

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BAJA CALIFORNIA

FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS



**"INTERPRETACION PALEOAMBIENTAL DE LAS FACIES MARINAS DE
LA FORMACION SEPULTURA EN SU LOCALIDAD TIPO, LA MESA DE
LA SEPULTURA, B.C., MEXICO"**



T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
O C E A N O L O G O
PRESENTA:
OLGA LETICIA ARZATE HERNANDEZ

ENSENADA, B.C. DICIEMBRE DE 1989.

**"INTERPRETACION PALEOAMBIENTAL DE LAS FACIES MARINAS DE LA
FORMACION SEPULTURA EN SU LOCALIDAD TIPO, LA MESA DE LA
SEPULTURA, B.C., MEXICO."**

**TESIS
QUE PRESENTA:**

OLGA LETICIA ARZATE HERNANDEZ

Aprobada por:



Presidente del jurado
M.C. Miguel Agustín Téllez Duarte



Sinodal Propietario
M.C. Francisco Suárez Vidal



Sinodal Propietario
Oc. Roberto Pérez Higuera



Sinodal Suplente
Oc. Lorenzo Gómez-Morín F.



Sinodal Suplente
Oc. José Luis Ferman A.

AGRADECIMIENTOS.

Quiero agradecer muy especialmente al M.C. Miguel Téllez Duarte, por la sugerencia del tema de tesis y el gran apoyo que me ofreció durante la realización de este trabajo.

Al M.C. Francisco Suárez Vidal y a los Oceanólogos Roberto Pérez, José Luis Ferman y Lorenzo Gómez-Morín, que me hicieron favor de revisar este manuscrito.

A la Facultad de Ciencias Marinas-U.A.B.C. y al C.I.C.E.S.E., por permitirme el uso de sus instalaciones para la realización de este trabajo.

Al Oc. Juan Carlos Navarro, Oc. José Luis Ferman y a los alumnos de la XXIII generación del área de Geología, por su valiosa ayuda en el arduo trabajo de campo.

A los Ingenieros Eduardo Rosales y Jorge Ledesma por su apoyo y amistad durante la época escolar.

A Edgar, Roberto, Tomás, Tina, Sonia, Isabel, Sergio y Pedro, por su compañerismo y amistad durante 5 años.

A Rafael, Carlos, Mel, Alejandro, Paul, Eduardo, Mele, Verónica y Edmundo, ya que con sus cartas disminuyeron la nostalgia de mi hogar.

RESUMEN

Se realizó un estudio litológico y paleontológico en dos secciones estratigráficas de la Formación Sepultura en su localidad tipo, la Mesa de la Sepultura, Baja California, con el fin de hacer una interpretación paleoambiental de estos depósitos del Terciario. Se identificaron dos ambientes mayores: Uno en el que predominó la sedimentación clástica en una cuenca somera de aproximadamente 30 metros de profundidad, la cual fué tornándose progresivamente más somera por relleno de la misma. Las tormentas periódicas fueron un importante factor que contribuyó en el aporte de sedimentos a la cuenca, identificándose estos depósitos como "tempestitas proximales," por la ciclicidad de capas de sedimentos más gruesos con abundante glauconita, fósiles re TRABAJADOS y en algunos casos orientados hacia el suroeste, lo cual coincide con la orientación de clastos imbricados que indican la dirección preferencial de la paleocorriente. El otro ambiente corresponde a una plataforma donde se depositaron carbonatos a una razón mayor que la subsidencia, dando por resultado una secuencia más somera hacia el tope de la columna.

Las correlaciones litológicas y paleontológicas con depósitos similares en California, E.U., sitúan preliminarmente a la secuencia clástica en el Paleoceno Superior y la carbonatada en el Eoceno Inferior.

INDICE.

	Pàgina
I.- INTRODUCCION	1
II.- ANTECEDENTES	4
III.- OBJETIVO	5
IV.- AREA DE ESTUDIO	6
V.- MATERIALES Y METODOS	6
VI.- RESULTADOS	
a) LITOLOGIA	10
b) PALEONTOLOGIA	14
VII.- DISCUSIONES	25
VIII.- CONCLUSIONES	36
IX.- BIBLIOGRAFIA	38

INDICE DE TABLAS.

Tabla	Pàgina
1.- Especies de macrofósiles identificados para la sección clàstica en las dos estaciones de muestreo.	16
2.- Foraminíferos identificados en la sección clàstica de la primera estación de muestreo.	18
3.- Foraminíferos identificados en el lithorizonte rojo.	19
4.- Especies de macrofósiles identificados en el lithorizonte rojo.	20
5.- Especies identificadas en la sección carbonatada de la primera estación.	22

INDICE DE FIGURAS.

