	4	71	275	258	

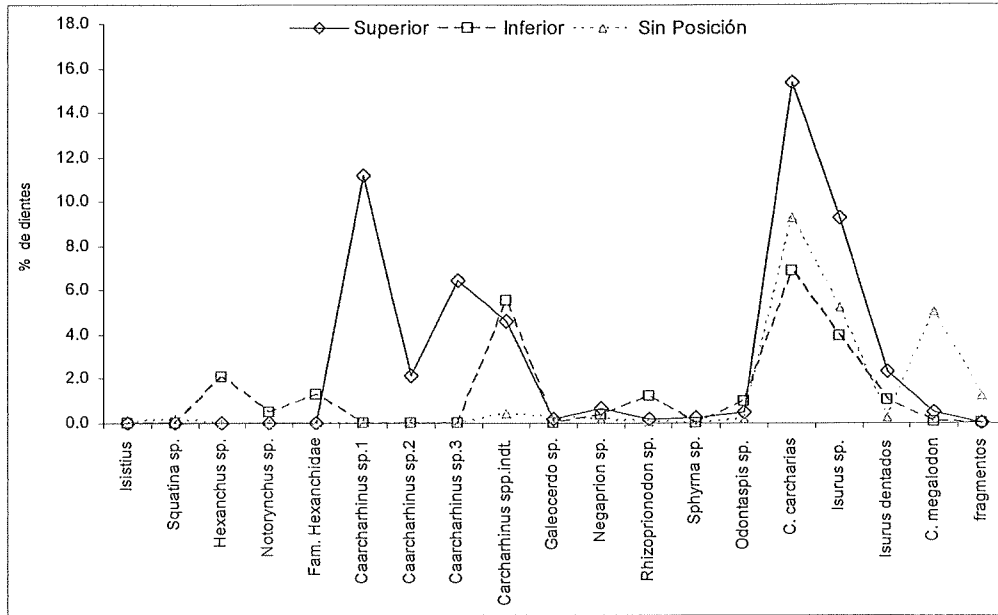


Figura 34.- Porcentaje de dientes encontrados por especies pertenecientes a la mandíbula superior e inferior y dientes de ubicación indeterminada encontrados en la Formación Almejas Inferior de Isla Cedros, B. C. México.

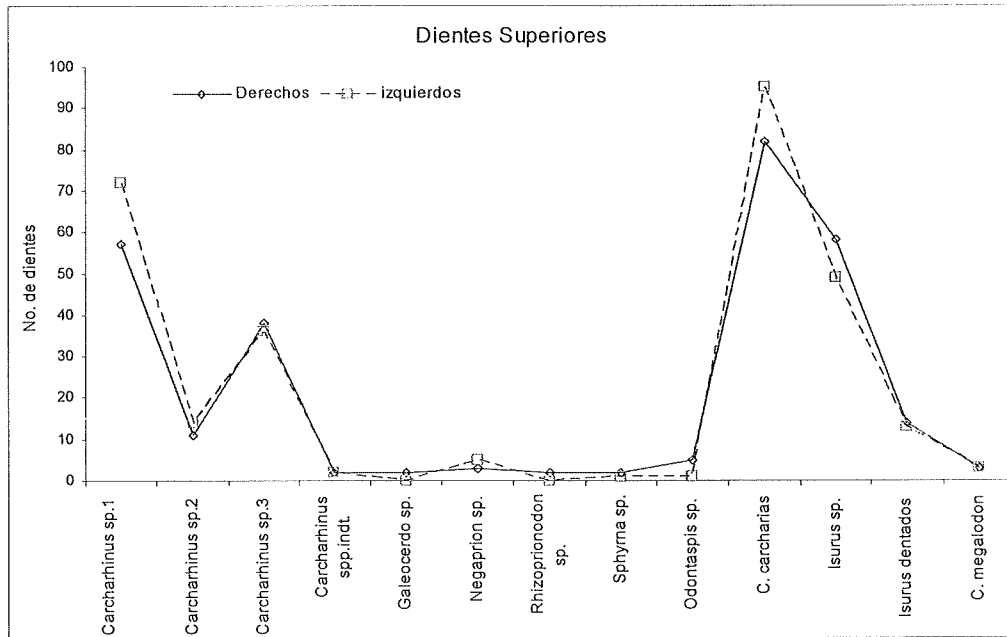


Figura 35.- Número de dientes colectados por especie de la mandíbula superior pertenecientes al lado derecho o izquierdo de esta.

Transporte

La mayor parte del material colectado en la Formación Almejas Inferior en Isla Cedros, se encontró dañados o fraccionado en alguna parte del diente; fraccionado en la raíz se encontraron 421 dientes, 118 fraccionados en alguno de los lóbulos, 21 en la cúspide y 12 con alguna fractura en la corona, el número de dientes que se encontraron completos son 290, 284 se colectaron fragmentados y 6 están rotos (Fig. 36 y Tabla IV).

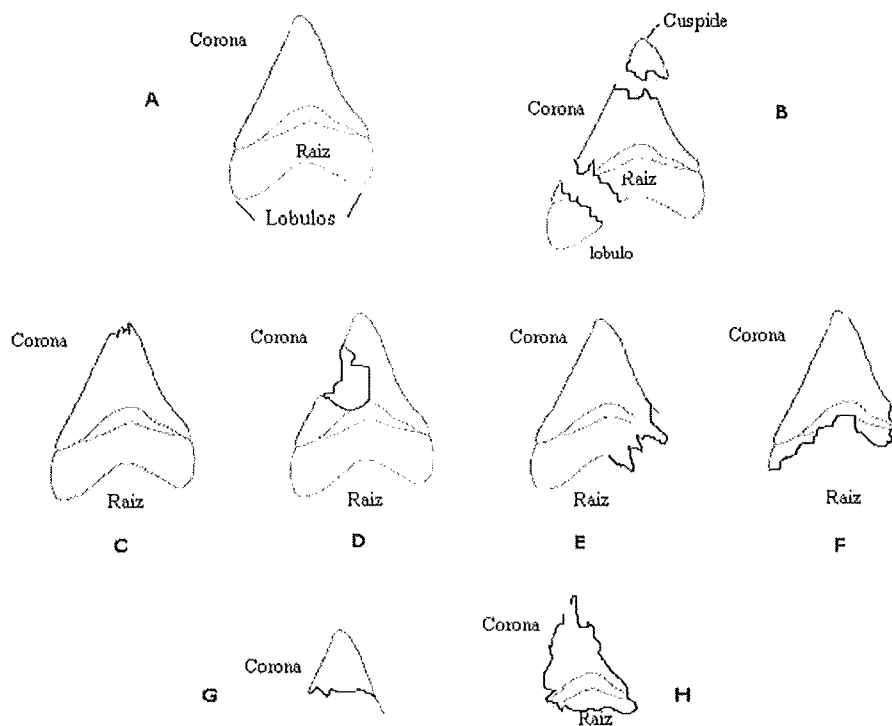


Figura 36.- La figura muestra los diferentes tipos de dientes o fragmentos de dientes de tiburón en la Formación Almejas Inferior de Isla Cedros, B. C.: A) diente completo; B) diente roto; C) fraccionado de la cúspide; D) fracturado en la corona; E) fracturado del lóbulo; F) fracturado en la raíz; G) y H) fragmento.

Tabla IV.- Estados tafonómicos de diente de tiburones encontrados en la Formación Almejas Inferior en Isla Cedros, B. C. México.

Especie	Completos	Rotos	Fragmentados				Fracción
			Cúspide	Corona	Lóbulos	Raíz	
Fam. Hexanchidae	0	0	0	0	0	0	15
<i>Hexanchus sp.</i>	0	0	2	0	0	1	21
<i>Notorynchus sp.</i>	1	0	1	0	0	2	2
<i>Isistius</i>	1	0	0	0	0	0	0
<i>Squatina sp.</i>	2	0	0	0	0	0	0
<i>Odontaspis sp.</i>	8	0	0	0	4	5	2
<i>C. carcharias</i>	73	0	4	7	53	175	51
<i>Isurus sp.</i>	6	0	1	1	8	128	68
<i>Isurus dentados</i>	1	0	0	0	0	33	8
<i>C. megalodon</i>	2	5	0	1	2	1	54
<i>Carcharhinus sp.1</i>	87	0	1	0	19	13	9
<i>Carcharhinus sp.2</i>	7	0	1	0	6	11	0
<i>Carcharhinus sp.3</i>	33	1	5	0	11	19	5
<i>Carcharhinus spp.indt.</i>	40	0	4	3	14	33	33
<i>Negaprion sp.</i>	9	0	2	0	1	0	2
<i>Rhizoprionodon sp.</i>	17	0	0	0	0	0	0
<i>Sphyrna sp.</i>	3	0	0	0	0	0	0
<i>fragmentos</i>	0	0	0	0	0	0	14
Total	290	6	21	12	118	421	284

Tabla V.- Estados tafonómicos de diente de tiburones encontrados en la Formación Almejas Inferior en Isla Cedros, B. C. México. Expresados en porcentaje.

Especie	Completos	Rotos	Fragmentados				Fracción
			Cúspide	Corona	Lóbulos	Raíz	
Fam. Hexanchidae	-	-	-	-	-	-	1.3
<i>Hexanchus sp.</i>	-	-	0.2	-	-	0.1	1.8
<i>Notorynchus sp.</i>	0.1	-	0.1	-	-	0.2	0.2
<i>Isistius</i>	0.1	-	-	-	-	-	-
<i>Squatina sp.</i>	0.2	-	-	-	-	-	-
<i>Odontaspis sp.</i>	0.7	-	-	-	0.3	0.4	0.2
<i>C. carcharias</i>	6.3	-	0.3	0.6	4.6	15.2	4.4
<i>Isurus sp.</i>	0.5	-	0.1	0.1	0.7	11.1	5.9
<i>Isurus dentados</i>	0.1	-	-	-	-	2.9	0.7
<i>C. megalodon</i>	0.2	0.4	-	0.1	0.2	0.1	4.7
<i>Carcharhinus sp.1</i>	7.6	-	0.1	-	1.6	1.1	0.8
<i>Carcharhinus sp.2</i>	0.6	-	0.1	-	0.5	1.0	-
<i>Carcharhinus sp.3</i>	2.9	0.1	0.4	-	1.0	1.6	0.4
<i>Carcharhinus spp.indt.</i>	3.5	-	0.3	0.3	1.2	2.9	2.9
<i>Negaprion sp.</i>	0.8	-	0.2	-	0.1	-	0.2
<i>Rhizoprionodon sp.</i>	1.5	-	-	-	-	-	-
<i>Sphyrna sp.</i>	0.3	-	-	-	-	-	-
<i>fragmentos</i>	-	-	-	-	-	-	1.2
% Total	25	1	2	1	10	37	25

Tabla VI.- Número de especies y abundancia encontradas por unidad estratigráfica y Número de dientes por especie encontrados por unidad estratigráfica y en la Formación Almejas Inferior en Isla Cedros, B. C., México.

Especie / Unidad	U1	U2	U3	U6	U7	U8	U9	U10	U11	U12	U13	U14	U16	U18	U20	U21	U22	U24	U28	S/Uni	TOTAL
Fam Hexanchidae	10	1	-	-	-	1	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	15
<i>Hexanchus sp.</i>	12	1	-	1	-	1	-	4	-	2	-	-	-	-	1	1	-	-	-	1	24
<i>Notorynchus sp.</i>	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1	6
<i>Isistius</i>	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
<i>Squatina sp.</i>	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2
<i>Odontaspis sp.</i>	7	-	-	1	-	-	1	1	1	4	1	2	-	-	-	-	-	-	-	1	19
<i>C. carcharias</i>	237	25	1	7	1	9	1	9	2	19	6	3	1	7	-	1	1	1	-	32	363
<i>I. oxyrinchus</i>	36	4	2	1	-	-	-	2	-	4	-	2	-	-	-	-	-	-	-	2	53
<i>I. hastalis</i>	85	6	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1	1	-	-	-	-	4	98
<i>Isurus sp.</i>	55	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1	61
<i>Isurus 1</i>	8	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9
<i>Isurus 2</i>	27	4	-	-	-	-	-	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	33
<i>C. megalodon</i>	31	9	1	1	1	2	-	6	-	2	-	1	-	-	-	-	-	-	-	11	65
<i>Carcharhinus sp.1</i>	15	2	-	4	-	7	1	11	6	38	6	16	-	5	-	-	-	-	1	17	129
<i>Carcharhinus sp.2</i>	7	2	-	-	-	1	-	1	1	1	3	1	-	2	-	-	-	-	-	6	25
<i>Carcharhinus sp.3</i>	17	1	-	2	-	1	2	5	2	15	8	5	1	3	-	1	-	-	1	10	74
<i>Carcharhinus spp.indt.</i>	48	12	-	1	-	4	2	4	1	20	4	14	-	-	1	-	-	-	-	16	127
<i>Negaprion sp.</i>	2	1	-	2	-	-	-	1	1	-	-	5	-	-	-	-	-	-	-	2	14
<i>Rhizoprionodon sp.</i>	1	-	-	1	-	1	-	1	-	5	2	3	-	-	-	-	-	-	-	3	17
<i>Sphyrna sp.</i>	2	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3
<i>fragmentos</i>	5	1	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	14
<i>total</i>	610	74	4	21	2	31	7	50	14	113	30	53	2	19	3	3	1	1	2	112	1152
<i>No. especies</i>	20	15	3	10	2	10	5	15	7	13	7	11	2	6	3	3	1	1	2	16	21

Tabla VII.- Número de especies y abundancia encontradas por unidad estratigráfica y Número de dientes por especie encontrados por unidad estratigráfica y en la Formación Almejas Inferior en Isla Cedros, B. C., México. Expresado en Porcentaje

Especie / Unidad	U1	U2	U3	U6	U7	U8	U9	U10	U11	U12	U13	U14	U16	U18	U20	U21	U22	U24	U28	S/Uni	Total
Fam	0.9	0.1	-	-	-	0.1	-	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.1	1.3
<i>Hexanchus sp.</i>	1.0	0.1	-	0.1	-	0.1	-	0.3	-	0.2	-	-	-	-	0.1	0.1	-	-	-	0.1	2.1
<i>Notorynchus sp.</i>	0.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.1	-	-	-	-	-	-	-	0.1	0.5
<i>Isistius</i>	0.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.1
<i>Squatina sp.</i>	-	-	-	-	-	-	-	0.1	-	0.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.2
<i>Odontaspis sp.</i>	0.6	-	-	0.1	-	-	0.1	0.1	0.1	0.3	0.1	0.2	-	-	-	-	-	-	-	0.1	1.6
<i>C. carcharias</i>	20.6	2.2	0.1	0.6	0.1	0.8	0.1	0.8	0.2	1.6	0.5	0.3	0.1	0.6	-	0.1	0.1	0.1	-	2.8	31.5
<i>I. oxyrinchus</i>	3.1	0.3	0.2	0.1	-	-	-	0.2	-	0.3	-	0.2	-	-	-	-	-	-	-	0.2	4.6
<i>I. hastalis</i>	7.4	0.5	-	-	-	-	-	-	-	0.1	-	-	-	0.1	0.1	-	-	-	-	0.3	8.5
<i>Isurus sp.</i>	4.8	0.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.1	-	-	-	-	-	0.1	5.3
<i>Isurus 1</i>	0.7	0.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.8
<i>Isurus 2</i>	2.3	0.3	-	-	-	-	-	0.1	-	0.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.9
<i>C. megalodon</i>	2.7	0.8	0.1	0.1	0.1	0.2	-	0.5	-	0.2	-	0.1	-	-	-	-	-	-	-	1.0	5.6
<i>Carcharhinus sp.1</i>	1.3	0.2	-	0.3	-	0.6	0.1	1.0	0.5	3.3	0.5	1.4	-	0.4	-	-	-	-	0.1	1.5	11.2
<i>Carcharhinus sp.2</i>	0.6	0.2	-	-	-	0.1	-	0.1	0.1	0.1	0.3	0.1	-	0.2	-	-	-	-	-	0.5	2.2
<i>Carcharhinus sp.3</i>	1.5	0.1	-	0.2	-	0.1	0.2	0.4	0.2	1.3	0.7	0.4	0.1	0.3	-	0.1	-	-	0.1	0.9	6.4
<i>Carcharhinus spp.indt.</i>	4.2	1.0	-	0.1	-	0.3	0.2	0.3	0.1	1.7	0.3	1.2	-	-	0.1	-	-	-	-	1.4	11.0
<i>Negaprion sp.</i>	0.2	0.1	-	0.2	-	-	-	0.1	0.1	-	-	0.4	-	-	-	-	-	-	-	0.2	1.2
<i>Rhizoprionodon sp.</i>	0.1	-	-	0.1	-	0.1	-	0.1	-	0.4	0.2	0.3	-	-	-	-	-	-	-	0.3	1.5
<i>Sphyrna sp.</i>	0.2	-	-	-	-	-	-	0.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.3
<i>fragmentos</i>	0.4	0.1	-	-	-	0.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.3	1.2
<i>total</i>	53.0	6.4	0.3	1.8	0.2	2.7	0.6	4.3	1.2	9.8	2.6	4.6	0.2	1.6	0.3	0.3	0.1	0.1	0.2	9.7	100.0

Carcharhinus es el género que mayor número de dientes completos se colectaron, pero individualmente *Carcharhinus* sp. 1 tiene los dientes mejor preservados, seguida por *C. carcharias*. Los dientes de *Isistius* y *Squatina* igualmente están completos. De los seis que están clasificados como rotos solamente uno pertenece a *Carcharhinus* sp. 3 y el resto a *C. megalodon* (Tabla IV). De los completos 69 pertenecen a la U-12, 46 a la U-1, 30 a la U-14 y 22 en la U-22. De los rotos uno es de la U-10 (Tabla VIII).

