

**VERTEBRATE PALEOECOLOGY OF THE LATE
PLIOCENE ARROYO SALADA LOCAL FAUNA,
BAJA CALIFORNIA SUR, MEXICO**

**PALEOECOLOGIA DE VERTEBRADOS DE LA FAUNA LOCAL DEL
ARROYO SALADA DEL PLEISTOCENO TARDIO,
BAJA CALIFORNIA SUR, MEXICO**

James R. Ashby
Dept. of Earth and Space Sciences
UCLA
Los Angeles, Ca. 90024

Ashby, James R. Vertebrate Paleocology of the Late Pliocene Arroyo Salada Local Fauna, Baja California Sur, México. Paleocología de vertebrados de la fauna local del Arroyo Salada del Plioceno tardío, Baja California Sur, México. *Ciencias Marinas*; 13(3): 23-30, 1987.

ABSTRACT

Ambigüites have arisen regarding the age of the Salada Formation at its type locality in Arroyo Salada, Baja California Sur, México. Fossil vertebrates, although mentioned by previous workers have either been lost or destroyed by various misfortune. A new collection has been made and described herein, to record a small vertebrate fauna present in the type section. Surprisingly precise age and paleoenvironmental determinations can be made on this relatively small fauna consisting of ten sharks, one bony fish, and one ray. It is now apparent that the Salada Formation, in its type section is late Pliocene in age and represents a slightly offshore marine environment adjacent to a brackish water environment, like Magdalena Bay today.

RESUMEN

Ambigüedades han surgido acerca de la edad de la Formación Salada en su localidad tipo en Arroyo Salada, Baja California Sur, México. Fósiles vertebrados, aunque mencionados por científicos anteriores se perdieron o fueron destruidos debido a una serie de circunstancias adversas. Una nueva colecta se hizo y se describe este trabajo a fin de registrar una pequeña fauna de vertebrados presentes en la sección tipo. Sorprendentemente, la edad precisa y las determinaciones paleoambientales se pueden determinar en esta fauna relativamente pequeña que consiste de diez tiburones, un pez huesudo y una raya. Está claro ahora que la Formación Salada, en su sección tipo, pertenece al Plioceno tardío y representa un ambiente marino ligeramente mar adentro adyacente a un ambiente de agua solubre, como en la Bahía Magdalena hoy.

INTRODUCTION

Marine rocks of the Pliocene Salada Formation occur in many places throughout the southern portion of Baja California, particularly along edges of the Magdalena Plain on the Pacific coast of the Península. Heim (1922) named the Salada Formation for marine sediments which form a "...low and unfolded plateau, which extends from La Salada Ranch as far as Arroyo Colorado, Lat.

INTRODUCCION

Las rocas marinas del Plioceno de la Formación Salada se presentan en muchos sitios a lo largo de la porción sur de Baja California, particularmente a lo largo de los márgenes de la Planicie Magdalena en la costa del Pacífico de la Península. Heim (1922) nombró Formación Salada a sedimentos marinos que forman "una planicie baja y no plegada, que se extiende desde el Rancho La

24°15'N a distance of 45km, where it extends still farther southeast for an unknown distance". The type section was described by Heim (1922) to be a sequence of marine sediments exposed in Arroyo Salada, 1 400 meters northeast of the La Salada ranch house (Figure 1). When the type locality was visited in March of 1984, the ranch house was seen to be long deserted and badly weathered, but still recognizable. The stratigraphic column in Figure 2 is reproduced from Heim's original paper (1922, p.544, Fig. 5). Vertebrate fossils were collected from unit 2 in Figure 2. This study represents the first description of vertebrate fossils from the type section of the Salada Formation. These fossils are here deemed the Arroyo Salada Local Fauna.