Figura	Pàgina
1.- Procesos que actuan durante el desarrollo de una tormenta.	3
2.- Localización del àrea de estudio y las estaciones de muestreo.	7
3.- Columnas estratigràficas y patrones de paleocorrientes para las dos unidades de muestreo.	11
4.- Reconstrucción paleoecológica y paleoambiental de la sección clàstica en el àrea de La Mesa de La Sepultura.	27
5.- Modelo de depositación de la sección carbonatada en La Mesa de La Sepultura.	32
6.- Modelo de acreción de una secuencia carbonatada progresivamente mäs somera hacia el tope de la columna.	34

Las rocas sedimentarias son los elementos fundamentales de la Estratigrafía, las cuales están ligadas íntimamente con las condiciones ambientales que prevalecieron durante su depositación. Estas rocas, son importantes en la identificación de paleoambientes no sólo por sus características litológicas, sino por su contenido de fósiles y estructuras sedimentarias, que aportan gran parte de la información paleoambiental.

La mayoría de las interpretaciones paleoambientales se basan fundamentalmente en el conocimiento de modelos actuales de sedimentación, ciclos químicos, circulación oceánica, dinámica de las masas de agua del océano y de la relación de estos factores con los organismos (Haq y Boersma, 1978). Lo anterior se fundamenta en el enunciado principal del uniformitarismo, "El presente es la llave del pasado" y los organismos actuales en sus relaciones con el ambiente obedecen comúnmente al principio anterior en relación con sus contrapartes en el pasado geológico.

La naturaleza del ambiente condiciona la presencia de los organismos, ya que su sobrevivencia y reproducción depende de sus habilidades para adaptarse a los factores físicos, químicos y de interacción biológica presentes en el ecosistema (Laporte, 1979).

En la actualidad una parte de las reconstrucciones paleoambientales se basan en las variaciones en abundancia, diversidad y morfología de micro y macrofósiles, debido a su respuesta biológica a diversos estímulos ambientales. Independientemente de edad, evolución o taxonomía, los fósiles marinos nos reflejan condiciones oceanográficas específicas, especialmente cuando los organismos se encuentran "In-situ", o han sufrido muy poco transporte.

Presión, Eh, Ph, tipo de sustrato, cantidad de luz, turbulencia y otros factores, juegan un papel importante en la distribución batimétrica de la microfauna y microflora (Boehm,1984), así como de macrorganismos. De esto deriva la gran importancia de la mayoría de los fósiles en interpretaciones paleoambientales.

Entre los microfósiles, los foraminíferos desempeñan un papel importante en los estudios paleo-oceanográficos debido a que tienen una distribución batimétrica y geográfica definida (Boltovskoy y Wrigth, 1976). En particular los foraminíferos bentónicos han demostrado que la temperatura y salinidad son los parámetros fundamentales que controlan su distribución en profundidades someras. A su vez que la concentración de oxígeno disuelto y el contenido orgánico de los sedimentos controlan su distribución en aguas profundas (Boehm,1984).

La determinación exacta de ambientes de deposición tiene múltiples aplicaciones, siendo una de las más importantes en la búsqueda de hidrocarburos. Esto es necesario no únicamente para la identificación de depósitos favorables, sino también para entender los factores involucrados en la formación de una trampa estratigráfica.

Actualmente uno de los aspectos sedimentológicos que han cobrado más importancia en interpretaciones paleoambientales son los depósitos formados por tormentas. Allen (1982) propone un modelo para la deposición de sedimentos bajo efectos de tormenta, en donde los tres procesos físicos más importantes son: El efecto barométrico, el efecto del viento y el efecto de las olas (Figura 1). De acuerdo a estas tres variables se pueden encontrar principalmente dos tipos de depósitos sedimentarios:

a) Sedimentos de zonas someras depositados en la costa, donde la corriente ejercida por el viento y las olas juegan el papel dominante.

b) Sedimentos costeros depositados en zonas más profundas debido a que el flujo del gradiente de corriente es el responsable de este tipo de sedimentación.

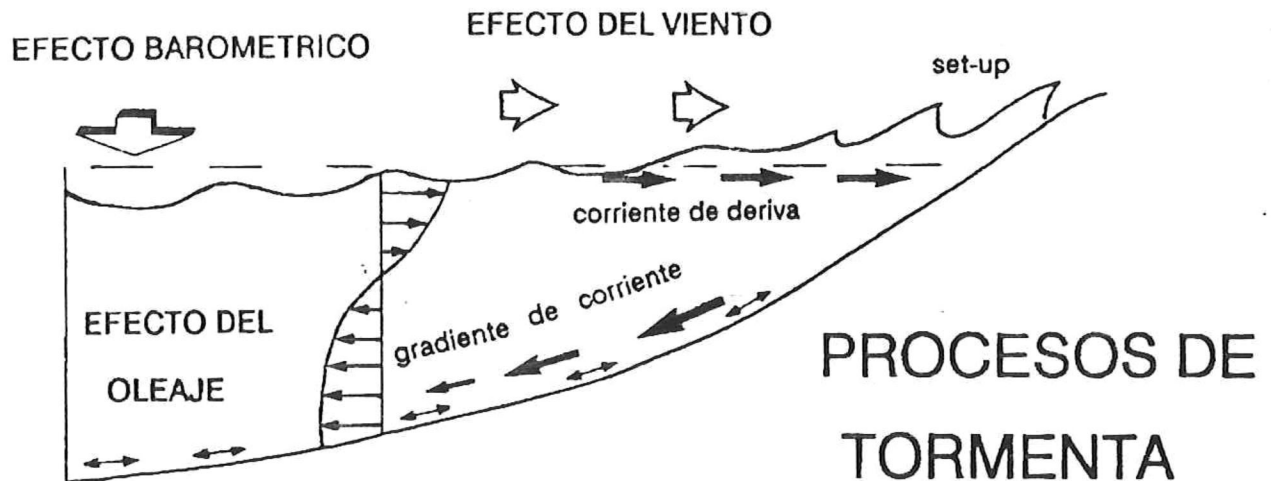


Figura 1. Procesos que actúan durante el desarrollo de una tormenta (Tomado de Allen, 1982).