De los dientes que están fracturados de la cúspide el mayor número lo presentaron los dientes pertenecientes al género *Carcharhinus*; *C. carcharias* e *Isurus* sp. también tienen dientes fracturados en la cúspide, para los dientes que pertenecen a la Fam. Hexanchidae solamente se encontraron tres. De los 21 seis están en la U-12 y cinco en la U-1.

De los 12 dientes fracturados en la corona siete son *C. carcharias*, tres pertenecen a *Carcharhinus* spp. Indet. y uno para *Isurus* sp. y *C. megalodon*. La mayoría fue colectada en las dos primeras unidades.

C. carcharias es la especie que mayor número de fracturas presenta en los lóbulos con 53 dientes, el género *Carcharhinus* tiene 50. La mayoría de esto se encontró en la U-1 con 55, mientras que en la U-12 se encontraron 15.

La especie que tiene el mayor número de dientes fracturados en la raíz es *C. carcharias*, y le sigue *Isurus* sp. e *Isurus dentados*, los

pertenecientes al género *Carcharhinus* son 63. 328 se colectaron en la U-1, en la U-2 24 y en el resto de las unidades se encontraron mas de 10.

Tabla VIII.- Estados tafonómicos de los dientes de tiburones de acuerdo a la unidad estratigráfica en la que fueron colectados, en la Formación Almejas Inferior en Isla Cedros, B. C. México.

Unidades	Completos	Rotos	Fragmentados				Fracción
			Cúspide	Corona	Lóbulos	Raíz	
U1	46	1	5	6	55	328	169
U2	7	-	-	2	6	24	35
U3	-	-	-	-	-	2	2
U6	11	-	-	-	4	4	2
U7	-	-	-	-	-	-	2
U8	16	-	1	1	1	2	10
U9	5	-	-	-	1	-	1
U10	22	1	3	-	7	5	12
U11	11	-	-	-	2	1	-
U12	69	-	6	-	15	8	15
U13	17	-	1	1	2	8	1
U14	30	-	2	-	9	5	7
U16	-	-	-	-	1	1	-
U18	11	-	-	-	1	6	1
U20	-	-	-	-	-	2	1
U21	-	-	-	-	1	-	2
U22	1	-	-	-	-	-	-
U24	1	-	-	-	-	-	-
U28	1	-	-	-	-	1	-
S/Uni	42	4	3	2	13	24	24
	290	6	21	12	118	421	284

Tabla IX.- Estados tafonómicos de los dientes de tiburones de acuerdo a la unidad estratigráfica en la que fueron colectados, en la Formación Almejas Inferior en Isla Cedros, B. C. México. Expresado en porcentaje.

	Completos	Rotos	Fragmentados				Fracción
			Cúspide	Corona	Lóbulos	Raíz	
U1	4,0	0,1	0,4	0,5	4,8	28,5	14,7
U2	0,6	-	-	0,2	0,5	2,1	3,0
U3	-	-	-	-	-	0,2	0,2
U6	1,0	-	-	-	0,3	0,3	0,2
U7	-	-	-	-	-	-	0,2
U8	1,4	-	0,1	0,1	0,1	0,2	0,9
U9	0,4	-	-	-	0,1	-	0,1
U10	1,9	0,1	0,3	-	0,6	0,4	1,0
U11	1,0	-	-	-	0,2	0,1	-
U12	6,0	-	0,5	-	1,3	0,7	1,3
U13	1,5	-	0,1	0,1	0,2	0,7	0,1
U14	2,6	-	0,2	-	0,8	0,4	0,6
U16	-	-	-	-	0,1	0,1	-
U18	1,0	-	-	-	0,1	0,5	0,1
U20	-	-	-	-	-	0,2	0,1
U21	-	-	-	-	0,1	-	0,2
U22	0,1	-	-	-	-	-	-
U24	0,1	-	-	-	-	-	-
U28	0,1	-	-	-	-	0,1	-
S/Uni	3,6	0,3	0,3	0,2	1,1	2,1	2,1
% total	25,2	0,5	1,8	1,0	10,2	36,5	24,7

El mayor número de dientes fragmentados son los del género *Isurus* (68), seguidos por los *C. megalodon* (54). Nuevamente se encontró que la U-1 es la que tiene el mayor número de dientes fragmentados, seguida por la U-2.

Tabla X.- Distribución mundial de los tiburones encontrados en el Miembro Inferior de la Formación Almejas en Isla Cedros, B. C. México. (M= Mioceno, P= Plioceno, i= temprano, m= medio y t= tardío),

Cappetta (1987)	Mioceno															Plioceno														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10?	11	12	13	14	15	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Alemania	t																													
Sur de Francia	m	M				M	M	M																						
Portugal	m	M			M	M	M	M																						
Japón		M	M											M					P			t		P					P	
Suiza	m			M						M		M		M																
Ecuador	m				M	M																								
Bélgica					M		M											P			P									
Italia			t		M			M										P	P		P				T	P				
Norteamérica				M	M					M		M			M										P					P
Europa				M						M		M			M															P
Australia				M	M							M			M															P
Sudamérica										M		M													P					P
Sudáfrica														M											P					
Angola																								P						
África					M					M		M			M															P
Nueva Zelanda					M										M															
India					M										M															P
Francia					M																									
España					M																									
Zaire					M																									
Austria																														
USA.																														

Tabla XI.- Distribución de las especies fósiles relacionadas a las colectadas en la Formación Almejas Inferior, con las de otras Formaciones perteneciente al Mioceno y Plioceno.

	Mioceno															Plioceno														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10?	11	12	13	14	15	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
La Misión B.C.	m	m	m		m	m	m	m			m	m			m															
Fom. Uscari	t																													
Chile											M	M						P		P					P	P				P
Sur California												M																		
Polonia			M									M																		
Fom. Maryland		M						M	M			M		M																
Rancho Algodones																				t	t		t		i	t				i
Fom. Senhata		t	t		t			t		t	t	t		t																
Sharktooth Hill		m			m							m		m																
Fom. Gatún	m				m			m		m				m																
Ecuador	t				t	t			t					t																
Habana												i		M																
India					M	M		M		M				M																
B.C.					M							M																		
Puerto Rico														m																
Montpellier	M	M	M		M	M		M	M			M		M																

* Los números identifican a la especie. 1. *Isistius*; 2. *Squatina sp.*; 3. *Hexanchus sp.*; 4. *Notorynchus sp.*; 5. *Carcharhinus spp.*; 6. *Negaprion sp.*; 7. *Rhizoprionodon sp.*; 8. *Sphyrna sp.*; 9. *Odontaspis sp.*; 10. *C. carcharias*; 11. *I. oxyrinchus*; 12. *I. hastalis*; 13. *Isurus 1 (I. xiphodon)*; 14. *Isurus 2 (I. escheri)*; 15. *C. megalodon*.

DISCUSIÓN

Para hacer una discusión sobre la Paleoecología de los Seláceos encontrados en la Formación Almejas Inferior, esta se dividirá en: Sistemática de los fósiles encontrados, Distribución de los fósiles y de las especies actuales con las que estos tienen relación, así como la abundancia de las especies encontradas, las relaciones entre los seláceos y el resto de la comunidad, así como aspectos tafonómicos.

Sistemática

A diferencia de lo reportado por Hernández-Rosado (1995) que encuentra que la fauna de seláceos esta conformada por seis ordenes, 13 familias, 10 géneros y 27 especies; *Hexanchus* sp., *Notorynchus* sp., *Centrophorus* sp., *Isistius* sp., *Squatina* sp., *Heterodontus* sp., *Cetorhinus* sp., *Isurus oxyrinchus*, *I. hastalis*, *I. planus*, *Lamna* sp., *Carcharodon carcharias*, *Carcharocles megalodon*, *Odontaspis* sp., *Hemipristis serra*, *Scyliorhinus* sp., *Mustelus* sp., *Carcharhinus limbatus*, *C. leucas*, *C. galapagensis*, *C. altimus*, *Carcharhinus* sp., *Galeocerdo aduncus*, *Negaprion fronto*, *Rhizoprionodon* sp., *Sphyrna zygaena* y *Sphyrna* sp., al compararla con lo reportado en la Tabla I, se aprecia una diferencia en el número de especies reportadas por él, lo cual se explica a continuación.

Las Familias que no se mencionan en esta revisión son: Heterodontidae, Cetorhinidae, Hemigaleidae, Scyliorhinus, Triakidae, en tanto que de especies no reportadas, son *Centrophorus* sp., y *Lamna* sp., la ausencia de estas especies pudo deberse a una confusión durante el proceso de identificación anterior, o a la pérdida de material, o bien también por que algunas especies pudieron ser reportadas por comunicados personales.

Hablando particularmente sobre las especies pertenecientes al Orden Carcharhiniformes y comparándolo con lo descrito por Hernández-Rosado (1995), durante esta revisión no se reporta la presencia de tres especies (*H. serra*, *Scyliorhinus* sp., y *Mustelus* sp.) esto pudo ser debido a que dos de estas especies tienen dientes muy pequeños y por lo tanto no son fáciles de localizar o bien por un comunicado personal.

De las especies que pertenecen al género *Carcharhinus*, él reporta la presencia de cinco especies: *C. limbatus*, *C. leucas*, *C. galapagensis*, *C. altimus* y *Carcharhinus* sp. En el presente reporte no se trabajo con especies sino con grupos, ya que en el Mioceno Tardío las especies no son fácilmente identificables. De los cinco grupos de *Carcharhinus* aquí reportadas, caben tres de las especies mencionadas por él, pero hay que destacar que las características de *C. galapagensis* podrían ser consideradas para el grupo (Tabla I). De las características en las que se tomaron en cuenta para la separación de estos grupos fue basándonos en la forma de las especies actuales:

-
- *Carcharhinus* spp. 1: actualmente los dientes de *C. limbatus* y *C. brachyurus*, tienen cúspides estrechas, con serraciones fuertes, y de semirrectas a oblicuas en los dientes superiores mientras que los inferiores las cúspide es semirrecta a recta, estrechas y serradas y la raíz es transversal. La diferencia mas notable entre estas dos especies es que los dientes superiores son semirrectos a oblicuos en *C. limbatus* y rectos a levemente oblicuos en *C. brachyurus*. Pero los dientes asignados a este grupo tienen una cúspide delgada y con una serración fuerte
 - *Carcharhinus* spp. 2: *C. altimus* y *C. falciformis*, la primera tiene dientes superiores con cúspide amplia, triangular recta a levemente oblicua con serraciones fuertes. En la segunda especie los dientes superiores tienen cúspides muy estrechas, fuertemente serradas, rectas a moderadamente oblicuas. En tanto que los inferiores son rectos, estrechos, serrados y la raíz es transversal. La mayor diferencia entre las dos especies es que en *C. falciformis* el pie de la corona (hombro) esta delimitado por una serración más marcada.
 - *Carcharhinus* spp. 3: De las especies actuales que se pudieron relacionar con los fósiles son *C. leucas*, *C. longimanus* y *C. obscurus*. Las características que tienen los dientes superiores de estas especies es que la cúspide es muy amplia, triangular y fuertemente serradas, rectas a semioblicuas, los inferiores son rectos a oblicuos, serrados, y la

raíz puede ser transversal y algunas veces arqueadas. Hernández-Rosado (1995) menciona la presencia de *C. galapagensis*, la cual presenta características muy similares a las antes mencionadas.

Para el caso de los Lamniformes, no se reportan *Cetorhinus* sp. *Lamna* sp. ni *I. planus*. De las especies que si se reportan en esta revisión son *I. oxyrinchus*, *I. hastalis*, *Isurus* sp. y un grupo más de *Isurus* que presentan bordes serrados. La presencia de *I. planus* (Hernández-Rosado, 1995) se podría explicar por un retrabajamiento del material perteneciente a la Formación Tortugas del Mioceno Medio, o bien por una confusión con *I. hastalis*.

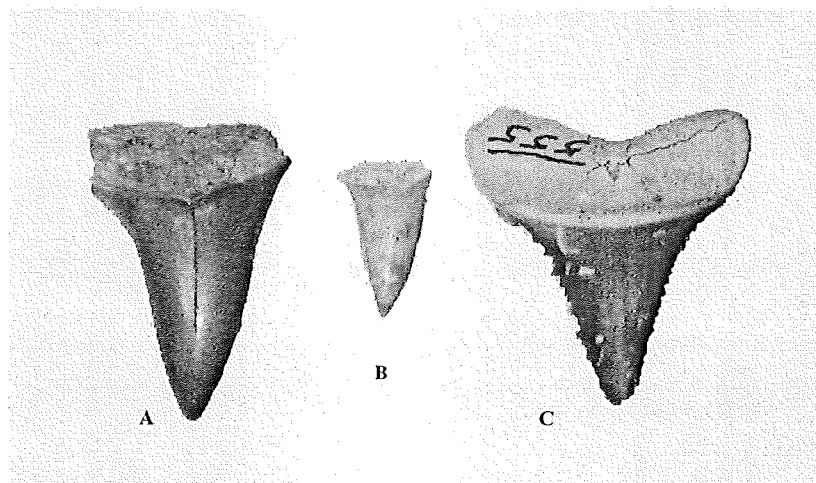


Figura 37.- Comparación entre los tipos de serraciones que presentan dos Isuridos dentados (A y B) y un *C. aff. carcharias* (C), colectados en la Formación Almejas Inferior en Isla Cedros, B. C. México.

El grupo de *Isurus dentados* se puede considerar como transitorio entre *Isurus hastalis* y *C. carcharias* (Fig. 37). Este grupo podría dividirse en dos debido a que las seriaciones que se observan en estos dientes son ligeramente más marcadas en unos dientes que en otros. De acuerdo con Alter (2001) *I. escheri* al igual que *I. hastalis* pertenecen al grupo de makos extintos que presentaban dientes angostos y que comenzaron a tener bordes con sierras cortantes; *I. escheri* es una especie que no fue exitosa y solo se tiene registro de esta durante el Mioceno (Cappetta, 1987). Bourdon (2002) analiza la transición entre *hastalis-carcharias*, la cual dice que fue gradual, además de concentrarse en el Pacífico. Los restos de *I. escheri* los han encontrado en ambos lados de Atlántico y del Pacífico. Applegate y Espinosa-Arrubarrena (1996) mencionan problemas taxonómicos entre *I. hastalis* e *I. xiphodon* que es la otra especie que se identificó como *Isurus dentada*.