Salada hasta el Arroyo Colorado, Lat 24°15'N, una distancia de 45km, en donde se extiende hacia el sureste hasta una distancia desconocida". La sección tipo fue descrita por Heim (1922) como una secuencia de sedimentos marinos expuestos en el Arroyo Salada, 1400 metros al noroeste de la casa del Rancho La Salada (Figura 1). Cuando la localidad tipo fue visitada en marzo de 1984, la casa del rancho aparentaba estar desocupada y descuidada, pero continuaba reconocible. La columna estratigráfica de la Figura 2 es reproducida del trabajo original de Heim (1922, p.544, Fig. 5). Se colectaron fósiles de vertebrados de la unidad 2 en la Figura 2. Este estudio es la primera descripción de fósiles de vertebrados de la sección tipo de la formación Salada.

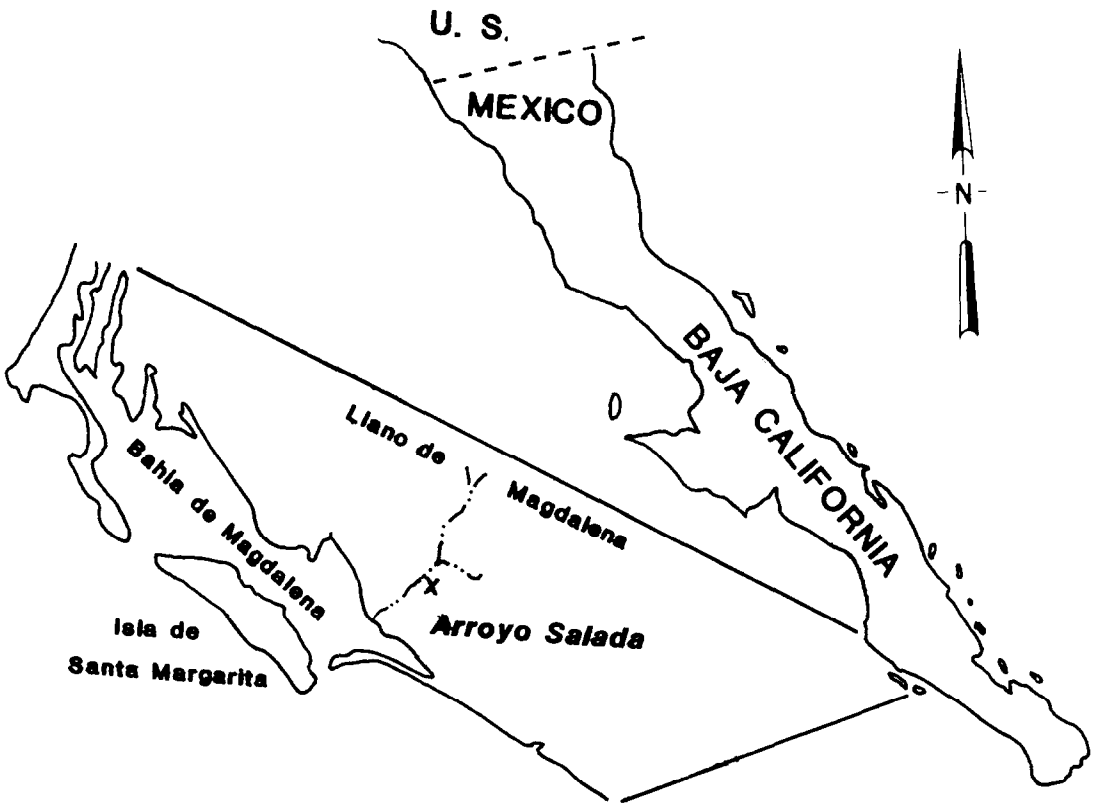


Figure 1. Localization of the study area.

Figura 1. Localización del área de estudio.