Aigner (1985) utiliza el nombre de 'Tempestitas' para nombrar a este tipo de estratos encontrados en el registro estratigráfico, entendiéndose como depósitos de tormenta y a su vez hace dos subdivisiones.

'Tempestitas proximales', las cuales están compuestas de sedimentos gruesos, poca frecuencia de recurrencia en el registro estratigráfico y amalgamamiento por el retrabajo en zonas agitadas cercanas a la costa, que es donde se originan. De acuerdo a Dörjes y Hertweck (1975), faunísticamente

están dominadas por elementos alóctonos transportados de las planicies de mareas.

'Tempestitas distales', están constituidas de sedimentos finos y tienen poca frecuencia de recurrencia, debido a que la probabilidad de influjo de sedimento de las fuentes cercanas a la costa decrece al alejarse de esta. Faunísticamente están compuestas principalmente de asociaciones de fondo suave autóctonas.

La península de Baja California se caracteriza por presentar una variedad de secuencias sedimentarias asociadas a diferentes ambientes de deposición. Dentro de las menos estudiadas se encuentra la Formación Sepultura, descrita originalmente por Santillán y Barrera en 1930 y fechada para el Paleoceno.

La Formación Sepultura en su localidad Tipo, La Mesa de La Sepultura, está compuesta por una secuencia de areniscas fosilíferas, conglomerados, lutitas y calizas algales. Esta Formación ha sido objeto de pocos estudios debido al mayor interés que se le ha dado a las rocas del Cretácico que la subyacen, ya que son más accesibles, están mejor expuestas y son más importantes en cuanto a su distribución geográfica.

II. ANTECEDENTES.

Heim (1922) propuso la Formación Tepetate y la definió como una serie de areniscas con estratificación cruzada y concreciones, consideradas pertenecientes al Eoceno, y expuestas en la parte sur de la península de Baja California, México. Beal (1924; tomado de Patterson, 1978) en un reconocimiento de toda la península, utiliza el nombre de la Formación Tepetate en la parte norte de Baja California. Santillán y Barrera (1930) en un estudio de la península entre

las latitudes 30° N y 32° N usaron el mismo nombre de Formación Sepultura para describir una secuencia sedimentaria consistente en areniscas fosilíferas, conglomerados, caliza y limolitas que afloran en la Mesa de La Sepultura, 25 Km. al sureste del Rosario. Ellos consideraron que estos estratos son correlacionables con la Formación Martínez (Paleoceno) de California, USA, debido a la presencia de *Turritella pachecoensis* (Stanton) en ambas formaciones. Una comparación del área muestreada por Heim (1922) y el cartografiado por Beal (1924) de la zona de La Sepultura, Santillán y Barrera (1930) deducen que los nombres fueron usados para los mismos estratos. Beal (1948) en una revisión de su primer trabajo, vuelve a utilizar el nombre de Tepetate para todos los estratos del Paleoceno y Eoceno de Baja California. A Kilmer (1963) se le presenta la disyuntiva en el uso del nombre Tepetate o Sepultura debido a la inexistencia de un cartografiado detallado que esclarezca si las rocas del Cenozoico Temprano del sur y norte de la península de Baja California representan una sola unidad litogenética. Finalmente adopta el nombre de Formación Sepultura, para los estratos del norte y Formación Tepetate para los del sur.

En todos los trabajos anteriores no se ha efectuado una interpretación paleoambiental detallada de los mismos.

III. OBJETIVO.

Describir las condiciones paleoambientales de depósito de las facies marinas de La Formación Sepultura en su localidad Tipo, en base a su litología y paleontología.

IV. AREA DE ESTUDIO.

6

La Mesa de La Sepultura, se encuentra localizada en el norte de Baja California, México. 280 Km. al sur de Ensenada y 25 Km. al sureste del Rosario, y entre las latitudes $29^{\circ} 55' N$ y $30^{\circ} 05' N$ y longitudes $115^{\circ} 25'$ y $115^{\circ} 35'$ (Figura 2).

La zona de estudio es una meseta de una àrea aproximada de 4 Km². y elevaciones de hasta 500 Mt. sobre el nivel medio del mar, su acceso se facilita por una desviación al Oeste de la carretera Transpeninsular en el Km. 79, a partir de San Quintín.

Al noroeste y sur del Arroyo del Rosario, los afloramientos presentes tienen un rango de espesor que va desde 70 a 200 Mts. y su litología consiste en conglomerado masivo, areniscas micáceas, caliza algal y caliza arcillosa. Estos estratos sobreyacen a la Formación Rosario perteneciente al Cretácico Superior (Kilmer, 1963).