Los restos de *C. aff. carcharias* tienen características que son similares al actual *C. carcharias*, entre las que se pueden mencionar que la corona es triangular y amplia en la base, la cara labial es plana y la lingual levemente convexa, un borde serrado y la presencia de pequeñas cúspides laterales en organismos juveniles. La diferencia que podemos mencionar entre la especie encontrada en la Formación Almejas y la actual, es que la sierra de la primera es más débil.

Distribución y Abundancia

El uso del Uniformismo Taxonómico es útil para explicar la distribución de las especies de seláceos encontrados en la Formación Almejas Inferior, basándonos en la distribución actual que tienen las especies de tiburones que tienen alguna relación con los encontrados.

La mayoría de dientes que se colectaron en la Formación Almejas Inferior pertenecen al Orden Lamniformes y en su mayoría a la Familia Lamnidae, la cual en la actualidad tiene una distribución principalmente en mares templados, aunque el Género *Isurus* también habita mares tropicales.

El Género *Isurus* en la Formación Almejas Inferior se reportan con cuatro quizá cinco especies en su registro fósil, *I. hastalis*, *I. oxyrinchus*, *Isurus* sp., y dos especies de *Isurus dentados* que se agruparon en un grupo. De acuerdo con Espinosa-Arrubarrena (1987) durante el Neógeno (quizá durante el Oligoceno Tardío) los Isuridos tuvieron una radiación, de estas especies formo cuatro categorías adaptativas, a.) Comedores de peces, b.) Carroñeros-predadores, c.) Predadores de mamíferos marinos y d.) Formas de transición.

A *I. oxyrinchus* la cataloga como una especie comedora de peces, que en la actualidad este sigue siendo su principal alimento. Otra de las especies que tienen registro fósil en el Mioceno Tardío y que fue colectada en la Formación Almejas Inferior es *I. hastalis*, esta especie es catalogada como predador de mamíferos marinos, el tipo de mandíbula que poseía esta especie

era cortante-sujetante. (Tablas VII y II). Actualmente existen dos especies vivas (*I. oxyrinchus* e *I. paucus*) que están distribuidas desde zonas templadas hasta tropicales costeras y oceánicas (Tabla II) (Compagno, 2002).

La presencia de especies dentadas de *Isurus* durante el Mioceno Tardío, podrían ser la transición entre *I. hastalis* y *C. carcharias*. Espinosa-Arrubarrena (1987) menciona que la radiación adaptativa de los mamíferos marinos del Neógeno originó especies de tiburones con mandíbulas del tipo cortante-sujetante que se especializaron en mamíferos marinos, entre las que están las dos especies anteriores. La extinción de varias especies de mamíferos marinos explica la desaparición de especies como *I. hastalis*. Alter (2001) menciona la aparición de bordes cortantes con serraciones finas cerca de la raíz, en makos, como *I. escheri*, pero el tipo de sierra que presentaba esta especie, no resultó ser exitosa y por lo tanto esta especie desapareció. Esta especie fue una de las que dio origen al actual *C. carcharias*.

Los restos de *C. aff. carcharias* a pesar de ser numerosos en la Formación Almejas Inferior no tienen una distribución estratigráfica homogénea, la mayor parte de estos (> 60%) se encuentran en la Unidad uno (Tabla V). La distribución de los restos fósiles de *C. aff. carcharias* estratigráficamente para el Mioceno, de acuerdo con lo expuesto en la Tabla (VII y VIII), esta tiene un registro fósil en latitudes templadas. Actualmente *C. carcharias* tiene un distribución en el Pacífico Norte desde las regiones costeras templadas más frías hasta islas oceánicas costeras (Aidan-Martin, 2004). Klimley (1994) analiza

las migraciones que tiene esta especie, encontrando que los organismos juveniles migran hacia el norte durante el verano, mientras que los organismos de mayor tamaño se capturan en aguas más al norte, en tanto que las hembras de un tamaño promedio lo son mas al sur, estas migraciones coinciden con la llegada de juveniles de elefantes marinos a las Islas Farallón, la cual es su presa favorita.

La Familia Otodontidae es una familia actualmente extinta, fue abundante durante el Mioceno Tardío, teniendo como representante al tiburón más grande que ha existido *C. megalodon*. Se propone que este tiburón tenía una distribución geográfica en latitudes subtropical-templadas, con preferencia a hábitat costeros (Gottfried, *et al.*, 1996), particularmente en zonas ricas en nutrientes transitadas por mamíferos marinos y otras presas potenciales. También se han encontrado fósiles de esta especie en zonas de arrecife, lo que sugiere que esta especie visitaba regularmente estas áreas (Nieves-Rivera, *et al.*, 2003) (Tabla III).

La desaparición de *C. megalodon* también tiene relación con la disminución de algunos grupos de mamíferos marinos durante el Mioceno Tardío, (Espinosa-Arrubarrena, 1987) además de una posible exclusión competitiva con *C. carcharias*. De acuerdo con Alter, (2001) quien menciona que *C. carcharias* pueden estar mejor equipados para capturar presas como pinnípedos que los enormes *C. megalodon*, por lo que el éxito del primero llevo a la extinción del segundo.

La segunda Familia más abundante es la Carcharhinidae, que tiene una distribución actual principalmente en mares tropicales, aunque algunas especies también habitan aguas templadas como lo es *C. brachyurus* (Tabla II).

El género *Carcharhinus* tiene una amplia distribución geográfica durante el Mioceno con un registro fósil en gran parte del mundo (Tabla VIII), tanto en latitudes tropicales hasta, aunque actualmente este género habita predominantemente aguas tropicales y subtropicales, la mayoría no habita áreas templadas más que estacionalmente. Garrick (1982) identifica siete especies que no solo tienen registro en los trópicos, sino también en latitudes mayores a 40°. De las especies fósiles reportadas pertenecientes al género *Carcharhinus*, actualmente tienen una distribución tropical-subtropical y en algunas ocasiones templada, habitando principalmente en áreas costeras, a excepción de tres especies, de las cuales dos son oceánicas *C. longimanus* y *C. falciformis*, mientras que la tercera *C. leucas*, es una especie que se puede encontrar tanto en ambientes marinos como en salobre y riverinos (Compagno, 1984). Otra especie que es importante resaltar es *C. brachyurus* la cual es una especie que tiene sus áreas de crianza en latitudes altas, además de ser más abundante en zonas templadas, migrando al sur durante el otoño y el invierno (Compagno, 2002; Garrick, 1982; Grace, 2001; Lucifora, *et al.*, 2005), actualmente su distribución puede verse afectada por la temperatura, ya se ha observado en las costas de Nueva Zelanda durante el verano y en los meses de invierno es más común en aguas templadas del Suroeste del Atlántico (Lucifora,

et al., 2005). La presencia de especies como *C. brachyurus* describe un ambiente templado, en tanto que, *C. longimanus* y *C. falciformis*, un ambiente más oceánico.

Los restos fósiles pertenecientes al Orden Hexanchiformes (*Hexanchus* sp. y *Notorynchus* sp.) en la Formación Almejas Inferior, conforman la cuarta Familia más abundante. Esta Familia tiene un registro fósil desde el Jurásico Inferior (Tabla XII), el número de especies no ha sido muy abundante, en la actualidad el Orden de los Hexanchiformes es uno de los grupos menos diversos y la Familia Hexanchidae cuenta con tres géneros y cuatro especies.

La distribución *Hexanchus* sp. durante el Mioceno fue amplia, se tiene registro de esta en formaciones de Ecuador hasta altas latitudes (Tabla X). Actualmente los miembros de la Familia Hexanchidae tienen una distribución en mares templados y aguas profundas, aunque se tienen reportes de que estos organismos suelen subir a la superficie durante la noche para alimentarse así como a los juveniles en áreas costeras (Ebert, 1989; Castro, 1983; Welton & Farish, 1993, Rupp, 2001). Boeseman (1974, en Castro *et al.*, 2006) comenta que *Hexanchus* en los trópicos habita aguas profundas, mientras que en latitudes más altas los encontramos en ambientes pelágicos, así como en aguas someras. Ebert (1989) menciona que el Tiburón Siete agallas (*N. cepedianus*) tienen una ocurrencia estacional en la Bahía de San Francisco, siguiendo la aparición de otros elasmobranquios en la bahía después de primavera, además de corresponder con su ciclo reproductivo.

El resto de las especies son raras (< 2%) en la Formación Almejas Inferior. El registro fósil de *Galeocerdo* sp., *Negaprion* sp. y *Sphyrna* sp., es más amplio que el de *Rhizoprionodon* sp. y *Odontaspis* sp. (Tabla XI). Actualmente *Negaprion* es una especie abundante en zona tropical-costera, aunque también se ha reportado que tiene migraciones a mar abierto y a latitudes más altas (Cortes & Gruber, 1990; Compagno, 2002), *Rhizoprionodon longurio* es una especie una especie poco conocida que se encuentra en el litoral tropical (Compagno 2002). *Odontaspis* sp. y *Sphyrna* sp. tienen una distribución abundante, en aguas templadas, aunque también se le ha observado en aguas tropicales, así como en aguas costeras y oceánicas, y en el caso de *Odontaspis* cerca del fondo (Compagno, 1984, 2002; Tinker & DeLuca 1976).

La Familia Squatinidae, es una de las menos abundantes en la Formación Almejas Inferior. Este género es conocido por dientes aislados en depósitos del Mesozoico y Cenozoico. Esta especie tiene un registro paleontológico desde el Jurásico Superior, para el Mioceno se tienen registros en el Sur de Francia, Portugal y Japón (Tabla III) (Cappetta, 1987). Actualmente esta Familia está compuesta de alrededor de 11 a 14 especies con una amplia distribución desde aguas templadas hasta aguas tropicales (Tabla II) (Cappetta, 1987; Shirai, 1992; Castro-Aguirre, *et al.*, 2006). En la actualidad la especie que habita las aguas de la Península de Baja California es *S. californica* y esta tiene una distribución en mares templados y relativamente someros (Bigelow & Schroeder, 1948; Castro, 1983; Compagno, 1984; Applegate, *et al.*, 1979).

La presencia de especies como *Squatina* la cual tiene un intervalo de profundidad que va desde los tres hasta los 180m, con una abundancia entre los tres y los 50 m, da el intervalo de profundidad que tenía el área durante el Mioceno Tardío. Por lo tanto podemos suponer que no había una profundidad mayor a los 200m, por lo tanto es una zona costera.

El género *Isistius* de acuerdo con Cappetta (1987) es conocido por dientes aislados y según los registros esta especie ha cambiado muy poco desde el Paleoceno, permitiendo rastrear al género desde el Eoceno Inferior. Laurito (1996) comenta que los restos de esta especie en el Continente Americano solo se han encontrado en Ecuador y Costa Rica, y por Aranda-Manteca (2001) en la Costa de Baja California, por lo tanto la Formación Almejas sería el cuarto sitio en donde esta especie se ha encontrado. Los organismos pertenecientes a la Familia Squalidae actualmente tienen una distribución oceánica tropical y con un rango batimétrico pelágica hasta batial, alcanzando aguas medias durante la noche (Bigelow & Schroeder, 1948; Laurito, 1996; Strasburg, 1963). Antunes (1972 en Laurito, 1996) y Cavanagh *et al.*, (2003) considera que *Isistius* es una especie pelágica (profundidades medias y que habita tanto aguas tropicales como subtropicales y templadas. Garrick & Springer (1964) reportan en el golfo de México una nueva especie de *Isistius*, *I. plutodus*, siendo con esta dos especies actuales. Muy probablemente esta no pertenezca a la fauna local de la Formación Almejas Inferior, ya que de

acuerdo con el resto de las especies encontradas tenemos un ambiente subtropical-templado y esta es una especie tropical.

De las ocho Familias de seláceos encontradas en la Formación Almejas Inferior, siete tienen una distribución en mares templados y subtropicales, seis también habitan mares tropicales (Tabla XIII). La presencia de la Familias Squalidae en esta fauna podría considerarse rara. Lo que permite suponer que el ambiente en el área era templado.

De los 13 géneros reportados siete, tienen una distribución generalmente en mares templados (incluyendo los reportado para el extinto *Carcharocles*), cuatro se reportan como habitantes de mares tropicales y subtropicales principalmente, pero con migraciones a mares templados, dos más se consideran en la actualidad tropicales, pero en el caso de *Negaprion* también se ha reportado que tienen migraciones a latitudes altas durante el verano, *Isistius*, es una especie rara y su presencia en la Formación es debido a que esta en ocasiones es parásito de organismos más grandes. A pesar de lo anterior podemos suponer que el ambiente era templado.

Tabla XII.- Registro Estratigráfico de las especies encontradas en la Formación Almejas Inferior en Isla Cedros, B. C. México.

Familia	Género	Jurásico	Cretácico	Paleoceno	Eoceno	Oligoceno	Mioceno	Plioceno	Pleistoceno	Reciente	
Hexanchidae		Inferior									
	<i>Notorynchus</i> sp.						<i>N. primigenius</i> Norte America, Europa, Australia				
	<i>Hexanchus</i> sp.						Superior. <i>H. gigas</i>				
Squalidae	<i>Isistius</i> sp.						<i>I. triangulus.</i>				
Squatinidae	<i>Squatina</i> sp.	Superior						Sur de Francia, Portugal y Japon			
Odontaspidae			Inferior								
	<i>Odontaspis</i> sp.		Superior (<i>Odontaspis</i>)								
Lamnidae					Inferior						
	<i>Carcharodon</i>						Superior	practicamente identico a <i>C. carcharias</i> actual			
	<i>Isurus</i>			Superior							
								<i>I. hastalis</i> Europa, Norte y Sudamerica, en Africa y Australia.			
							Superior <i>I. escheri</i>				
							<i>I. oxyrinchus</i>				
Otodontidae			Superior								
	<i>Carcarocles</i>						<i>C. megalodon</i> Norteamerica, Europa, Australia, Nueva Zelanda, Japon, India, Africa				
Carcharhinidae					Inferior						
	<i>Carcharhinus</i>				Medio						
	<i>Negapion</i>				Medio						
	<i>Rhizophrionodon</i>				Inferior						
Sphyrnidae	<i>Sphyrna</i>						Superior <i>R. fischeur</i> Sur de Francia y Portugal				

De las 18 especies que actualmente tienen un representante, 12 habitan preferentemente los ambiente templados, 13 los subtropicales y 11 de estas lo tropicales (Tabla II), aunque al considerar especies extintas como *C. megalodon* e *I. hastalis*, el número de especies templadas aumenta. Basándonos en las especies encontradas en la asociación fósil de la Formación Almejas de Isla Cedros, Baja California, México y en el Uniformismo Taxonómico, podemos inferir que el ambiente que existía en la zona durante el Mioceno Tardío, tenía características principalmente de zonas templadas.

Con base a la distribución de las Familias, géneros y especies, cabe suponer que el ambiente durante el Mioceno Tardío era de aguas templadas, con influencias de aguas subtropicales.

El mayor número de restos fósiles colectados en la Formación Almejas Inferior, pertenece a la Familia Lamnidae (Fig. 38 y 39), la mayoría de los miembros de esta familia son organismos grandes que prefieren ambientes templados (Musick, *et al.*, 2004), de las especies reportadas en la formación, actualmente existen dos, *C. carcharias* y *I. oxyrinchus*, ambas tienen una distribución principalmente templada. Basándonos en lo anterior y en los restos de las especies encontradas, podemos suponer que debido a que los organismos de la Familia Lamnidae son organismos de mayor talla, con preferencia en ambientes templados costeros y oceánicos, el ambiente en la Isla Cedros durante el Mioceno Tardío debió haber sido predominantemente templado.