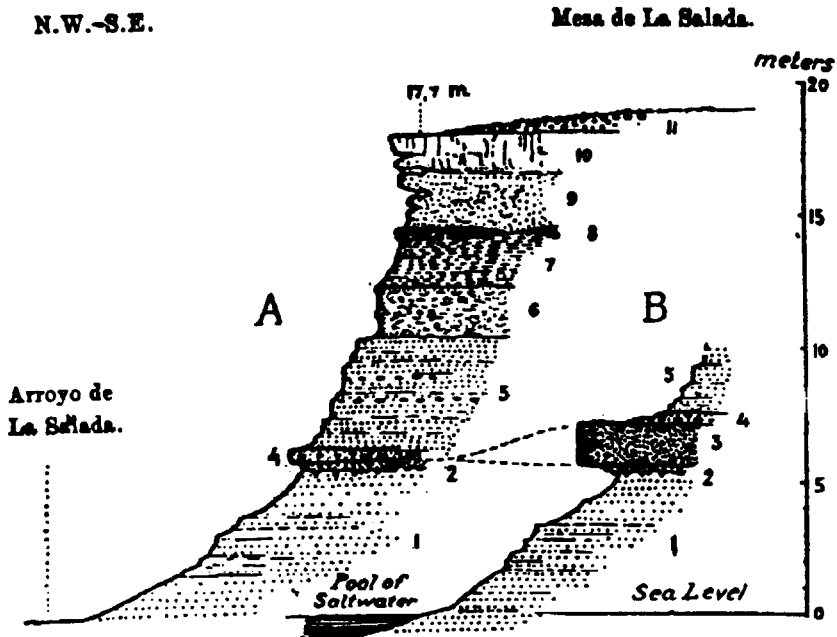


Figure 2. Modified from Heim (1922, p. 544, Fig. 5). The type Salada Formation of Rancho La Salada. A. Section 1 400m NE of abandoned ranch house. B. Section 1 000m NE of abandoned ranch house. 1. Greenish, poorly indurated sandstone, salty, apparently without fossils; abrupt contact toward 2. 0.3m gravelly sand, containing basalt pebbles and many poorly preserved mollusks; *Balanus*, *Turritella*, *Chione*, *Chrysodomus*, *Calliostoma*, *Oliva*, *Conus*, *Tellina*, *Bryozoa* and shark teeth, (Bed examined in this study). 3 .1 to 2m bank of well indurated sandstone with gastropods and bivalves. 4. 0.5m greenish gravelly-sand gradational with 5. 4 .1m of poorly indurated sandstone, gray to violet on weathered surface, greenish to bluish on fresh surfaces, containing pebbles of green shale. 6. 1.9m yellow gravelly sand with abundant mollusks, also *Balanus*, and bryozoans. 7. 1.8m fine grained green sandstone without shells. 8. 0 to 0.25m of cobbly to pebbly basaltic conglomerate that is encrusted with lime. 9. 2.0m grey concretary sandstone with abundant mollusk fragments including *Pecten*; gradational with 10. 1.5m chalky, brecciated limestone without shells. 11. Pleistocene Mesa conglomerate, consisting chiefly of basaltic clasts.

Figura 2. Modificado por Heim (1922, p. 544, Fig. 5). La localidad tipo de la Formación Salada del Rancho La Salada. Sección A. 1 400m NE de la casa de rancho abandonada. Sección B. 1 000m NE de la casa de rancho abandonada. 1. Arenisca pobremente endurecida, halina, aparentemente sin fósiles, de color verdoso; contacto abrupto hacia 2. 0.3m de arena gravosa, con contenido de clastos basálticos y bastantes moluscos pobremente preservados; *Balanus*, *Turritella*, *Chione*, *Chrysodomus*, *Calliostoma*, *Oliva*, *Conus*, *Tellina*, *Bryozoa* y dientes de tiburón, (yacimiento examinado en este estudio). 3. 1 a 2m de arenisca de banco bien endurecida con gastrópodos y bivalvos. 4. 0.5m arena gravosa verdosa gradada con 5. 4. 1m de arenisca pobremente endurecida, superficie erosionada gris a violeta, superficie fresca verdosa a azulosa, conteniendo clastos de esquisto verde. 6. 1.9m arena gravosa amarilla con abundantes moluscos así como *Balanus*, y briozoarios. 7. 1.8m arenisca fina verde sin conchas. 8. 0 a 0.25m de conglomerado adoquinado a guijarroso, incrustado con calcita. 9. 2.0m de arenisca gris solidificado con abundantes fragmentos de moluscos, *Pecten* incluso; gradada con 10. 1.5m de material calcáreo, brecha caliza, sin conchas. 11. Conglomerado de Mesa Pleistocena, consistente principalmente de clastos basálticos.