V. MATERIALES Y METODOS.

De campo:

Se llevó a cabo un reconocimiento general del àrea, con el fin de localizar las secciones más representativas para el levantamiento estratigráfico. Habiendo elegido las secciones, se procedió a levantar la columna estratigráfica, siguiendo el método de Compton (1970). Se tomaron muestras de roca y fósiles asociados, donde ocurrieron cambios litológicos o de las asociaciones faunísticas. Las muestras de roca y sedimento fueron descritas observando color, textura, mineralogía y contenido fósil.

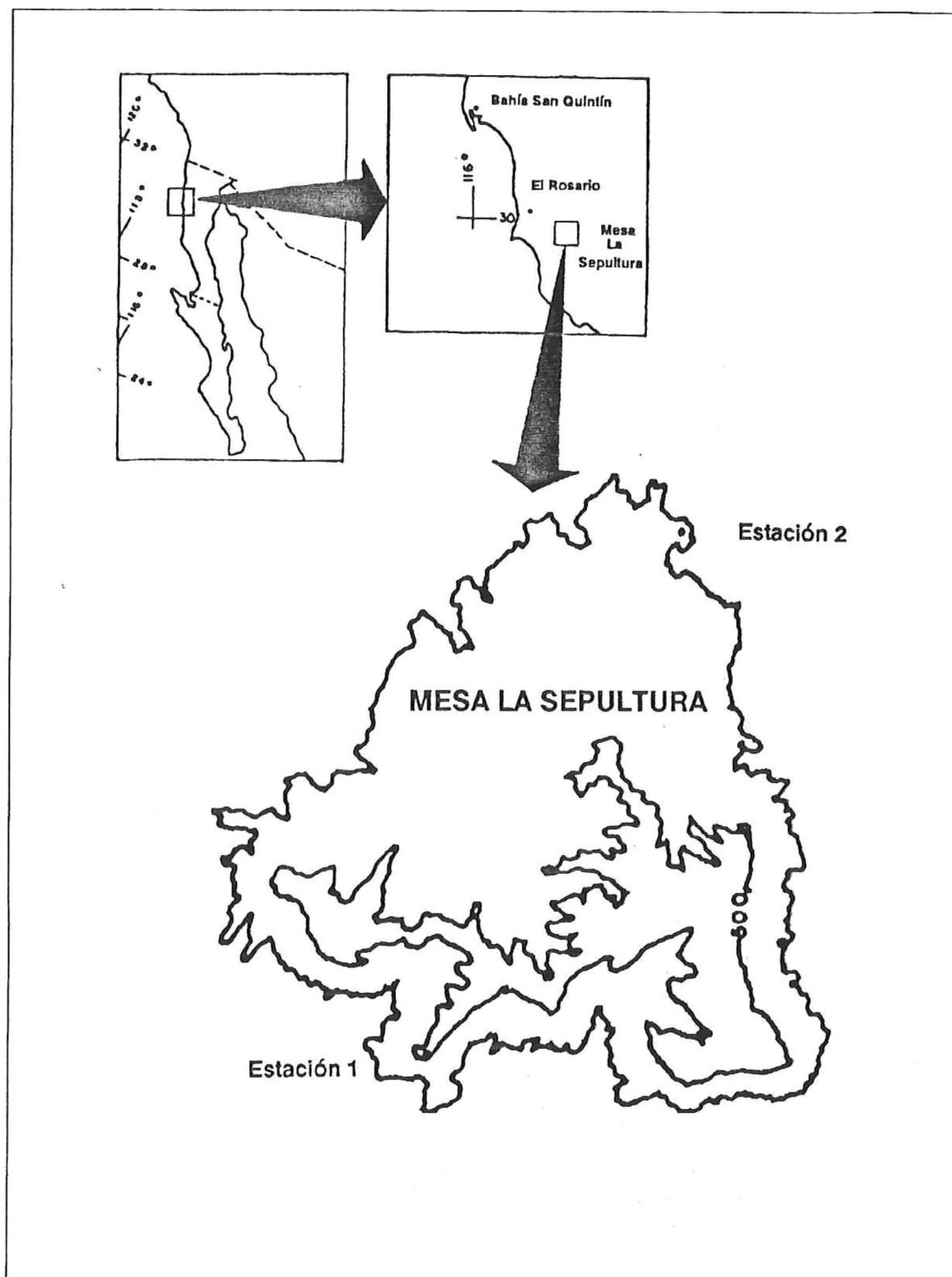


Figura 2. Localización del área de estudio y las estaciones de muestreo.

Se midió la orientación de estructuras direccionales como cantos imbricados en caso de conglomerados, y los fósiles que mostraron una orientación preferencial.

De Laboratorio:

Sedimentología y Petrografía:

Las muestras de sedimentos fueron tratadas y disgregadas según la metodología de Folk (1974). También se montaron placas para determinar la composición mineralógica y clasificar tanto las rocas detríticas como las carbonatadas. Se utilizó el manual para examen de muestras de Swanson (1985) y la carta de colores de Goddard, et. al (1980).