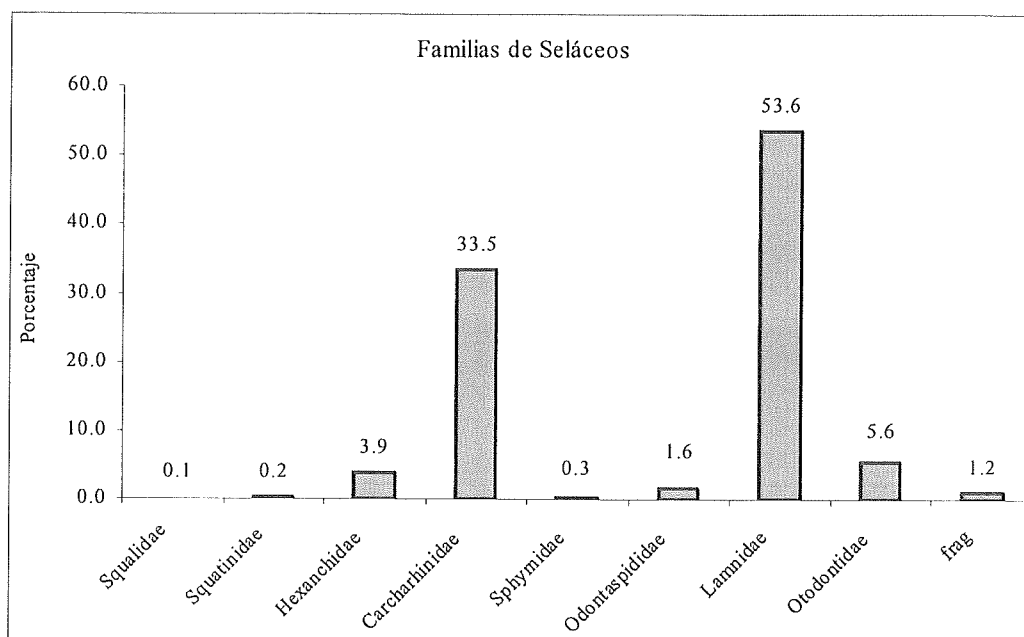


Figura 38.- Número de dientes encontrados por Familias en la Formación Almejas Inferior en Isla Cedros, B. C., México. Expresado en porcentaje.

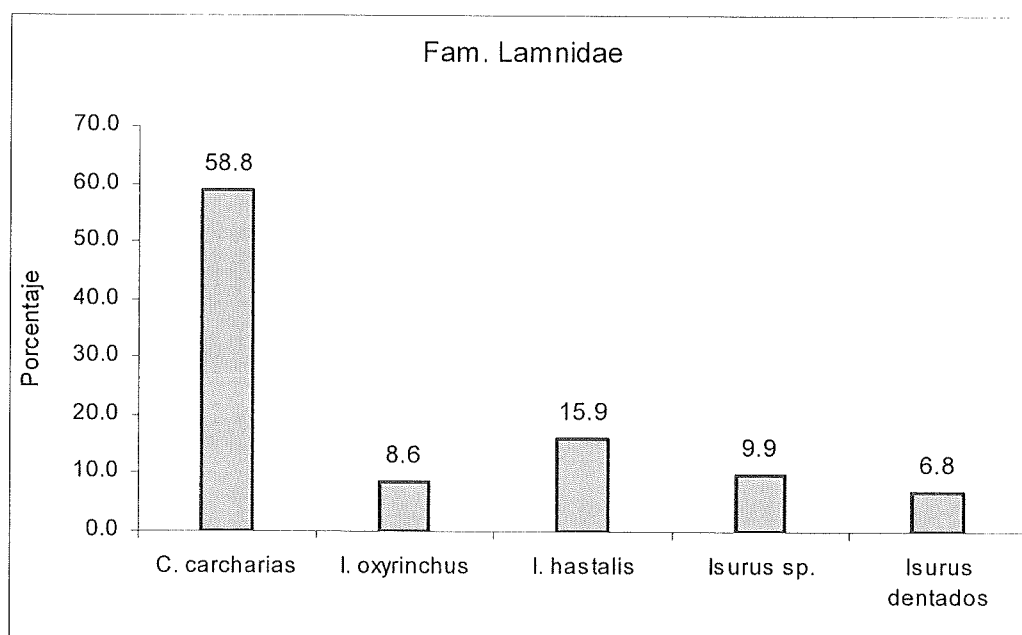


Figura 39.- Número de dientes encontrados de la Familia Lamnidae en la Formación Almejas Inferior en Isla Cedros, B. C., México.

Tabla XIII.- Distribución Geográfica de las Familias de Seláceos Actuales.

Familias	tropical	subtropical	templado
Squalidae			
Squatinidae			
Hexanchidae			
Carcharhinidae			
Sphyrnidae			
Odontaspidae			
Lamnidae			
Otodontidae			

Aspectos tróficos

Gran parte de la dieta que consumen actualmente las especies que tienen relación con los restos de seláceos encontrados en la Formación Almejas Inferior en Isla Cedros, esta conformada principalmente por peces, además moluscos y crustáceos. Las aves, los reptiles, mamíferos marinos y tiburones son grupos consumidos de forma ocasional por pocas especies. En general los seláceos son un grupo generalista y en algunas ocasiones también son oportunistas.

Partiendo de lo anterior se forman tres grupos con los grupos alimenticios principales (Tabla XIV):

1. En este grupo están aquellos seláceos que en su dieta incluyen preferentemente peces oceánicos y calamares, por lo que se puede incluir a prácticamente todos los seláceos que han sido descritos para la

Formación Almejas Inferior en Isla Cedros, principalmente los miembros de la Familia Lamnidae;

2. Dentro de este grupo se mencionan los que en su dieta incluyen peces costeros y crustáceos, como *C. altimus*, *Negaprion* sp. y *Sphyrna* sp., así como también a *C. leucas* que en su dieta también incluye algunos chondrichthyes;
3. El último grupo está conformado por aquellas especies que además de los ítems anteriores también incluyen en sus dietas aves, reptiles y mamíferos marinos, como lo son *C. carcharias*.

La asociación fósil de vertebrados marinos en el Miembro Inferior de la Formación Almejas, es la asociación más diversa de mamíferos marinos conocida en México. Estos son una mezcla tanto organismos que habitan cercanos a la costa, como pelágicos (Barnes 1998). Hernández-Rosado (1995) reporta para la misma Formación además de Mamíferos Marinos, Aves y Peces; la mayoría de estos con una distribución actual tropical-subtropical. Las Familias o especies mencionadas a continuación y reportadas por ellos servirán para describir la relación con los seláceos.

Tabla XIV.- Grupos de organismos consumidos por las especies de seláceos actuales.

	P. costeros	P. oceánicos	moluscos	crustáceos	seláceos	mamíferos	aves	reptiles
<i>Isistius</i>	-	1	1	1	1	1	-	-
<i>Squatina sp.</i>	-	1	1	-	-	-	-	-
<i>Hexanchus sp.</i>	-	1	1	1	1	-	-	-
<i>Notorynchus sp.</i>	-	1	1	1	1	1	-	-
<i>C.limbatus</i>	-	1	1	1	1	-	-	-
<i>C.brachyuurs</i>	1	1	1	-	1	-	-	-
<i>C.altimus</i>	1	-	1	-	-	-	-	-
<i>C.falciformis</i>	1	1	1	-	-	-	-	-
<i>C.leucas</i>	1	-	-	1	1	-	-	-
<i>C.longimanus</i>	1	1	1	-	1	-	-	-
<i>C.obscurus</i>	1	1	-	-	1	-	-	-
<i>Galeocerdo sp.</i>	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Negaprion sp.</i>	1	-	1	1	1	-	-	-
<i>Sphyrna sp.</i>	1	-	1	-	-	-	-	-
<i>Odontaspis sp.</i>	-	1	1	1	-	-	-	-
<i>C. carcharias</i>	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>I. oxyrinchus</i>	1	1	1	-	1	-	-	-
	11	13	15	9	12	4	2	2

El análisis trófico de esta asociación está complementado por el reporte de Hernández-Rosado (1995) y por los mamíferos reportados por Barnes (1998), quienes describen una fauna local compuesta por aves, la cual consiste en Familias como Alcidae, Palaelodidae, Sulidae y Procellariidae, de la ictiofauna se encontraron miembros de las Familias Clupeidae, Salmonidae, Syngnathidae, Cotidae, Anarhichadidae, Polyprionidae, Oplegnathidae, Carangidae, Scombridae, Istiophoridae, Paralichthyidae y Diodontidae, en tanto que la fauna de mamíferos marinos está conformada por miembros de la

Familia Otariidae (*Thalassoleon mexicanus*, *Thalassoleon*, nueva especie, *Dusignathus santacruzensis*, *Aivuku cedrosensis* y ¿*Dusignathinae*?); Fam. Cetotheriidae (aff. *Herpetocetus* sp., aff. *Nannocetus* sp.); Fam. Balaenopteridae (aff. *Plesiocetus* sp., *Balaenoptera* sp., *Burtinopsis* sp., y dos géneros sin identificar de Balaenopterinae uno grande y unos pequeño); Fam. Potoporiidae (*Parapontoporia pacifica*); Fam. Monodontidae (*Denébola brachycephala*); Fam. Albireonidae (*Albireo whistleri*); Fam. Phocoenidae (*Piscolithaz tedfordi*, *P. boreios*); Fam. Delphinidae; Fam. Kogiidae (*Praekogia cedrosensis*); Fam. Physeteridae; y un sirenido perteneciente a la Fam. Dugongidae (*Hydrodamalis*). La presencia de sirenidos, indica un ambiente costero, con extensas praderas de pastos marinos a lo largo de la costa de California y Baja California (Domning, 1978) .De acuerdo a la asociación fósil de la Formación Almejas Inferior en Isla Cedros, se supone una zona de alta productividad primaria debido a la diversidad mamíferos marinos, lo cual relaciona presencia de grandes tiburones como el *C. megalodon* e *I. hastalis*.

Como es sabido, los tiburones son los principales depredadores en los océanos, pero la relación predador-presa no es la única interrelación que mantienen con el resto de los organismos acuáticos, estas se mencionan a continuación:

A. Depredador-presa (Fig.42)

Esta relación es la principal para estos organismos. Su dieta esta conformada por una amplia variedad de organismos, como moluscos, crustáceos, peces, mamíferos marinos, aves y reptiles, así como también en ocasiones restos que es clasificado como basura, como es el caso de *G. cuvier*, que es un organismos generalista.

B. Competencia (Fig. 42)

Existe una relación de competencia entre los tiburones y los Odontocetos, principalmente por peces óseos, así como también de cefalópodos. Heithaus (2001) comenta la competencia que existe entre los tiburones y los delfines, lo cuales además de los ítems antes mencionados, también consumen tiburones pequeños, en tanto que cetáceos mas grandes como la ballena asesina al igual que el tiburón blanco cazan pinnípedos.

C. carcharias, *C. leucas*, *C. obscurus*, *C. longimanus*, *G. cuvier*, *Hexanchus*, *Notorynchus* e *I. oxyrinchus*, son las especies que tienen una relación de competencia con los delfines.

C. Parasitismos

En este caso se menciona particularmente a *Isistius*, el cual es una especie que suele adherirse a otros organismos para alimentarse de ellos, principalmente cetáceos, aunque también de tiburones.

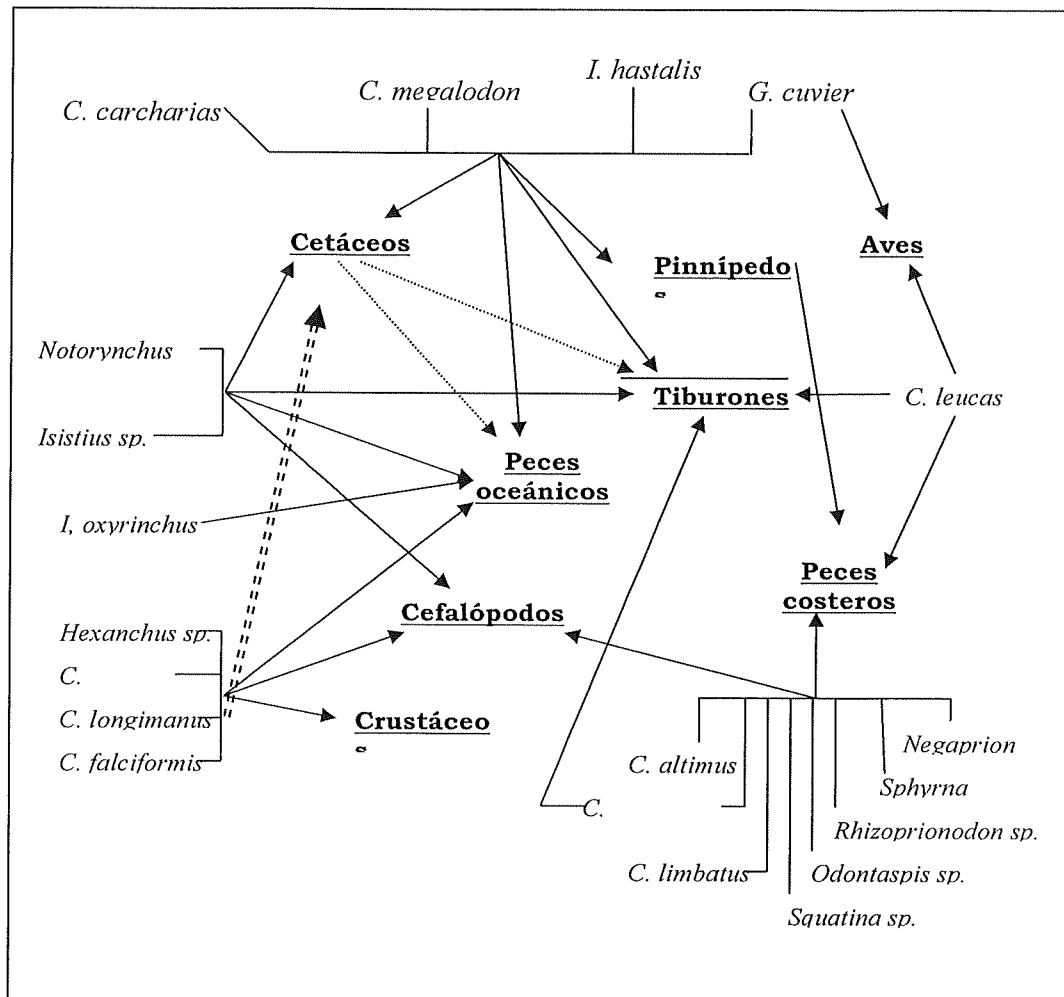


Figura 40.-Cadena trófica de la fauna encontrada en la Formación Almejas Inferior de Isla Cedros, B. C., México. → Relación depredador-presa Predación por mamíferos marinos ==> Ocasional.

Como se describe en la figura 40, los organismos de mayor talla a excepción de *G. cuvier*, son los generalistas, aunque organismos como *Notorynchus sp.*, *Hexanchus sp.*, *C. obscurus*, *C. longinamus* y *C. falciformis*, son organismos oportunistas, teniendo en común como parte de su dieta a los mamíferos marinos, los cuales según los restos fósiles reportados por Barnes

(1998) fueron abundantes. La relación del resto de los seláceos encontrados en la Formación Almejas Inferior en Isla Cedros, tiene relación con la ictiofauna fósil encontrada.

Basándonos en que el principio del Uniformismo, podemos suponer que el tipo de relaciones que actualmente existe entre los seláceos y el resto de los organismos marinos es similar a como ocurrió en el pasado, por lo tanto la presencia de Cetáceos y Pinnípedos explica la presencia de los Lamnidos.

Jordan (1925) en su descripción de la fauna del Sur de California, en depósitos de Lompoc, los cuales considera que pertenecen al Mioceno Tardío, encuentra restos de organismos pertenecientes a Heterodontidae, Lamnidae, Clupeidae, Engraulidae, Derhiidae, Forficidae+, Gadidae, Hippoglossidae, Cybiidae, Ephinephelidae, Sparidae, Scianidae, Embiotocidae, Hexagrammidae, Scorpaenidae; y menciona que la especie mas abundante es *Isurus hastalis*, no solamente en este deposito, sino además en depósitos del Mioceno y Plioceno de California.