The invertebrates present at this locality are not discussed in the present study. They are currently being examined by Judith Terry-Smith of the U.S. Geological Survey and their analyses will be published as a separate report. In general, the shell material at this locality is poorly preserved. However, the molds of some of the specimens are of excellent quality, allowing rather specific determination.

VERTEBRATES (Arroyo Salada Local Fauna)

A limited assemblage of sharks, rays, and bony fishes is here described (Table I) from orangish-brown sandstones within the type section of the Salada Formation, Arroyo Salada, Baja California Sur, México. Ten sharks, one ray, and one bony fish comprise the vertebrate fauna collected at this locality. This collection is the only one to date that still remains available for study. Although Heim (1922, p.35) mentions the presence of well-preserved shark teeth in the Salada Formation type section, he does not describe them, nor do they seem to have been described elsewhere. These collections seem to have been misplaced or destroyed as a result of the second world war (Judith Terry-Smith, personal communication). The fossils obtained from the present investigation are designated with USGS locality numbers, and have been deposited in the vertebrate paleontology collections at the Menlo Park, California branch of the US Geological Survey.

Table II summarizes the known local stratigraphic ranges of the various shark taxa collected at Arroyo Salada. These concurrent range data support an early late to late Pliocene age assignment for the Arroyo Salada local fauna.

The shark fauna is comparable (Table III) to that obtained from the upper Pliocene Salada Formation at Rancho Algodones, 120km southeast of La Paz (Espinosa, 1979); and with a diverse shark fauna from the upper Pliocene Tirabuzon Formation at Corkscrew Hill; just north of Santa Rosalva (Applegate and Espinosa, 1981; Wilson, 1985). They all appear to be of approximately the same age.

Estos fósiles son nombrados en este trabajo como Fauna Local de Arroyo Salada.

Los invertebrados presentes en esta localidad no se discuten en el presente estudio, actualmente están siendo examinados por Judith Terry-Smith, del US Geological Survey y su análisis será publicado como un reporte aparte. En general, el material de conchas en esta localidad está pobremente preservado. Sin embargo, los moldes de algunos especímenes son de excelente calidad, y permiten su determinación a especie.

VERTEBRADOS (Fauna Local Arroyo Salada)

Un ensamblaje limitado de tiburones, rayas y peces óseos se describen aquí (Tabla I) procedentes de las areniscas naranja-café de la sección tipo de la Formación Salada, Arroyo Salada, Baja California Sur, México. Diez tiburones, una raya y un pez óseo comprenden la fauna de vertebrados recolectada en esta localidad. Esta colección es la única que pueda ser utilizada para estudio. Pese a que Heim (1922, p.35) menciona la presencia de dientes de tiburón bien preservados en la sección tipo de la Formación Salada, no los describe, ni menciona que sean descritos en otro lugar. Esta colección aparentemente fue perdida o destruida como resultado de la Segunda Guerra Mundial (Judith Terry-Smith, com. pers.). Los fósiles obtenidos durante la presente investigación son designados por números de localidades de USGS y han sido depositados en la colecciones paleontológicas de vertebrados en Menlo Park, California del US Geological Survey.

La Tabla II resume las variaciones estratigráficas locales conocidas de los varios taxa de tiburones colectados en Arroyo Salada. Estos datos permiten apoyar la idea de una edad Temprana tardía a tardía en el Plioceno para la fauna local del Arroyo Salada.

La fauna de tiburones es comparable (Tabla III) con la obtenida del Plioceno Superior de la Formación Salada en el Rancho Algodones, 120Km al sureste de La Paz (Espinosa, 1979); y con diversa fauna de tiburones del Plioceno Superior de la Forma-

Table I. Vertebrate taxa of the Arroyo Salada local Fauna; Type section of the Salada Formation, Arroyo Salada, Baja California Sur, Mexico.

Tabla I. Taxa de vertebrados de la fauna local del Arroyo Salada; Sección tipo de la Formación Salada, Arroyo Salada, Baja California Sur, México.