A partir de las muestras de carbonatos consolidados se elaboraron láminas delgadas con la finalidad de hacer la observación directa al microscopio polarizante y determinar la composición y textura, según la clasificación de Embry y Klovan (1972).

Para la identificación de los aloquímicos se utilizaron como referencia a Le Moine (1911), Scoffin (1987), Ayala Castañares (1965), Ginsburg, Rezac y Wray (1977), Wilson (1975), Flügel (1982), Haq y Boersma (1978).

Paleontología:

Microfósiles:

Una submuestra de los sedimentos tratados y disgregados fueron tamizados en una serie de tamices con apertura de malla de 0-4 ϕ (phi) a intervalos de 0.5 ϕ (phi), separándose en cajas de petri. Cada fracción se observó al microscopio estereoscópico para posteriormente hacer la separación de

microfósiles (en este caso foraminíferos y ostrácodos) por métodos manuales, utilizando un pincel. Los microfósiles obtenidos fueron pegados en placas reticuladas con goma aràbiga, para posteriormente ser identificados utilizando como referencia bàsica Mallory (1959), Cushman y Hanna (1927).

Macrofósiles:

Los organismos fueron separados de las muestras de sedimento, limpiandose con un vibrador ultrasónico y un cepillo. Se utilizó un router en los casos de organismos que estuvieron embebidos en sedimentos consolidados. Se identificaron de acuerdo a la bibliografía de Zinsmeister (1983a, 1983b, 1987), Keen y Coan (1963), Shimer y Shrock (1963), Darteville y Casier (1943), Frost y Langenheim jr. (1974), Veràstegui (1953), Ekdale, Bromley y Pemberton (1984).

Procesamiento de datos:

Con los datos de orientaciones de los cantos imbricados y fósiles se realizaron diagramas de rosa, con el fin de determinar la direcci3n dominante de las paleocorrientes, con el método descrito por Potter y Pettijohn (1977). De los datos de campo obtenidos, se procedió a la construcci3n de las columnas de cada una de las secciones estratigràficas medidas y su interpretaci3n litol3gica y faunística.

a) Litología:

Se levantaron dos columnas estratigráficas. La primera de ellas midió un total de 118.53 mts. de espesor, de los cuales 61.73 mts. se componen de sedimentos clásticos y los 56.80 mts. restantes de estratos carbonatados (Fig.3).

Primera sección.

La sección clástica en su parte basal, en el contacto Cretácico Tardío-Paleoceno, está formada por una arenisca fina consolidada de color gris verdoso de aproximadamente 45 cms. de espesor compuesta en su mayor parte de cuarzo, glauconita, feldespatos, fragmentos de basalto y más raramente minerales oscuros y fragmentos de carbón. Dentro de esta arenisca se encuentran interstratificados lentes fosilíferos. Sobreyaciendo a esta, se tiene un cuerpo de arenisca de 61.28 mts., en su conjunto este cuerpo sedimentario se compone de arenisca fina que varía de fina a muy fina, de color amarillo grisáceo, con dos unidades de color oliva pálido hacia la base y tope de este estrato. Una característica sobresaliente es la alternancia de capas de arenisca consolidada interestratificadas, cuyos espesores fluctúan entre 0.10 y 0.65 mts., mostrando una notable ciclicidad (Figura 3). Estas areniscas muestran una mayor concentración de conchas de moluscos en su base, y se aprecia una disminución progresiva del tamaño de grano hacia el tope del estrato. Como característica sobresaliente, se encontraron agrupaciones de *Turritella pachecoensis* con una orientación preferencial hacia el suroeste, coincidente con la orientación de los clastos imbricados de los conglomerados (Figura 3). En la parte inferior de este estrato se encontró un conglomerado de 2 mts. de espesor