Radwański (1965) reporta una asociación cosmopolita conformada por especies que esta ampliamente distribuida en depósitos del Mioceno como, *Notidanus primigenius*, *Odontaspis cautísima*, *O. cuspidata*, *Oxyrhina hastalis*, *O. desori*, *Cacharodon megalodon*, *Galeocерdo aduncus*, *Hemipristris serra*, *Myliobatis*, *Aetobatis arcuatus*. Para Edad Mioceno-Plioceno, Sánchez, (1920) mencionan a *Isurus minutus*, *I. hastalis*, *Lamna cuspidata*, *Carcharodon sp.*,

Lamna sp., *C. megalodon*, *C. auriculatus*, *C. lanciformis*, *Carcharodon sp.*, *Lamna elegans*, *L. contortidens*, *I. desorii*, *Isurus sp.*, *Galeocerdo contortus* y *Hemipristis serra*, *Carcharias cautísima*, *Carcharhinus spp.*, *Galeocerdo aduncus*, *Heterodontus*, *Squatina* y *Squalus*. De acuerdo con lo mencionado anteriormente y a lo reportado en la Tabla I, se coincide en que la mayoría de estas especies son cosmopolitas. Además de una abundancia de especies de Isuridos durante el Mioceno.

En formaciones pertenecientes al Mioceno (Tabla X y XI) se ha encontrado restos de *Squatina*, *Notidanus*, *Rhiconodon*, *Carcharhinus antiquus*, *Carcharhinus cf. C. brachyurus*, *C. albimarginatus*, *Negaprion brevirostris*, *Galeocerdo cuvier*, *G. aduncus cf G. contortus*, *Hemipristis serra*, *Sphyrna*, *Odontaspis*, *Carcharodon sp.*, *C. carcharias*, *Carcharocles rectus*, *C. chubutensis*, *C. megalodon*, *Isurus hastalis*, *I. desorii*, *I. sillimani*, *I. minutus*, *I. oxyrinchus*, *Otodus*, *Carcharias*, *Raja*, *Myliobatis*, *Aetobatus* (Hertlein & Jordan, 1927; Eastman G. R. 1904; Mitchell & Lipps, 1964; Kilmer & Purdy, 1984; Alván *et al.*, 2006; Sahni & Mehrotra, 1981; Longbottom, 1979; Gillette, 1984; Mitchell, 1965). Para California específicamente se encuentran restos de *Carcharodon*, los cuales presentan dentículos laterales los que indica que estos restos se depositaron depuse del Mioceno Temprano.

Por lo que se puede deducir en los dos párrafos anteriores los Isuridos fueron un género que tuvo una radiación durante el Mioceno, pero pocas especies sobrevivieron a esto, debido quizá a la disminución de los mamíferos

marinos, quedando en la actualidad solamente dos *I. oxyrinchus* e *I. paucus*, las cuales son especies que en su dieta consumen preferentemente peces oceánicos.

Durante el Mioceno los organismos pertenecientes al género *Isurus* tuvieron una radiación importante, incluyendo formas que se especializaron en mamíferos marinos, así como en peces y pequeños invertebrados, otros dos grupos que se radiaron durante esta Época fueron *Carcharodon* y *Parotodus*, esto tiene relación con un periodo de gran abundancia de cetáceos durante el Mioceno Tardío (Espinosa-Arrubarrena, 1987).

Apolín *et al.* (2006) reporta para el Mioceno Tardío en Perú, fauna selácea, siendo que el género *Carcharhinus* es representado abundantemente por *Carcharhinus sp. aff. C. leucas* y más escasamente por *Carcharhinus cf. brachyurus*, otras de las especies reportadas son *Carcharocles megalodon*, *Hemipristis serra*, *C. falciformis*, *Galeocerdo aduncus*, *Negaprion sp.*, *Ginglymostoma sp.*, *Sphyrna lewini* y *S. zygaena*. Estos coincide con seis de las especies encontradas en la Formación Almejas Inferior, principalmente con las pertenecientes a la Familia *Carcharhinidae*, la cual se observa una abundancia durante cierta etapa de esta Época (Tabla VI)

La fauna descrita para el Mioceno Superior de Japón por Yabe & Hirayama (1998) muestra una gran similitud con la fauna selácea reportado para Isla Cedros (Tabla I), ellos reportan a *Carcharhinus spp.*, *I. hastalis*, *I.*

oxyrinchus como fauna dominante, mientras que *Carcharias sp.*, *C. megalodon* y *S. zygaena* como especies comunes (Tabla IV), aunque para la fauna de Isla Cedros la especie dominante parece ser *C. carcharias*, además de las especies que ellos mencionan, lo que confirma nuevamente abundancia de los Isuridos durante esta Época.

Durante el Mioceno-Plioceno *Negaprion brevirostris* es una especie conocida desde Baja California hasta Chile, lo que nos da un ejemplo sobre las distribuciones geográficas de tiburones del Neógeno (Apolín *et al.*, 2006), pero Compagno (2002) reporta a esta especie en ambientes tropicales. La presencia de esta especie solo confirma la migración que esta presenta durante los meses de verano, ya que las especies predominantes en la Formación Almejas Inferior, actualmente tienen preferencia por mares templados-subtropicales.

C. megalodon, es considerada una especie con preferencia a aguas templadas, pero también se tiene un registro fósil de esta especie en el Neógeno de Venezuela. La presencia de esta especie en paleoambientes tropicales podría ser reflejo de la capacidad de esta especie para migrar siguiendo a su presa (Aguilera & Rodrigues-De Aguilera, 2004; Gottfried, *et al.*, 1996).

Aguilera & Rodrigues-De Aguilera (2004) comenta que la presencia de *I. xiphodon* en la Formación de Cubagua en Venezuela, es probablemente por las

surgencias costeras. Esta confirma la presencia de esta especie durante el Mioceno Superior-Plioceno Inferior.

De acuerdo con las características ambientales en las que actualmente se encuentran las especies que existieron durante Mioceno Tardío, podemos inferir que era un ambiente costero, poco profundo, en la que quizá algunas especies la ocupaban como áreas de crianza, aunque también podría ser un área con influencia más oceánica, ya que varias especies tienen preferencia por ambientes pelágico-epipelágico.

Los fósiles de *Carcharhinus* son comunes en la Fauna del Neógeno en depósitos costeros marinos tropicales en todo el mundo, (Burris, 2003), pero debido a las características tan similares que se observan en los dientes de las especies pertenecientes a este género, se hace difícil una identificación. Garrick (1982) reconoce cuatro especies pares, en donde los miembros de cada par tienen características dentales virtualmente idénticas, además de características zoogeográficas. Naylor & Marcus (1994) retoma el trabajo de Garrick tomando en cuenta el registro fósil. Basándonos en esto y en las características que se tomaron para determinar las especies de *Carcharhinus* se coincide con los grupos formados en base a un análisis sobre la geometría de los dientes (Comm. pers. Aranda-Manteca 2008).

En la fauna que reporta Espinosa-Arrubarrena (1979) y Espinosa-Arrubarrena & Applegate (1981) de Edad Plioceno se observan coincidencias

con la fauna encontrada en la Formación Almejas Inferior, en lo que se refiere a dos Familias: Carcharhinidae y Lamnidae. Sobre los miembros del género *Carcharhinus* reportados, *C. obscurus* es la especie mas común en la paleofauna del Rancho Algodones y que actualmente esta especie se encuentra a lo largo de la Península de Baja California, esta especie se reporta como posible para *Carcharhinus* sp. 3, en donde estas los dientes con cúspides más anchas. La presencia de organismos de la Familia Lamnidae, la explica con la ocurrencia de varios cetáceos para las especies de *Carcharodon*, mientras que para *I. oxyrinchus* lo asocia a grandes teleósteos.

Musick *et al.*, (2004) comenta que la distribución zoogeográfica de las especies de *Carcharhinus* podría basarse en el tamaño de su cuerpo, poniendo a *C. brachyurus* y *C. limbatus*, *C. altimus*, *C. falciformis*, *C. obscurus*, *C. leucas* como especies grandes,

Por lo anterior podemos inferir que el ambiente era un ambiente templado o era una zona de transición entre zonas biogeográficas, en el cual posiblemente por el cambio en la temperatura del agua, especies que habitaban aguas calidas, se movían a aguas mas templadas.

Tafonomía

La Tanatocenosis reporta en la Tabla I, no representa la biocenosis

(Fernández-López, 2000), total de Isla Cedros durante el Mioceno Tardío, esto debido a los procesos de destrucción físicos, biológicos y/o químicos, lo que no permite tener un registro completo. De la fauna encontrada (Tabla I), cabe mencionar que a excepción de los Isuridos dentados, *I. hastalis* y *C. megalodon*, el resto de las especies sigue teniendo presencia en la zona actualmente. Pero comparándolo con lo que actualmente está reportado para la zona costera de la Península de Baja California, la cual está habitada por especies como: *Hexanchus griseus*, *Notorynchus cepedianus*, *Squalus acanthias*, *Squatina californica*, *Heterodontus mexicanus*, *Heterodontus francisci*, *Isurus oxyrinchus*, *Carcharodon carcharias*, *Alopias vulpinus*, *Cetorhinus maximus*, *Cephaloscyllium ventriosum*, *Triakis semifasciata*, *Galeorhinus galeus*, *Galeocerdo cuvier*, *Prionace glauca*, *Rhizoprionodon longurio*, *Negaprion fronto*, *Carcharhinus altimus*, *C. albimarginatus*, *C. brachyurus*, *C. falciformis*, *C. leucas*, *C. limbatus*, *C. obscurus*, *Sphyrna lewini*, *S. mokarran*, *S. zygaena*, *Mustelus lunulatus*, *Squatina californica* (Applegate et al., 1979; Galván-Magaña, et al., 1989), se observa una diferencia entre la tafocenosis y la biocenosis, debido a que lo que vivió y fue enterrado en el área de Isla Cedros durante el Mioceno Tardío, no es igual a lo encontrado actualmente, posiblemente a causa de procesos tafonómicos.

Como es conocido la dentición heterodonta que tienen los tiburones es poliphyodonta (Fig.4), es decir despojan del diente viejo y lo remplazan con uno nuevo durante toda su vida (Welton & Farsih, 1993), esto más la pérdida de

dientes durante el proceso de alimentación (Aranda-Manteca, 2001; González-Barba, 2003), son las causas de que los dientes de tiburones son tan comunes en el registro fósil. Lo anterior causa un gran sesgo cuando se pretende hacer un estimado de la población de tiburones que habitaron una determinada área, por esto es importante conocer el número de dientes que conforman las mandíbulas de la especie de tiburón que se está manejando, así como el tipo de heterodoncia que presenta, para la formación de las series mandibulares.

Más de la mitad de los fósiles colectados en Isla Cedros corresponden a la mandíbula superior y casi una cuarta parte de la muestra a la inferior (Tabla III), el resto no fue posible asignar una posición principalmente por que estos solo son fracciones del diente (Fig. 36). La proporción de dientes superiores en inferiores de todos los restos de seláceos colectados es de 2:1.

Las condiciones del medio cuando los organismos lo habitaron y mientras sus restos fueron transportados, enterrados y quizá retrabajados, afectan a los fósiles. Así como lo menciona Irmis & Elliott (2006) que el intemperismo físico o químico puede afectar la tasa de abrasión de los dientes permitiendo aumentar la abrasión en el lugar o durante el transporte, por otro lado Shipman (1981) determina que la preservación de la pieza está en función del potencial de preservación, el cual depende del tamaño, la forma y las características físicas.

El 25 % de los dientes colectados estaban en buena condición por lo que fueron clasificados como completos, 50% esta fraccionada, principalmente en la raíz, menos del 25% se clasificaron como fragmentos; coincidiendo con lo mencionado anteriormente sobre el transporte que sufrieron los dientes.

Del total de dientes fraccionados, el 4% lo están de la cúspide, de acuerdo con lo que mencionan Aranda-Manteca (2001) y González-Barba (2003) , esto es debido principalmente por procesos alimentarios, ya que en ellos la raíz esta completamente desarrollada y el diente en general no presenta ningún otro daño. Esto principalmente se observo en dientes de *Carcharhinus*.

Aranda-Manteca & Sánchez-Gutiérrez (1997) describen la secuencia estratigráfica en un conglomerado basal y varias capas de areniscas (en estas últimas es donde se encontraron no solo los dientes sino también fósiles de moluscos, pectínidos y huesos de vertebrados) que presentan variaciones de color que alternan de café rojizo-amarillo a gris-verde-blanco, lo que indica la presencia de óxidos e hidróxidos de hierro.

La coloración que presentaron los dientes varia entre rojizos y rojizos amarillo, gris, rosado, verdoso, además de dientes que al parecer su coloración es blanquecina, pero al observar con más detalle estos dientes, se puede ver marcas de lo que pueden ser organismos. Los dientes rojizos y rojizos amarillo se marcan como dos categorías debido a que los primeros si se observa claramente un solo color (Fig. 41).

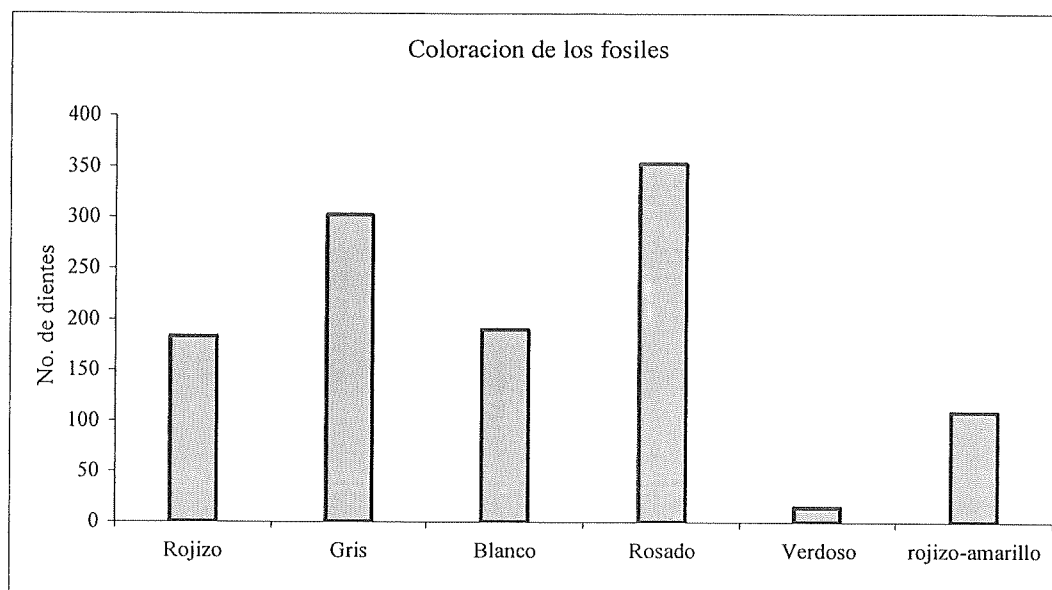


Figura 41. – Coloración que presentaron los dientes fósiles.

Además de la abrasión, la bioerosión es otro factor que causa un daño tafonómico significativo antes del enterramiento. Los endobiontes remueven el material pre-, peri-, y post-mortem, causando un debilitamiento del material, acelerando la tasa de abrasión (Irmis & Elliott, 2006).

El 16% del material presenta marcas de organismos, de este total poco más del 50% esta fraccionada, lo que concuerda con lo anteriormente mencionado.

La proporción de los dientes varían al hablar de algún género en específico, como lo es para el género *Carcharhinus* en donde la proporción aumenta a 4:1 (Tabla III), aunque hay que hacer notar que de los cuatro grupos

de Carcharhinidos, en tres se identificaron solamente dientes pertenecientes a la mandíbula superior y en el último grupo se colocaron dientes pertenecientes a la mandíbula inferior y superior (Fig. 42).