Sharks	
<i>Eugomphodus acutissima</i>	Ragged-tooth shark
<i>Isurus oxyrinchus</i> Rafinesque 1810	Mako shark
<i>Rhizoprionodon longurio</i> Jordan and Gilbert 1882	Sharpnose shark
<i>Negaprion fronto</i> Jordan and Gilbert 1882	Lemon shark
<i>Carcharhinus leucas</i> Mueller and Henle 1841	Bay shark
<i>Carcharhinus</i> sp? #1	Bay shark
<i>Carcharhinus</i> sp? #2	Bay shark
<i>Hemipristis serra</i> Agassiz 1843	Indian Ocean shark
<i>Sphyma lewini</i> Griffith and Smith, 1834	Hammerhead shark
<i>Sphyma zygaena</i> Linnaeus, 1758	Hammerhead shark
Rays	
<i>Myliobatoidea</i> cf. <i>Myliobatis</i> sp?	Bat rays
Bony Fishes	
<i>Euthynnus</i> sp?	Skipjack

Table II. Stratigraphic distribution of diagnostic fossil sharks of the Arroyo Salada local fauna. Modified from Espinosa (1979), some stratigraphic information from Applegate and Espinosa (1981), Applegate *et al.* (1979), Wilson, 1985, and Luis Espinosa (personal communication, Oct. 1985).

Tabla II. Distribución estratigráfica de fósiles de tiburones diagnóstico de la fauna local del Arroyo Salada. Modificada por Espinosa (1979), alguna información estratigráfica de Applegate y Espinosa (1981), Applegate *et al.* (1979), Wilson, 1985, y Luis Espinosa (com. pers., Oct. 1985).

	MIOCENE	PLIOCENE	PLEISTOCENE	RECENT
<i>Eugomphodus acutissima</i>	X X X	X	XXXXXX	
<i>Isurus oxyrinchus</i>	X	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX		
<i>Rhizoprionodon longurio</i>		XXXXXX	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX	
<i>Negaprion fronto</i>	X	X X X	XXX	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
<i>Carcharhinus leucas</i>			XXXXXX	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
<i>Hemipristis serra</i>	XXXXXX	XXXXXXXXXXXX		
<i>Sphyma lewini</i>		X X	XXXXXX	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
<i>Sphyma zygaena</i>		X X	XXXXXX	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

Table III. Comparison of the Arroyo Salada local fauna with taxa obtained at Rancho Algodones, Salada Formation (Espinosa, 1979); Corkscrew Hill, Tirabuzón Formation (Applegate and Espinosa, 1981) and with shark taxa currently living in Mexican waters today (Applegate *et al.*, 1979).

Tabla III. Comparación de la fauna local del Arroyo Salada con taxa obtenida en Rancho Algodones, Formación Salada (Espinosa, 1979); Corkscrew Hill, Formación Tirabuzón (Applegate y Espinosa, 1981) y con taxa de tiburones que viven actualmente en aguas mexicanas (Applegate *et al.*, 1979).

Arroyo Salada Local Fauna	Corkscrew Hill Fauna	Rancho Algodones	Modern Mexican Shark
<i>Eugomphodus acutissima</i>	XXXX		
<i>Isurus oxyrinchus</i>	XXXX	XXXX	XXXX
<i>Rhizoprionodon longurio</i>	XXXX	XXXX	XXXX
<i>Negaprion fronto</i>	XXXX	XXXX	XXXX
<i>Carcharhinus leucas</i>	XXXX	XXXX	XXXX
<i>Carcharhinus</i> sp. #1	????	????	extinct form?
<i>Carcharhinus</i> sp. #2	????	????	extinct form?
<i>Hemipristis serra</i>	XXXX	XXXX	
<i>Sphyrna lewini</i>	XXXX	XXXX	XXXX
<i>Sphyrna zygaena</i>	XXXX	XXXXX	XXXX

Paleoenvironmental inferences concerning the Arroyo Salada local fauna can be drawn from an examination of environmental and ecological requirements of modern shark analogs living today in Mexican waters (Applegate *et al.*, 1979). The shark taxa of the Arroyo Salada local fauna are listed in Table III with their indicated presence or absence at the aforementioned localities and their presence today in Mexican waters.