ESTACION 1

ESTACION 2

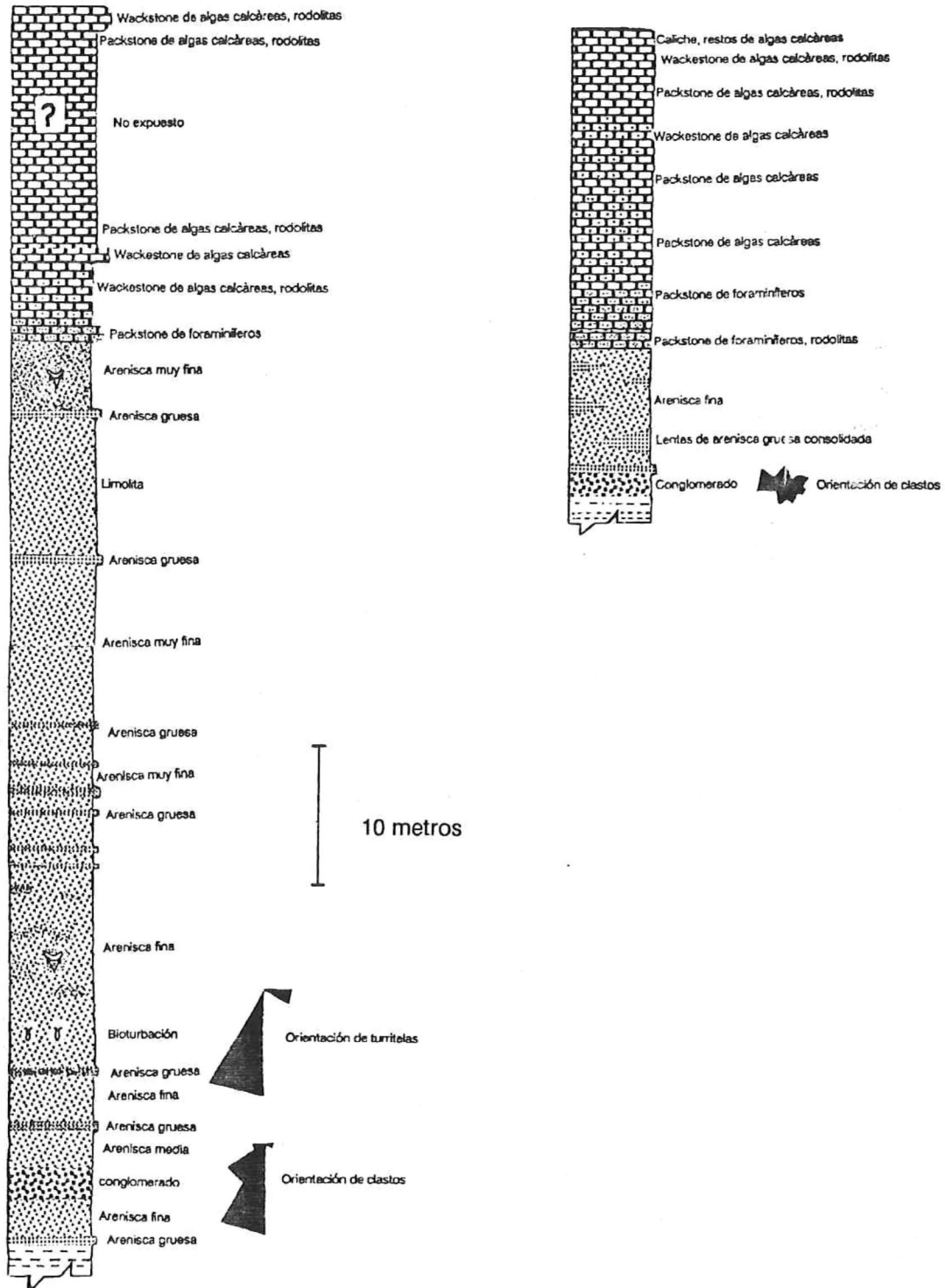


Figura 3. Secciones estratigráficas de las dos estaciones de muestreo.

que mostró una inversión textural y una orientación preferencial de los clastos hacia el suroeste (Figura 3).

En la parte media también se encontraron algunas gravas incluidas en la matriz arenosa. Cabe hacer notar a lo largo de toda la sección clástica la mineralogía de las areniscas consolidadas como las no consolidadas fué similar, constituyendose principalmente de cuarzo, feldespatos, plagioclasas y minerales ferromagnesianos a excepción de la glauconita que varió considerablemente a lo largo de toda la sección clástica como se muestra en la figura 3. Al final de esta secuencia se presenta una discordancia erosional entre la secuencia clástica y la carbonatada.

La secuencia carbonatada se inicia con un packstone de foraminíferos pobremente consolidado de color rojo de 0.90 mts. de espesor, donde los aloquímicos se encuentran muy fragmentados, excepto foraminíferos y ostrácodos que se encuentran bien conservados. Los granos en general se encuentran bien clasificados. Este estrato se torna de color rosa pálido y su estructura interna también cambia a un wackestone de algas calcáreas pobremente clasificado, donde los aloquímicos se encuentran muy glauconitizados y bien redondeados. Le continua un wackestone de algas calcáreas de color claro, pobremente clasificado, con inversión textural, granos grandes embebidos en una matriz micrítica, los aloquímicos en este estrato tienden a disminuir en tamaño volviendose un packstone de algas calcáreas con fábrica de espatita. Los granos estan moderadamente clasificados y se observa una imbricación marcada. Los restantes 48.50 mts. se encuentran cubiertos y se puede deducir que son estratos carbonatados debido a que en el tope de la columna vuelve aflorar un packstone de algas calcáreas de 2 mts. de espesor de color claro, con espatita como cementante y clasificación moderada. Algunas partículas presentan imbricación y los aloquímicos se encuentran bien

conservados. El estrato tope de la columna se encuentra constituido por un wackestone de algas calcàreas con cemento espàtico, los granos se encuentran pobremente clasificados. La concentración de glauconita varía a lo largo de esta sección como se aprecia en la fig. 3.

Segunda sección.

La segunda sección està conformada de 32.69 mts. de espesor, de los cuales 10.57 mts. son sedimentos clàsticos y 21.12 mts. son estratos carbonatados (Fig.3).