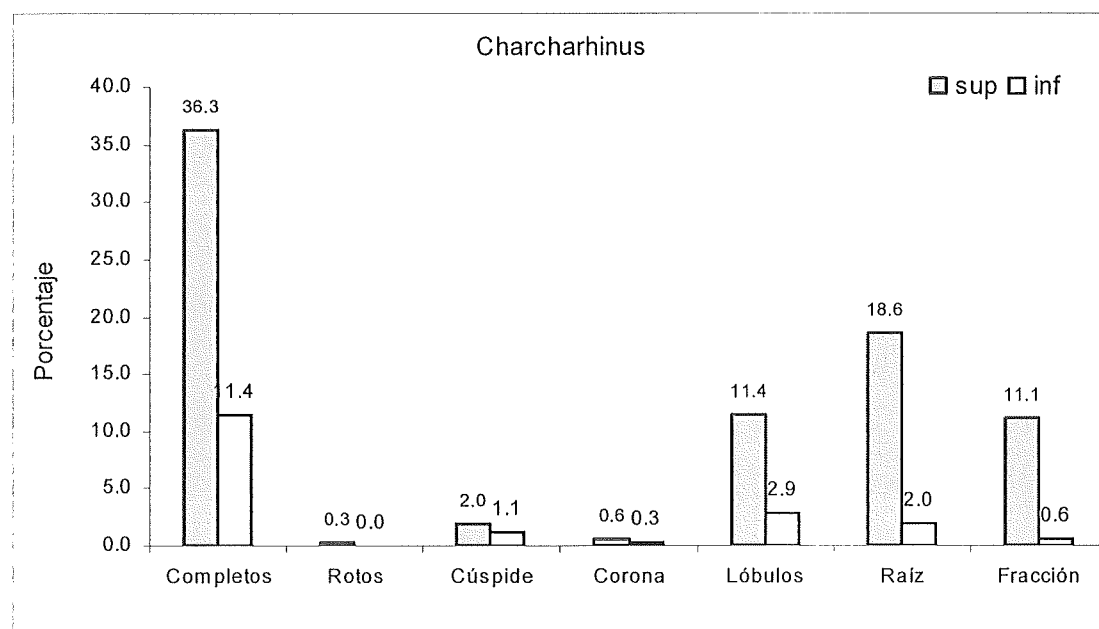


Figura 42.- Número de dientes superiores e inferiores del género *Carcharhinus* que presentan abrasión.

El que los dientes posea un tamaño pequeño significa que estos pueden ser transportados dentro del ambiente sedimentario y debido a la forma plana estos permanecen en el ambiente hasta enterrarse (Kallaste & Nemliher, 2005). Los dientes inferiores de la Familia Carcharhinidae son pequeños lo que podría explicar la ausencia de estos en los restos, mientras que los superiores son un poco más grandes además de ser planos. Coincidiendo con Aranda-Manteca (2001) quien reporta para La Misión, Baja California, una proporción de 2:1

entre los dientes superiores e inferiores, comentando que debido a que los dientes superiores de Carcharhinidos son de mayor tamaño y aplanados, estos no son removidos por el flujo laminar, por lo que permanecen en el sedimento, en tanto que los inferiores por más pequeños y alargados, si pueden ser removidos y transportados o destruidos. Lo que se encontró en el material colectado en Isla Cedros es el doble de superiores que los que reporta Aranda-Manteca (2001), quien además comenta que los dientes superiores se pierden en mayor número que los inferiores mientras que los tiburones se están alimentando.

La mandíbula de los organismos que pertenecen al género *Carcharhinus* en promedio consta de 33/33 dientes, pero la dificultad de diferenciar los dientes anteriores de los laterales, complica la formación de series mandibulares para este género. Pese al intento de diferenciar la posición de los dientes para la formación de series, esto no pudo realizarse por la falta de información que describa cuantos dientes anteriores, laterales y posteriores contiene una mandíbula de *Carcharhinus*, por lo no es posible la formación de series mandibulares.

De los dientes clasificados como completos, el 67% pertenecen a la Familia Carcharhinidae, siendo así que debido a la forma y tamaño debieron haber resistido más a el daño por el transporte o de igual manera la mejor preservación de estos pudo deberse a que estos se desprendieron de la

mandíbula cuando el tiburón se encontraba en o cerca de la zona ya fuese por que esta era una área de crianza o bien por que ahí se alimentaban.

La relación de dientes superiores e inferiores del género *Isurus* es de 2:1 (Tabla III), por lo tanto se puede suponer que los dientes fueron transportados. Cabe mencionar que el 25% de los dientes de este género no fue posible asignarlo a una posición en la mandíbula, por lo tanto la proporción, no es completamente acertada.

Los dientes de este género se ven más modificados por el transporte, ya que los dientes al ser más grandes, si pudieran haber sido afectados por un flujo turbulento, causando con ello, mayor desgaste de alguna de sus partes, como por ejemplo la raíz, en tanto que los inferiores al ser más elongados, no son afectados (Fig. 43).

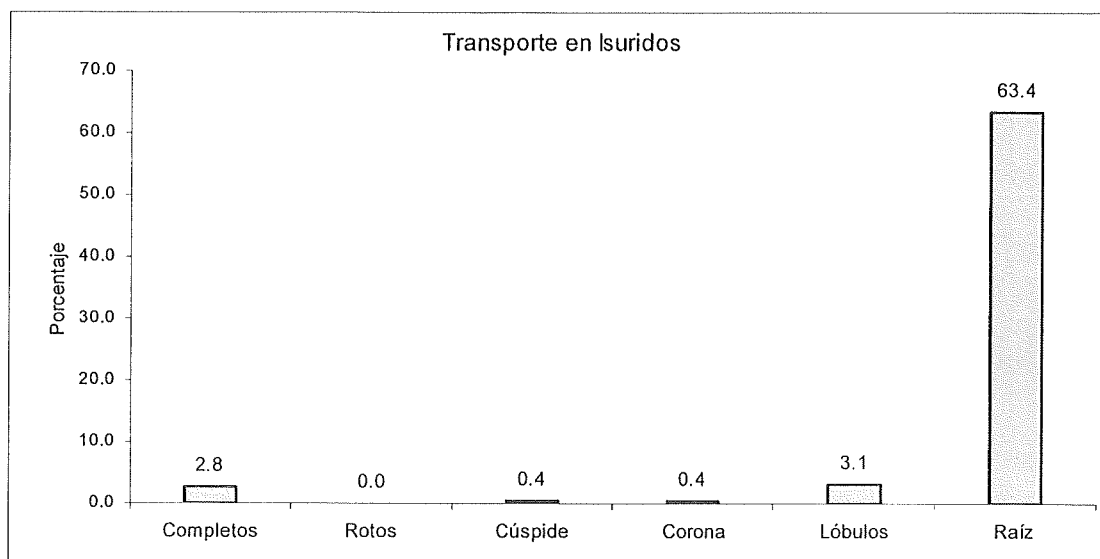


Figura 43.- Número de dientes de Isuridos completos (completos y rotos), fraccionados y fragmentados colectados en la Formación Almejas Inferior en Isla Cedros, B. C., México.

Solo al 11% de los dientes colectados de *C. megalodon* es posible asignarle una posición en la mandíbula, de los cuales solamente dos están completos, en tanto que cinco están rotos.

Los dientes tanto de *C. megalodon* como de *Isurus*, al ser de mayor tamaño y por su forma triangular, son mas fáciles de ser afectados por el transporte (Fig. 44).

Sobre el número probable de organismos de cada especie que posiblemente habitaron el área, solo se puede inferir sobre *Carcharodon*, debido a que se cuenta con dientes de todas las posiciones.

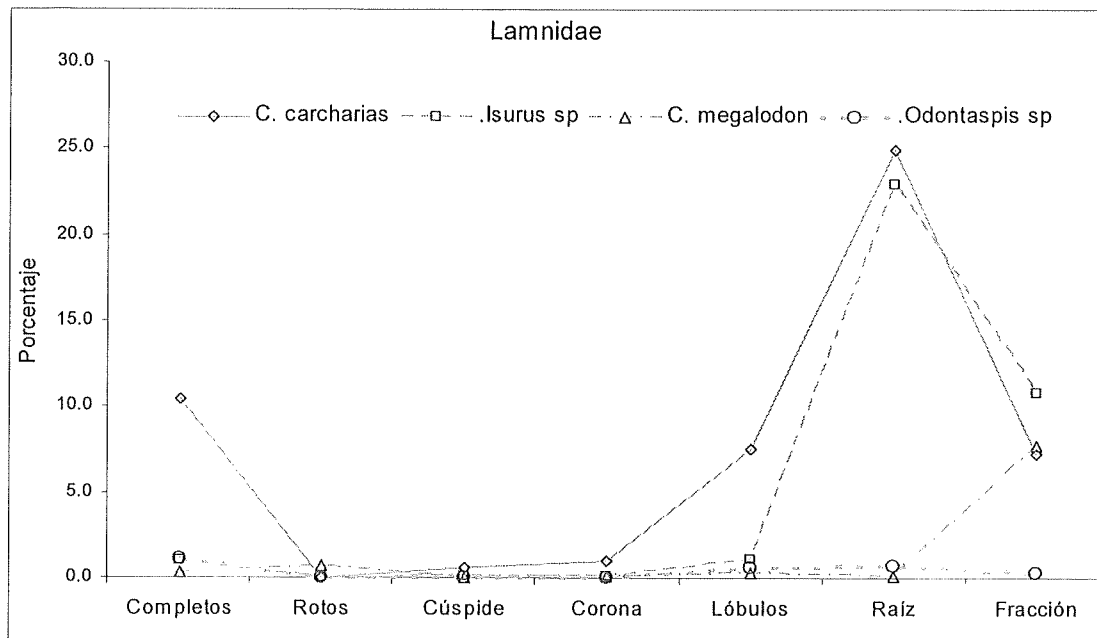


Figura 44.- Número de dientes de la Familia Lamnidae completos, rotos, fraccionados y fragmentados colectados en la Formación Almejas Inferior en Isla Cedros, B. C., México.

Actualmente la mandíbula de *C. carcharias* esta conformada por A2 I1 L5 P4 / a3 I5 p4. Se formaron parcialmente cinco series mandibulares con los dientes de *C. carcharias* (Fig. 45) y un morfotipo el cual esta conformado por 24 dientes entre los que se pueden observar dientes con pequeñas cúspides laterales, lo que indica que estos pertenecieron a organismo juveniles y dientes sin cúspides laterales, los cuales pertenecen a organismos adultos. La formación de los series mandibulares se baso en principalmente en el número de dientes intermedios encontrados, por lo que podemos inferir que en la zona por lo menos habitaban 3 organismos pertenecientes a *C. aff carcharias*.



Figura 45.- Serie mandibular parcialmente formado por 10 dientes superiores derechos de *C. aff. carcharias*.

El mayor número de fragmentos pertenece a la Familia Lamnidae, pero si lo observamos de acuerdo a la cantidad de dientes pertenecientes a cada género resaltan la Familia Hexanchidae y Otodontidae, las cuales más del 80% de cada una son fragmentos, en el caso de los Hexanchidos la mayoría solo se colectaron las cúspides accesorios.

El caso de la Familia Hexanchidae, resalta debido a que se colectó solamente un diente superior, el cual fue clasificado como perteneciente a una hembra del género *Notorynchus*, el resto de los dientes pertenecientes a esta Familia son de la mandíbula inferior. A pesar de lo dañados que se encontraron los dientes de esta Familia y a la ausencia de dientes superiores podemos sugerir, que estos organismos pudieron ocupar el área para crianza o para alimentación de juveniles.

Aunque por las condiciones en la que encuentran los restos de la Familia Hexanchidae, no se puede hacer uso del número mínimo de individuos,

podemos afirmar que por lo menos se tiene la presencia de una hembra; sobre el Género *Hexanchus* solo podemos decir que de acuerdo a Adnet (2006) los restos que se colectaron pertenecen a organismos juveniles.

Podemos considerar que la población de Hexanchidos en el área de Isla cedros esta formada por organismos juveniles, de acuerdo con lo mencionado por Adnet (2006) quien comenta que estos organismos tienen una heterodoncia ontogénica presentando menor número de cúspides accesorios cuando estos son organismos juveniles, el mayor número de cúspides accesorios que tienen los dientes colectados es 10, lo que se puede considerar aun como juvenil.

Del resto de las especies debido las condiciones en las que se encuentra el material y lo escaso de este, no se puede formar ninguna serie. Hay que hacer notar que el una de las razones del por que se colectaron tan pocos dientes posteriores de todas las especies, puede deberse al efecto de colecta, ya que estos por su tamaño son mas difíciles de ver. Cabe mencionar que la ausencia de dientes superiores del género *Isistius* es debido posiblemente a que presentan una pobre mineralización, provocando una selección destructiva durante la diagénesis (Cappetta 1987).

Posiblemente las capas rojas que se encuentran en la Formación Almejas Inferior, pueden estar formadas por hematina (Fe_2O_3), la cual pudo haberse formado debido a la alta productividad de la zona (como actualmente sucede); la oxidación del hierro inicia con la liberación del H^+ , precipitación de

CaCO₃, la cual puede ser inhibida durante periodos de depositación de Fe (Maynard, 1983). La alta productividad se puede corroborar con la diversidad de fósiles que se encuentran en la Formación.

Mitchell & Lipps (1964), mencionan que durante el Mioceno probablemente la erupciones volcánicas fueron muy numerosas y los que sucedió en la Isla San Clemente fue que las rocas fueron depositas en aguas profundas, por lo que se puede apreciar los organismos pelágicos que la habitaban, como mamíferos marinos, peces, tiburones y plankton.

La presencia o abundancia de alguno de los Géneros que se encontraron en la Formación nos dan información sobre el ambiente. El mayor número de dientes colectados pertenecen a la Familia Lamnidae, lo que nos habla de un ambiente templado, esto por lo menos al inicio del Mioceno Tardío (Tabla VI).

Distribución estratigráfica

Por presentar el mayor número de resto fósiles (más del 50%), la Unidad-1 se analizara con mayor detalle.

La posible causa de que en esta unidad se colectaran tantos dientes, puede ser a que exista un retrabajamiento con las capas superiores de la Formación Tortugas.

En esta unidad se colectó el mayor número de dientes, pertenecientes a *C. carcharias*, lo que confirma que el ambiente era templado, aunque también se observa la presencia de Isuridos y Hexanchidos, por lo tanto el ambiente sería subtropical-templado.

Como ya se menciona *Isistius* se considera una especie extraña, ya que el resto de la fauna de seláceos prefiere ambientes templados y subtropicales, por lo que la presencia de esta especie, podría ser debida a que esta llegó como parásito de un mamífero marino o de otro tiburón. Aranda-Manteca (2001) para la fauna de seláceos de la Misión (Mioceno Medio), reporta restos de *Isistius*, por lo que la presencia de esta en sedimentos del Mioceno Tardío podría ser debido a un retrabajamiento del material.

Del total los dientes colectados en la Unidad 1 el 53% del total de los dientes están dañados en la raíz y el 28% son fragmentos. Como se observa en la Fig. 12, la Unidad 1 está conformada principalmente por conglomerado, lo que ocasiona una mayor abrasión en los dientes, principalmente en los de mayor tamaño, que pertenecen al Orden Lamniformes.

En la Unidad 12 se tiene la mayor cantidad de fósiles de Carcharhiniformes y una disminución de Lamniformes lo que nos indica que a partir de este punto la temperatura del ambiente cambió, volviéndose más cálida. Los *Carcharhinidos* son organismos que relacionados principalmente

con ambientes tropicales-subtropicales (a excepción de *C. brachyurus*, que prefiere ambientes templados).

Del total de dientes completos que se colectaron el 24% fue en la Unidad 12, los cuales en su mayor parte pertenecen a los Carcharhiniformes, los que debido a su forma y tamaño, no son fácilmente transportados.

Long (1993) define la edad de las localidades de Ecuador, basándose en la abundancia y la ausencia de dos especies, para la Localidad Bahía Inglesa debido a la ausencia de *I. hastalis* y la abundancia de *C. carcharias* la confirma como perteneciente a Edad Plioceno, mientras que Localidad Rincón es de Edad Mioceno por la abundancia del primero y la ausencia del segundo.