DISCUSSION

Even a small shark fauna such as the obtained from locality 85-JS-17 can be used to interpret the paleoenvironmental conditions that existed during the deposition of this section of the Salada Formation. The geologic age of these shark taxa, all obtained from the same bed, appear to be of early-late Pliocene age (see Table II).

The three species of Bay sharks (*Carcharhinus*) indicate a slightly brackish environment such as a lagoon, estuary or river. The lemon shark, *Negaprion fronto* is present-

ción Tirabuzón en Corkscrew Hill, justo al norte de Santa Rosalía (Applegate y Espinosa, 1981; Wilson, 1985). Todos ellos aparentemente son de la misma edad.

Pueden obtenerse inferencias Paleoambientales de la fauna local de Arroyo Salada del examen de los requerimientos ambientales y ecológicos de tiburones actuales análogos, que viven actualmente en aguas mexicanas (Applegate *et al.*, 1979). Los taxa de los tiburones de la fauna local de Arroyo Salada se encuentran en la Tabla III y se indica la presencia o ausencia en las localidades mencionadas y la presencia actual en aguas mexicanas.

DISCUSSION

Una pequeña fauna de tiburones como la obtenida de la localidad 85-US-17 puede ser usada para interpretar las condiciones paleoambientales que existieron durante la deposición de esta sección de la Formación Salada. La edad geológica de estos taxa de tiburones, todos obtenidos del mismo estrato, representan ser del Plioceno temprano-tardío (ver Tabla II).

ly living in the Pacific and Gulf of California from Bahía Magdalena to Guatemala. This species is only known to live in bays, in less than 20 meters of water. Hammerhead sharks currently can be found to live in a bit deeper water (pelagic) adjacent to the coast. The Ragged-tooth shark (*Eugomphodus*) is not found along the western shore of north America but a closely related genus, *Odontaspis* is currently found in Pacific waters and prefers slow moving water in shallow bays to a depth of 20m (Jeff Seigel, personal communication, Oct. 1985). The mako shark *Isurus paucus* is the only shark characteristic of an offshore to open-ocean environment. This species of mako is commonly associated with large teleost fish such as sailfish or marlin (Applegate *et al.*, 1979).

The bat rays (*Myliobatis*) indicate water depths of less than 30 meters. The skipjack (*Euthynnus*) is commonly found in coastal waters immediately adjacent to the open ocean. The presence of the skipjack and the mako shark would tend to rule out an estuarine environment of deposition and seem to indicate that the fossil material was transported offshore, perhaps into a shallow embayment that was largely influenced by estuarine detritus.

Water temperatures were undoubtedly warm and sub-tropical as indicated by the presence of rays and the sharks *Negaprion* and *Rhizoprionodon*. However, these conclusions must be compared to those obtained from the examination of the invertebrate faunas.

CONCLUSIONS

The fauna collected from Arroyo Salada seems to indicate an offshore marine environment perhaps adjacent to a brackish water environment, like Magdalena Bay today. These waters were warm and sub-tropical similar to water temperatures that are present slightly south of this area today. The stratigraphic control of these sharks is quite good, indicating an early-late Pliocene to late Pliocene age for these sediments. These conclusions must be compared with those reached in the examination of the invertebrate taxa to make an accurate age and paleoenvironmental interpretation.

Tres especies de tiburones de Bahía Magdalena (*Carcharhinus*) indican un ambiente tranquilo, como una laguna, estuario o río. El tiburón limón *Negaprion fronto* actualmente vive en el Pacífico y Golfo de California desde Bahía Magdalena hasta Guatemala. Esta especie se conoce que vive solo en Bahías, en menos de 20 metros de agua. Los tiburones martillo actualmente viven en aguas más profundas (pelágicas) adyacentes a la costa. El tiburón (*Eugomphodus*) no se encuentra a lo largo de las costas de Norte América pero un género muy cercanamente relacionado, *Odontaspis* es encontrado frecuentemente en aguas del Pacífico y prefiere aguas tranquilas en bahías someras a una profundidad de 20m (Jeff Seigel, comunicación personal, Oct. 1985). El tiburón mako *Isurus paucus* es el único tiburón característico de aguas abiertas. Esta especie de mako comúnmente se asocia con los grandes teleostes como el pez espada o el marlin (Applegate *et al.*, 1979).