La sección clàstica principia con un conglomerado con soporte clàstico y una matríz arenosa de color rojo, de 1.80 mts. de espesor y cuyos clastos tienen una orientación preferencial hacia el noroeste (Fig.3). Este estrato es el contacto Cretàtico Tardío-Paleoceno y no presenta glauconita. El siguiente estrato es una pequeña capa de aproximadamente 15 cms. de arenisca consolidada de color gris verdoso, la cual està compuesta de cuarzo, feldespatos, minerales ferromagnesianos, granos de glauconita y fragmentos de carbón en menor proporción. Dentro de esta se encuentran interstartificados pequeños lentes fosilíferos. Los siguientes 8.66 mts. lo conforman una arenisca color amarillo grisàceo no consolidada, similar en composición a la de la primera sección, tendiendo un poco a obscurecerse y a presentar algunos clastos en la zona de contacto con la sección carbonatada. Otra característica importante de estas areniscas es la gran cantidad de bioturbación del tipo *Repichnia* y en menor cantidad del tipo *Domichnia*. Dentro de esta arenisca se encuentran lentes fosilíferos amalgamados.

La secuencia carbonatada se separa de la sección clàstica por una discordancia erosional que determina un cambio abrupto en la litología. La secuencia principia con un packstone de foraminíferos de color rojo pobremente

consolidado de 2 mts. de espesor en el cual se encuentra glauconita con un alto grado de oxidación.

Los aloquímicos se encuentran infiltrados por glauconita y la espatita es el cementante. El estrato sobreyacente es un packstone de foraminíferos, con matriz micrítica y con algunos terrígenos como el cuarzo, cuyo contenido no excede del 15 %. La clasificación es moderada. El siguiente estrato es esencialmente similar al que lo subyace a excepción que no presenta terrígenos. Posteriormente se tiene un packstone de algas calcáreas con matriz micrítica, muy bien clasificado, con cuarzo en cantidades muy pequeñas alrededor de un 5 %. La capa que se sobrepone a esta es un wackestone de algas calcáreas, con matriz micrítica, pobremente clasificado y granos bien redondeados. El estrato superior lo compone un packstone de algas calcáreas con matriz micrítica, pobremente clasificado y con inversión textural (granos grandes embebidos en una matriz micrítica). La penúltima capa esta constituida de un wackestone de algas calcáreas, con matriz micrítica, pobre clasificación e inversión textural. El tope de la columna esta constituido de caliche en forma de laminaciones del tamaño de milímetros, con vestigios de algas calcáreas.

b) Paleontología

Primera sección:

A lo largo de toda la sección clástica se encontraron 39 especies, de las cuales 23 especies son de bivalvos, 4 de gasterópodos, 4 de corales, 3 de tiburones, 1 de briozoario, 1 braquiópodo, 1 tipo de bioturbación, 1 de semilla y restos de madera. Las especies que aparecieron consistentemente en toda la sección son, *Venericardia venturensis*, *Venericardia mullerei*, *Turritella pachecoensis*, *Odontaspis sp.*, *Cacharias sp.* e *Isurus sp.*. De las 39 especies

encontradas solo 4 no pudieron ser identificadas, un briozario, un braquiópodo, una semilla y los restos de madera.

En la alternancia de capas de areniscas consolidadas y areniscas de color amarillo grisáceo no consolidadas, se presentó abundantemente en las primeras *Turritella pachecoensis*, *Venericardia venericor*, *Venericardia mullerei*, *Nemocardium linteum* y en las últimas hubo un empobrecimiento de fauna, a excepción de los dientes de tiburón, que fueron particularmente abundantes en la parte media de la sección y están representados por *Isurus sp.*, *Carcharias sp.* y *Odontaspis sp.* También se encontró bioturbación del tipo *Ophiomorpha*. En las capas consolidadas donde estuvo presente *Turritella pachecoensis*, estas mostraron una orientación preferencial hacia el suroeste (Figura 3). En la tabla 1 se muestra la distribución de especies a lo largo de la sección clástica.

En la parte media de la sección clástica se encontraron 13 especies de foraminíferos, de los cuales 12 son formas bentónicas y una es planctónica. La tabla 2 muestra las especies que aparecieron en la columna.

La sección carbonatada principia con un estrato discordante, dentro del cual se encontró el mayor número de foraminíferos asociados a ostrácodos. De las 43 especies, 39 son bentónicas y 4 son planctónicas (Tabla 3). Cabe hacer notar que algunos organismos se encuentran infiltrados por glauconita y la mayoría presenta un 'enrojecimiento' producto de la matriz glauconítica en la que están embebidos. Dentro de la asociación foraminíferos-ostrácodos se encontraron 12 especies diferentes de ostrácodos, los cuales no pudieron ser identificados.

La macrofauna presente en este estrato, está compuesta de 9 especies, donde 3 de ellas son de bivalvos, 1 de gasterópodo, 1 de coral, 1 de briozoario, 1 de cangrejo, 1 de equinoideo y 1 de tiburón. Solo 1 especie de briozoario, 1 de cangrejo y 1 de equinoideo no fueron posibles de identificar (Tabla 4). La flora

TABLA 1. Especies de macrofósiles identificadas para la sección clástica en las dos estaciones de muestreo.