Si tomamos en cuenta lo anterior la Edad de la Formación Almejas Inferior es Mioceno Tardío-Plioceno Temprano, ya que se tiene abundancia de *C. carcharias aff.* y presencia de *I. hastalis*, en la Unidad uno y que por la posición que tiene podríamos pensar que la presencia de estas dos especies es debido a un retrabajamiento con el material de la Formación Inferior, pero se tiene la presencia de *I. hastalis* aunque escasa, en las unidades superiores de la Formación. Diversos autores (Tabla III) reportan la presencia de *C. carcharias* para Formaciones de Edad Mioceno, por lo tanto la presencia o ausencia de estas especies no es indicador para determinar la Edad geológica.

CONCLUSIONES

Las condiciones paleoecológicas de las que se desarrollaron los seláceos en la Formación Almejas Inferior en Isla Cedros son:

- Durante el Mioceno Tardío en Isla Cedros, de acuerdo con el Uniformismo Taxonómico, la mayoría de las especies de seláceos habitan un ambiente subtropical a templado. Confirmado con la abundancia de *C. aff. carcharias*
- La presencia de restos juveniles de Hexanchidos y las Squatinas, hacen suponer un ambiente de depósito de plataforma. La presencia de *C. aff. carcharias* y los abundantes restos de lobos marinos, sugiere un ambiente insular con una plataforma angosta.

En la Formación Almejas Inferior en Isla Cedros se encontraron 8 Familias, 13 géneros y 19 especies. Siendo la Familia Lamnidae la más abundante y la especie más abundante es *C. aff. carcharias*.

Las especies del género *Carcharhinus* sugieren la influencia de aguas subtropicales.

De acuerdo al Uniformismo Taxonómico los seláceos encontrados en la Formación Almejas Inferior, son principalmente piscívoros, La relación

interespecífica de los seláceos con el resto de la biocenosis fue principalmente la Depredación. La competencia ocurrió con algunos cetáceos, como los Delphinoideos. Se reconoce una posible relación de parasitismo de *Isistius* a cetáceos.

La alta productividad de seláceos implica una alta productividad en la zona, reconocida por la amplia diversidad de peces y mamíferos marinos.

BIBLIOGRAFIA

- * Adnet S. 2006. Biometric analysis of the teeth of fossil and recent hexanchid sharks and its taxonomic implications. *Acta Paleontol. Pol.* 51 (3): 477-488.
- * Aguilera, O. & Rodrigues-De Aguilera, D. 2004. Giant-toothed white sharks and wide-toothed mako (Lamnidae) from the Venezuela neogene: their role in the caribbean, shallow-water fish assemblage. *Caribbean Journal of Science*, Vol. 40, No. 3, 368-382.
- * Aidan- Martin, R. 2004. Northerly distribution of white sharks, *Carcharodon carcharias*, in the Eastern Pacific and Relation to ENSO Events. *Marine Fisheries Review*. 66 (1), pp 17-25.
- * Ainley, D. G., C. S. Strong, H. R. Huber, T. J. Lewis & S. H. Morrell. 1981. Predation by sharks on pinnipeds at the farallon island. *Fishery Bulletin*: Vol. 78. No. 4. pp. 941-945.
- * Alter, S. A. 2001. Origin of the modern great white shark. <http://www.megalodonteeth.com>
- * Alván, A., J. Apolín & C. Chacaltana. 2006. Los dientes de seláceos (Condrichthyies) y su aplicación estratigráfica en las lomas de ullujaya (Ica, Perú). XII Congreso Peruano de Geología Resúmenes Extendidos. Sociedad Geológica del Perú. pp. 595-598.

-
-
- * Ames, J. A. & G. V. Morejohn. 1980. Evidence of white shark, *Carcharodon carcharias*, attacks on the sea otters, *Enhydra lutris*. Calif. Fish and Game 66 (4): 196-209.
 - * Apolin, J., G. González & J. N. Matrones. 2006. Seláceos del mioceno superior de quebrada pajaritos (Piura, Perú). XII Congreso Peruano de Geología Resúmenes Extendidos. Sociedad Geológica del Perú. pp.401-404.
 - * Applegate, S. P. & L. Espinosa-Arrubarrena. 1996. The Fossil history of carcharodon and its possible ancestor, *cretolamna*: a study in tooth identification. . En Klimley, A. P. & D. G. Ainley. 1996. Great White Sharks, the Biology of *Carcharodon carcharias*. Academic Press. U.S.A.
 - * Applegate, S. P. 1965. Tooth terminology and variation in sharks with special referente to the sand shark, *Carcharias taurus* Rafinesque. Contributions in Science.
 - * Applegate, S. P., L. Espinosa-Arrubarrena., L. B. Menchaca., F. Sotelo. 1979. Tiburones Mexicanos. Subsecretaria de Educación e Investigación Tecnológica. Dirección General de Ciencia y Tecnología del Mar. Secretaria de Educación Pública. México.
 - * Aranda-Manteca, F. J. & Sánchez-Gutiérrez, S. J. 1997. Sedimentología del miembro de la formación almejas en isla cedros, baja california,

méxico. Memorias de la IV Reunión Internacional sobre Geología de la Baja California.

- * Aranda-Manteca, F. J. 1994. Vertebrados marinos fósiles de la misión, baja california, México. . Universidad Autónoma de Baja California. Facultad de Ciencias Marinas. Tesis de Maestro en Ciencias.
- * Aranda-Manteca, F. J. 2001. Análisis paleoecológicos y paleoambiental de la asociación de vertebrados marinos fósiles de la misión, baja california, México. Universidad Autónoma de Baja California, Facultad de Ciencias Marinas, Instituto de Investigaciones Oceanológicas. Tesis de Doctor en Ciencias.
- * Aranda-Manteca, F. J. y S. J. Snachéz-Gutierrez. 1997. Sedimentología del Miembro Inferior de la Formación Almejas en Isla Cedros, Baja California, México. Memorias de la IV Reunion Internacional sobre la geología de la península de Baja California.
- * Atwater, T. & J. Stock. 1988. Pacific-North America Plate Tectonics of the Neogene Southwestern United States – An Update. International Geological Review, V. 40, p. 375-402.
- * Barnes, L. G. 1973. *Praekogia Cedrosensis*, A new genus and species of fossil pygmy sperm whale from isla cedros, baja california, México. Contributions in Science. Natural History Museum – Los Angeles County. Numero 247. June 30.

-
-
- * Barnes, L. G. 1984. Fósil odontocetes (Mammalia: Cetacea) from the almejas formation, isla cedros, méxico. Paleobios. Museum of Paleontology. University of California, Barkeley. Num.42. July 23.
 - * Barnes, L. G. 1998. Avances en investigación. Paleontología de Vertebrados. Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra. UAEH. Publicación Especial 1.
 - * Begon, M. J. C. Harper y C. R. Townsend. 1997. Ecología: Individuos, Poblaciones y Comunidades. Ed. Oxford, ed. 2ª. USA. Pp.1068.
 - * Bigelow, H. B., W. C. Schroeder. 1948. Fishes of the western north atlantic. Part one. Lancelets, Cyclostomes and Sharks. Sears Foundation for Marine Research. 576 pp.
 - * Bourdon, De Jong & Duran. 2008. Sharktooth Hill. Middle Miocene fauna from California. <http://elasma.com-elasma.com>: Paleo/fauna: Sharktooth Hill.
 - * Bourdon, J. 2002. Topics in Great White Ancestry. Introduction. <http://elasma.com-elasma.com>: Great White Lineage.
 - * Burris, J. H. 2003. An isolated tooth of the genus Carcharhinus (Carcharhiniformes: Carcharhinidae) from the chance gulch archaeological site in west-central Colorado. Department of Geological Sciences. Michigan State University.
 - * Cappetta, H. 1987. Chondrichthyes II. Mesozoic y Cenozoic Elasmobranchii. Montpellie, Francia

-
- * Carroll, R. L. 1988. Vertebrate Paleontology and Evolution. Ed. W. H. Freeman and Company. USA. pp. 62-83.
 - * Castro, J. I., 1983. The Sharks of North American Waters. Texas A & M University Press. USA.
 - * Castro-Aguirre, J. L., A. Antuna-Mendiola., A. F. González-Acosta & J. De la Cruz-Agüero. 2003. Primer registro del tiburón cañabota *Hexanchus griseus* (Bonnaterre, 1788) (Chondrichthyes: Selachimorpha) en la Costa Occidental de B.C.S. México. *Oceánides* Vol. 18(1): 39-41
 - * Castro-Aguirre, J. L., H. Espinoza-Pérez & L. Huidobro. 2006. Dos nuevas especies del género *Squatina* (Chondrichthyes: Squatinidae) del Golfo de México. *Rev. Biol. Trop.* 54 (3): 1031-1040.
 - * Cavanagh, R. D., P.M. Kyne, S. L. Fowler, J. A. Musick & M. B. Bennett. (Eds). 2003. The conservation status of australasian chondrichthyans. Report of the IUCN Shark Specialist Group Australia and Oceania Regional Red List Workshop. Queensland, Australia.
 - * Colbert, E. H., M. Morales & E. C. Minkoff. 2001. Colbert's Evolution of the Vertebrates: A History of the Backbones Animals Through time. Fifth Edition. Ed. Wiley-Liss. USA. pp 53-58.
 - * Compagno, L. J. V. 1984. Sharks of the world. An annotated and illustrated catalogue of sharks species known to date. Vol. 4. Part. 1: Hexanchiformes to Lamniformes. FAO. Rome.

-
- * Compagno, L. J. V. 1990 Alternative life-history styles of cartilaginous fishes in time and space. *Environmental Biology of Fishes* 28:33-75.
 - * Compagno, L. J. V. 2002. *Sharks of the World. An Annotated and illustrated catalogue of shark species known to date. Volume 2. Bullhead, Mackerel And Carpet arks (Heterodontiformes, Lamniformes And Orectolobiformes).* FAO Species Catalogue for Fishery Purposes No. 1, Vol. 2 FIR/Cat.1/2.
 - * Cortes, E. & S. H. Gruber. 1990. Diet, feeding habits and estimates of daily ration of young lemon sharks, *Negaprion brevirostris* (Poey). *Copeia* (1), pp. 204-218.
 - * Dodd, J.R. y J. Stanton. 1990. *Paleoecology. Concepts and Applications. Second Edition.* John Wiley & Sons. New York. pp. 502.
 - * Domning, D. P. 1978. *Sirenian evolution in the north pacific ocean.* University of California Publications in Geological Sciences. Volume 118. University of California Press. USA.
 - * Eastman G. R. 1904. *Pisces, in the miocene deposits of maryland.* Maryland Geological Survey. Baltimore, Hopkins Press. p: 71-93.
 - * Ebert, D. A. 1986. biological aspects of the sixgill shark, *Hexanchus griseus*. *Copeia* (1), 131-135.
 - * Ebert, D. A. 1989. Life history of the sevengill sharks, *Notorynchus cepedianus* Peron, in two Northern California Bays. *Calif. Fish and Game* 75 (2): 102-112.

-
- * Espinosa-Arrubarrena, L. & S. P. Applegate. 1981. Selacifauna pliocenica de baja california sur, méxico y sus problemas de correlación regional. Anais. II Congresso Latino-Americano Paleontologia, Porto Slegre. 668-681 p.
 - * Espinosa-Arrubarrena, L. 1979. Los tiburones fósiles (Lamniformes) del rancho algodones, baja california sur, méxico. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Ciencias. Tesis para obtener el Título de Biólogo.
 - * Espinosa-Arrubarrena, L. 1987. Neogene species of the genus *Isurus* (Elasmobranchii, Lamnidae) in southern california, usa. and baja california sur, méxico. Master of Science Thesis. California State University, U.S.A. 153 pp.
 - * Fernández-López, S. R. 2000. Temas de Tafonomía. Departamento de Paleontología, Universidad Complutense de Madrid. 167 páginas.
 - * Galván-Magaña, F., H. J. Nienhuis, & A. P. Klimley. 1989. Seasonal abundance and feeding habits of sharks of the lower Gulf of California, México. Calif. Fish and Game 75 (2): 74-84.
 - * Garrick, J. A. F. & S. Springer. 1964. *Isistius plutodus*, a new squaloid shark from the gulf of mexico. Copeia. No.4. pp. 678-682.
 - * Garrick, J. A. F. 1982. Sharks of the genus *Carcharhinus*. NOAA Technical Report NMFS Circular 445

-
- * Gillette, D. D. 1984. A marine ichthyofauna from the miocene of panama, and the tertiary caribbean faunal province. *Journal of Vertebrate Paleontology* 4 (2): 172-186.
 - * González-Barba, G. 1990. Descripción de la fauna selácea del mioceno medio del miembro los indios de la formación playa rosarito, b. c. méxico. Universidad Autónoma de Baja California. Facultad de Ciencias Marinas. Tesis de Licenciatura en Oceanografía.
 - * González-Barba, G. 2003. Descripción de asociaciones faunísticas de elasmobranquios fósiles del eoceno superior (Priaboniano) de las formaciones tepetate y bateque de baja california sur, méxico. Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. Tesis de Maestro en Ciencias.
 - * Gottfried, M. D., L. J. V. Compagno & S. C. Bowman. 1996. size and skeletal anatomy of the giant "megatooth" shark *Carcharodon megalodon*. En Klimley, A. P. & D. G. Ainley. 1996. Great White Sharks, the Biology of *Carcharodon carcharias*. Academic Press. USA.
 - * Grace, M. 2001. Field guide to réquiem sharks (Elasmobranchiomorphi: Carcharhinidae) of the western north atlantic. A Scientific Paper of the Fishery Bulletin, NOAA Technical Report NMFS 153.

-
- * Heithaus, M. R. 2001. Predator-prey and competitive interactions between sharks (Orden Selachii) and dolphins (suborden Odontoceti): a review. *J. Zool. Lond.* 253, 53-68.
 - * Hernández-Rosado, A. E. 1995. Interpretación paleoecológica de la asociación de vertebrados fósiles reportada para la formación almejas inferior (Mioceno Tardío) en isla cedros, baja california, méxico. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Marinas, Universidad Autónoma de Baja California. Ensenada, Baja California, México.
 - * Hertlein L. G. & E. K. Jordan. 1927. Paleontology of the miocene of lower california. *California Academy Of Sciences. Fourth Series. Vol. XVI, No. 19*, pp. 605-647, plates 17-21.
 - * <http://www.answer.com/topic/hexanchiformes>.
 - * <http://www.elasmo.com/>.
 - * INEGI. 1997. Carta-Minera Isla Cedros, H11-12 Baja California, Esc. 1:250,000. 2^a ed. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Servicio Geológico Mexicano. México. <http://www.sgm.gob.mx/>.
 - * Irmis, R. B. & D. K. Elliott. 2006. Taphonomy of a middle pennsylvanian marine vertebrate assemblage and an actualistic model for marine abrasión of Teeth. *Palaios. V. 21*, p, 466-479.

-
- * Jordan, D. S. 1925. The fossil fishes of the miocene of southern california. Stanford University Publications. University Series. Biological Sciences Vol. IV. No. 1.
 - * Kallaste T. & Nemliher J. 2005 Apatite varieties in extant and fossil vertebrate mineralized tissues. Journal of Applied Crystallography 38, 587–594.
 - * Kilmer, F. H. 1979. A Geological Sketch of Cedros Island, Baja California, México, p.11-28. In: P.L. Abbott and R.G. Gastil (eds.), Baja California Geology, Field Guides and papers, Department of Geological Sciences, San Diego State University.
 - * Kilmer. F. H. 1984. Geology of cedros island baja california méxico. Deparmet of Geology Humboldt State University Arcata, California.
 - * Kimmel P. G. & R. Purdy. 1984. Fossil fish of the calvert and eastover formations. in L.W. Ward and Kathleen Krafft, eds., Stratigraphy and paleontology of the outcropping Tertiary beds in the Pamunkey River region, central Virginia Costal Plain – Guidebook for Atlantic Coastal Plain Geological Association 1984 field trip: Atlantic Coastal Plain Geological Association.
 - * Klimley, A. P. 1994. The predatory behavior of the white shark. American Scientist, Vol. 82, pp. 122-133.