Las rayas de Bahía (*Myliobatis*) indican profundidades de menos de 30 metros. El *Euthynnus* es encontrado frecuentemente en aguas costeras inmediatamente adyacentes al mar abierto. La presencia de este último y del tiburón mako nos hace descartar un ambiente de depositación estuarino y parece indicar que el material fósil fue transportado hacia afuera, posiblemente a un ambiente somero que fue fuertemente influenciado por detritus estuarinos.

Las temperaturas del agua fueron indudablemente cálidas y sub-tropicales como indica la presencia de rayas y de los tiburones *Negaprion* y *Rhizoprionodon*. Sin embargo, estas conclusiones deberán ser comparadas a aquellas que se obtengan del examen de las faunas de invertebrados.

CONCLUSIONES

La fauna colectada en Arroyo Salada indica un ambiente marino de aguas abiertas posiblemente adyacente a un ambiente de rompiente, como Bahía Magdalena actualmente. Esas aguas fueron cálidas y sub-tropicales, similares a las temperaturas de aguas inmediatas al sur de esa área actualmente. El control estratigráfico de estos tiburones es bueno e indican una edad del Plioceno temprano-tardío al Plioceno tardío para esos

ACKNOWLEDGMENTS

The author wishes to acknowledge Luis Espinosa-Arrubarrena of Long Beach State University who assisted with the identification of the sharks and provided many valuable references. Thanks also go to Jeff Seigel who also assisted me with identifications. Cam Swift identified the fish and Ed Wilson, Larry Barnes and Sam McLeod of the Los Angeles County Museum offered many helpful suggestions.

Many thanks also to Thomas A. Deméré of the San Diego Natural History Museum who reviewed the manuscript.

LITERATURE CITED

- Applegate, S.P., Espinosa, L., Menchaca, L. and Sotelo, F. (1979) Tiburones Mexicanos: Subsecretaría de Educación e Investigación Tecnológica, Dirección General de Ciencia y Tecnología del Mar, México, 141 pp., 50 figs.
- Applegate, S.P. and Espinosa, L. (1981) The Geology and Selachian Paleontology of Loma del Tirabuzón (Corkscrew Hill) Santa Rosalía, BCS, México. pp. 257-263 In (Ortleib, L. and Roldán, J. eds) Geology of northwestern México and Arizona, Hermosillo (México), UNAM. Instituto de Geología, Estación del Noroeste.
- Espinosa-Arrubarrena, Luis (1979) Los tiburones fósiles (Lamniformes) del Rancho Algodones, Baja California Sur, México. Published Thesis, UNAM. 56 pp.
- sedimentos. Estas conclusiones deberán ser comparadas con las que se obtengan en el examen de los invertebrados para obtener una edad y un medio ambiente de depositación certeros.
- ## AGRADECIMIENTOS
- El autor desea agradecer a Luis Espinosa-Arrubarrena de Long Beach State University quién le auxilió con la identificación de los tiburones y proporcionó muchas referencias valiosas. Gracias también a Jeff Seigel quién también me asistió en la identificación. Cam Swift identificó el pez y Ed Wilson, Larry Barnes y Sam McLeod de Los Angeles County Museum ofrecieron muchas sugerencias valiosas. Muchas gracias también a Thomas A. Deméré de San Diego Natural History Museum quien revisó el manuscrito.
- Sergio Pou realizó la traducción al Español.
-
- Heim, A. (1922) Notes on the Tertiary of Southern Lower California (México). The Geological Magazine: Vol. 59, No. 12., p. 529-547.
- Wilson, E. (1985) The spiral trace fossil *Gyrolithes* de Saporta, 1884 in the Pliocene Tirabuzón Formation near Santa Rosalía, BCS. Mexico. Bull. Southern Ca. Acad. Sci., 84(2): pp. 57-66.