-
-
- * Laurito M. C. A. 1996. El género *Isistius* (Squalidae) en el alto guayacán formación uscari (mioceno superior-plioceno inferior), provincia de limón, costa rica. *Rev. Geol. Amér. Central* 19/20: 87-92.
 - * Leriche, M. 1908. Observation sur les Squales néogènes de la Californie. *Annales de la Société Géologique du Nord*. 37, pp. 302-306.
 - * Long, D. J. 1993. Late miocene and early fish assemblages from the north central coast of chile. *Tertiary Research*. 14 (3). pp. 117-126.
 - * Longbottom, A. E. 1979. Miocene sharks' teeth from ecuador. *Bull. Br. Mus. nat. Hist. (Geol.)* 32 (1): 57-70.
 - * Lucifora, L. O., R. C. Menni & A. H. Escalante. 2005. Reproduction and seasonal occurrence of the copper sharks, *Carcharhinus brachyurus*, from north patagonia, argentina. *ICES Journal of Marine Science*, 62: 107-115.
 - * Lyell, C. 1830. *Principles of Geology*. Edit John Murray, London. 456 p.
 - * Martin, R. E. 1999. *Taphonomy a Process Approach*. Cambridge University Press. United Kingdom. P. 507.
 - * Mitchell, E. 1965. History of research at sharktooth hill, kern country, california. Special Publication of the Kern Country Historical Society and the Country of Kern trough its Museum.
 - * Mitchell, Jr. E. D. & J. H. Lipps. 1964. Fossil Collecting on San Clemente Island.

-
- * Musick, J. A., M. M. Harbin & L. J. V. Compagno. 2004. Biology of sharks and their relatives. 2 Historical Zoogeography of the Selachii.
 - * Naylor, G. J. P. & L. F. Marcus. 1994. Identifying isolated shark teeth of the genus *Carcharhinus* to species: Relevance for tracking phyletic change through the fossil record. American Museum of Natural History. Num.3109, 53 pp.
 - * Nieves-Rivera, A. M., M. Ruiz-Yantin & M. D. Gottfried. 2003. New record of the Lamnid sharks *Carcharodon megalodon* from the middle miocene of puerto rico. Caribbean journal of Science, Vol. 39, No. 2, 223-227.
 - * Purdy W. P. 1990. A key to the common genera of neogene shark teeth. National Museum of History, Washington D. C.
 - * Purdy, R. W., V. P. Schneider, S. P. Applegate., J. H. McLellan, R. L. Meyer & B. H. Slaughter. 2001. The neogene Sharks, Rays and Body Fishes from Lee Creek mine, Aurora, North Carolina. Smithsonian Contributions to Paleobiology. No. 90. pag. 70-202.
 - * Radwański, A. 1965. A contribution to the knowledge of miocene elasmobranchii from pińców (Poland). Acta Paleontológica Polonica. Vol. X. No. 2 pp. 267-274.
 - * Rupp, J. H. 2001. A Natural history of the sixgrill shark, *Hexanchus griseus*. Extended Abstract. Puget Sound Research.

-
-
- * Sahni, A. & Mehrotra D. K. 1981. The elasmobranch fauna of coastal miocene sediments of peninsular india. Biol. Mem., Vertebrate Palaeontology Series-2. 5 (2): 83-121.
 - * Sánchez-Roig, M. 1920. Escuálidos del mioceno y plioceno de la habana. Boletín de Minas de la Secretaría de Agricultura, Comercio y Trabajo. Habana. Num. 6.
 - * Schaeffer, B. y M. Williams. 1977. Relationships of Fossil and Living Elasmobranchs. AMER. Zool., 17: 293-302.
 - * Shipman, P. 1981. Life History of a Fossil: An Introduction to Taphonomy and Paleoecology. Harvard University Press. USA. pp.222.
 - * Shirai, S. 1992. Phylogenetic relationships of the angel sharks, with comments on elasmobranch phylogeny (Chondrichthyes, Squatinidae). Copeia (2), pp. 505-518.
 - * Snelson, Jr. F.F., Mulligan T. J. & Williams S. E. 1984. Food habits, occurrence and population structure of the bull shark, *Carcharhinus leucas*, in Florida coastal lagoons. Bulletin of Marine Science, 34 (1): 71-80.
 - * Stock, J. M., & K. V. Hodges. 1989. Pre-Pliocene extension around the Gulf of California and the transfer of Baja California to the Pacific Plate. Tectonic, vol. 81 (1): 99-115
 - * Strasburg, D. W. 1963. The diet and dentition of *Isistius brasiliensis*, with remarks on tooth replacement in other sharks. Copeia (1), pp. 33-40.

-
-
- * Téllez, D. M. A. 1983. Paleoecología de una comunidad bentónica del pleistoceno superior de bahía San Quintín, Baja California. Universidad Autónoma de Baja California, Escuela Superior de Ciencias Marinas. Tesis para obtener el título de Oceanólogo
 - * Tinker, S. W. & C. J. DeLuca. 1976. Sharks & Rays. A Handbook Of The Sharks And Rays Of Hawaii And The Central Pacific Ocean. Charles E. Tuttle Company, Inc. of Rutland, Vermont & Tokyo, Japan. Japan.
 - * Welton, B. J. & R. F. Farish. 1993. The Collector's Guide Fossil Sharks and Rays from the Cretaceous of Texas. Ed. Horton Printing. Texas, USA.
 - * Wood II, H., R. Chaney, J. Clark., E. Colbert., G. Jepsen., J. Reeside & C. Stock. 1941. Nomenclature and correlation of the North America continental Tertiary. Bull. Geol. Soc. Am. 52: 1-48.
 - * Yabe, H. & R. Hiayama. 1998. Selachian fauna from the upper Miocene Senhata formation, Boso Peninsula, central Japan. Nat. Hist. Res., Special Issue No. 5: 33-61.

ANEXO

Aspectos Tróficos

Sobre la dieta que actualmente consumen las especies de seláceos que están relacionados con los restos fósiles encontrados en la Formación Almejas Inferior en Isla Cedros se menciona lo siguiente:

Ames & Morejohn (1980) comentan que existen registro de ataques de *C. carcharias* a mamíferos marinos principalmente a nutrias marinas en California desde los años 50's, aunque se han encontrado en estómagos de tiburones blancos restos de *Phoca vitulina* así como otros pinnípedos. En las islas Farallón también han sido reportados ataques a pinnípedos (Ainley, *et al.*, 1981). En tanto que Aidan-Martin (2004) reporta a *Orcinus orca*, *Oncorhynchus nereis*, *Hippoglossus stenolepis* y al menos dos especies de Pinnípedos *Eumetopias jubatus* y *Phoca vitulina richardii* como parte de la dieta de *C. carcharias*. Compagno (2002) menciona que las presas pueden ser peces tanto grandes como pequeños, así como demersales o pelágicos, entre los que reporta son pertenecientes a Familias como Acipenseridae, Clupeidae, Salmonidae, Ariidae, Gadidae, Merluccidae, Scorpaenidae, Sphyrnidae, Pomatomidae, Stromateidae, Pomadasysidae, Scianidae, Carangidae, Sparidae, Scombridae, Xiphidae y Molidae. Sobre los elasmobranquios incluye Lamnidae, Odontaspidae, Scyliorhinidae, Triakidae, Carcharhinidae, Sphyrnidae, Squalidae, Rajidae, Dasyatidae y Myliobatidae. Las tortugas marinas ocasionalmente también forman parte de su dieta. Las aves marinas como Phalacrocoracidae, Sulidae, Pelicanidae, Laridae, Procellariidae, Spheniscidae.

Entre las Familias de mamíferos marinos podemos encontrar a Phocoenidae, Otariidae y Delphinidae. Cuando los individuos pertenecientes a esta especie son inmaduros, tienden a preferir presas como peces y otros organismos pequeños (calamares, gasterópodos, cangrejos, etc.), mientras que los organismos adultos (>300cm de largo) prefieren mamíferos marinos (Espinosa-Arrubarrena, 1987).

I. oxyrinchus se alimenta de peces tanto pelágicos como demersales como miembros de la Anguillidae, Zoarcidae, Engraulidae, Clupeidae, Haemulidae, Alepisauridae, Belonidae, Scomberesocidae, Merluccidae, Scianidae, Mugilidae, Carangidae, Serranidae, Sparidae, Trichiuridae, Scombridae, Centrolophidae, Scorpaenidae, Triglidae, Syngnathidae, Tetraodontidae, Diodontidae, Ostraciidae y Pomatomidae. De los Elasmobranchios que son presa de esta especie miembros de Carcharhinidae, Sphyrnidae y Myliobatidae. También incluye cefalópodos y aunque rara vez reportado mamíferos marinos (Compagno, 2002).

O. ferox es una especie que se alimenta de peces pequeños, calamares y camarones (Compagno, 2002).

C. limbatus principalmente se alimenta de una gran variedad de peces y ocasionalmente crustáceos y cefalópodos, aunque en su dieta se ha encontrado que también consumen otros peces cartilaginosos, entre los peces que se han encontrado están algunos pertenecientes a la Familia Clupeidae, Engraulidae,

Cynoglossidae, Carangidae, Mugilidae, Serranidae y Centropomidae (Compagno, 1984; Tinker & DeLuca, 1976). La dieta de *C. brachyurus* incluye una variedad de peces entre los que se encuentran miembros de las familias Clupeidae, Ariidae, Mugilidae, Carangidae, Triglidae, merluzas, esqualos y rayas, así como también moluscos como el calamar y la sepia (Compagno, 1984). Actualmente estas dos especies las cuales ubicamos dentro de la especie *Carcharhinus sp. 1* tienen como en común como parte de su dieta peces que pertenecen a las Familias Clupeidae, Carangidae, Ariidae, Mugilidae y Sparidae, así como algunos elasmobranquios.

Compagno (1984) menciona que en la dieta de *C. altimus* encontramos peces óseos pertenecientes a las Familias Synodontidae, Scianidae, Ogcocephalidae, así como también peces cartilaginosos como los Squalidos, o los peces gata y rayas, también se menciona entre su dieta a moluscos como la sepia. Mientras que para *C. falciformis* principalmente se alimenta de peces tanto pelágicos como costeros, entre los que encontramos Ariidae, Mugilidae, Scombridae, y Diodontidae, así como también de calamares y nautilus, así como crustáceos pelágicos. Como podemos ver estas especies no tienen una dieta similar, debido principalmente a que una es una especie oceánica y la otra costera.

Compagno (1984) describe a *C. leucas* como un tiburón oportunista el cual tiene un amplio espectro en su dieta, cuando jóvenes prefieren peces y ya de adultos su principal presa son los elasmobranquios. Snelson *et al.*, (1984)

encontró en estómagos de *C. leucas* organismos crustáceos como *Callinectes* sp., *Panaeus* sp. y otros crustáceos no identificados, así como también peces entre los que se hallaron *Archosargus probatocephalus*, Ariidae, *Brevoortia*, Carangidae, *Cynoscion*, *Elops saurus*, *Lagodon rhomboides*, *Mugil*, *Ophichthus* sp., *Opsanus tau*, *Synodus foetens*, *Trinectes maculatus* y restos no identificados, de igual manera se encontraron restos de *Dasyatis* sp. y *C. leucas*.

C. longimanus su dieta es principalmente de peces oceánicos y cefalópodos: de los peces que forman parte de su dieta podemos encontrar a miembros de las Familias Alepisauridae, Regalecidae, Carangidae, Sphyrnaeidae, Coryphaenidae, Scombridae, Clupeidae e Istiophoridae y ocasionalmente de la única raya pelágica (*Dasyatis violacea*), además de aves, tortugas, gasterópodos y mamíferos marinos (Compagno, 1984).

En el caso de *C. obscurus* este se alimenta de peces de arrecife, de fondo y pelágicos, entre los que podemos encontrar son algunos miembros de las Familias Clupeidae, Engraulidae, Anguillidae, Ophididae, Belonidae, Mugilidae, Sphyrnaeidae, Mullidae, Serranidae, Sparidae, Haemulidae Paralicthyidae Platycephalidae y Triglidae, así como algunos peces cartilaginosos, como *Mustelus*, *Squalus* y Carcharhinidos (Compagno, 1984).

De las tres especies anteriores, a pesar de que ellas tienen una gran diversidad en su alimentación, principalmente *C. leucas*, tienen en común

algunos ítems, entre los q están organismos pertenecientes a las siguientes Familias: Sphyraenidae, Carangidae, Scombridae, Clupeidae, Engraulidae, Synodontidae, Belonidae, Mugilidae y Sparidae.

El tiburón tigre (*G. cuvier*) es quizá el menos especializado en cuanto al alimento que ingiere, entre las cosas que come se puede encontrar animales marinos como peces óseos y cartilaginosos, tortugas marinas, iguanas, aves marinas, mamíferos marinos como el león marino, pinnípedos, marsopas, delfines, invertebrados marinos (moluscos y crustáceos), así como también basura marina (Compagno, 1984; Tinker y DeLuca. 1976).

Cortés & Gruber (1990) reportan seis categorías en la dieta de *N. brevirostris*, siendo los peces óseos el principal alimento seguido de crustáceos, elasmobranquios, moluscos, angiospermas; se encontraron 17 familias de peces óseos siendo las más frecuentes Lutjanidae, Sparidae, Hemiramphidae, Carangidae, Ophichthidae y Batrachoididae; Penaeidae fue el mayor componente del grupo de los crustáceos, mientras que de los moluscos consistió únicamente del cefalópodo *Octopus sp.* Organismos jóvenes de esta especie prefieren crustáceos y peces, mientras que en los adultos encontraron restos de *Urolophus jamaicensis* y *Dasyatis americana*. Compagno (1984) reporta que se alimenta de Ariidae, Mugilidae, Carangidae, Scianidae, Diodontidae y Rajiformes y ocasionalmente de aves marinas.

Los miembros de la Familia Sphyrnidae prefieren peces neríticos y cefalópodos mesopelágicos como: *Aetobatus narinari*, *Strongylura exilis* (Belonidae), *Scomber japonicus*, *Euthynnus lineatus* y *Mullidae* así como también restos de cefalópodos como *Histioteuthis heteropsis*, *Onychoteuthis banksi*, *Cranchiidae sp.* *Octopus sp.* *Vampyroteuthis infernales* y *Histioteuthis heteropsis* (Galván-Magaña, et al., 1989)

La dieta de *N. cepedianus* (Perón, 1807) como depredador tope en ecosistemas de California, incluye una amplia variedad de peces óseos y crustáceos que no pudieron ser identificados ya que la mayoría fue parcialmente digerido, así como también peces cartilagosos, mamíferos marinos y moluscos. Las especies más comunes que fueron encontradas en los estómagos analizados fueron *Mustelus henlei*, *Myliobatis californica* y para organismos mayores a 280 cm. se encontró *Phoca vitulia* (Linnaeus, 1758) y restos de mamíferos marinos; otras especies también reportadas son *Raja binoculata*, delfines, restos de humanos y *Atherinopsis californiensis* (Ebert, 1986, 1989).

H. griseus se alimenta de una gran variedad de organismos marinos, incluyendo otros tiburones, rayas y quimeras, muchos tipos de peces incluyendo el Dorado, Marlin y también calamares, crustáceos (Compagno, 1984; Tinker & DeLuca. 1976.)

S. californica se alimenta tanto de peces de fondo como epipelágicos, como lenguados, curvinas y calamares (Compagno, 1984).

Isistius es una especie tropical, que ha sido encontrada cerca de la costa así como también a cientos de miles de metros de esta. Esta especie se alimenta principalmente de calamares, pero también ha sido reportado crustáceos y peces (Strasburg, 1963), igualmente se puede alimentar ectoparasitariamente de grandes peces óseos, tiburones y cetáceos, lo que podría ser la causa de la presencia de un diente de este género en la zona (Laurito, 1996).