Especie	Estación 1	Estación 2
<i>Venericardia clarki</i>	x	x
<i>Venericardia mullerei</i>	x	
<i>Venericardia venturensis</i>		x
<i>Turritella pachecoensis</i>	x	x
<i>Ophiomorpha</i> sp.	x	x
<i>Cucullaea</i> sp.	x	
<i>Heteroterma striata</i>	x	x
<i>Margarites semiornata</i>	x	x
<i>Nemocardium linteum</i>		
<i>Brachyodontes susanaensis</i>	x	x
<i>Brachypdotes lawsonii</i>	x	x
<i>Cuspitarea</i> sp.	x	
<i>Cucullaea mathewsonii</i>		x
<i>Ostrea</i> sp.	x	x
<i>Turritella</i> sp.	x	
<i>Nuculana gabbi</i>	x	
<i>Macrocallista</i> sp.	x	
<i>Callocardia</i> sp.	x	x
<i>Poladomya</i> cf. <i>nasuta</i>	x	
<i>Astrocoenia</i> sp.	x	
<i>Cucullaria morani</i>	x	
<i>Barbatia</i> sp.	x	
<i>Volsella</i> sp.	x	
<i>Acrilla</i> sp.		x
<i>Teredos</i> sp.		x
<i>Policices hornii</i>		x
<i>Macrocallista furlongi</i>		x
<i>Glycimeris</i> sp.		x
<i>Dentalium</i> sp.		x
<i>Volsella bakeri</i>		x
<i>Nuculana</i> sp.		x
<i>Amauropsis martinezensis</i>		x
<i>Tellina</i> sp.		x
<i>Lucina</i> sp.		x
<i>Macrocallista stantoni</i>		x
<i>Lyonsia</i> sp.		x
<i>Nucula</i> sp.		x
<i>Tellina</i> cf. <i>martinezensis</i>		x
<i>Nuculana alaeformis</i>		x
<i>Cerathium</i> sp.?		x
<i>Terebratulina tejonensis</i>		
<i>Macrocallista</i> cf. <i>caryi</i>		x
<i>Cylichna costata</i>		x
<i>Pitar murphyi</i>		x
<i>Nuculana</i> cf. <i>alaeformis</i>		x
<i>Tornatella</i> sp.		x

<i>Pachycrommium simiensis</i>		x
<i>Apiotoma</i> sp.		x
<i>Venericardia</i> sp. juvenil		x
<i>Fusinus</i> sp.?		x
<i>Tornatella pinguis</i>		x
<i>Gyrinium</i> sp.		x
<i>Gilbertina</i> sp.		x
<i>Pseudoliva</i> sp.		x
<i>Buccinofusus</i> sp.?		x
<i>Sycostoma</i> cf. <i>burroensis</i>		x
<i>Pleurofusua</i> sp.?		x
<i>Trochocyatus</i> sp.		x
<i>Macrocallista</i> cf. <i>stantoni</i>	x	
<i>Pholadomya</i> sp.		x
<i>Florimetis</i> sp.		x
<i>Pitar stantoni</i>	x	
<i>Ostrea simiensis</i>	x	
<i>Venericardia</i> sp.	x	
<i>Pitar simiensis</i>	x	
<i>Cucullaria</i> cf. <i>morani</i>	x	
<i>Glycimeris major</i>	x	
<i>Antiguastrea</i> sp.	x	
<i>Montastrea</i> sp.	x	x
<i>Pavona</i> sp.	x	
<i>Braquiópodo</i>	x	
<i>Semilla</i>		x
<i>Briozoario en turritela</i>	x	
<i>Madera</i>	x	x
<i>Odontaspis</i> sp.	x	
<i>Carcharias</i> sp.	x	
<i>Isurus</i> sp.	x	
<i>Bioturbación del tipo Domichnia</i>	x	
<i>Bioturbación del tipo Repichnia</i>	x	

TABLA 2. Foraminiferos identificados en la sección clàstica de la primera estación de muestreo.

Lagen a conscripta
Nodosaria macneili
Dentalina approximata
Robulus cf. antipodum
Gyroidina orbicularis
Cibicides spiropunctatus
Globorotalia sp.
Dentalina cf. communis
Cibicides cf. spiropunctatus
Robulus sp.
Robulus antipodum
Planularia cf. truncata
Nodosaria sp.

TABLA 3. Foraminíferos identificados en el lithorizonte rojo.

Especie	Estación 1	Estación 2
<i>Dentalina latejugata</i>	x	
<i>Dentalina colei</i>	x	
<i>Planularia cf. ovachitaensis</i>	x	
<i>Rhabdamina eocenica</i>	x	
<i>Dentalina sp.</i>	x	
<i>Dentalina cf. comunis</i>	x	
<i>Robulus sp.</i>	x	x
<i>Cibicides sp.</i>	x	
<i>Gyroidina orbicularis</i>	x	
<i>Pullenia quinqueloba</i>	x	
<i>Robulus limbosus</i>	x	
<i>Lenticulina nuda</i>	x	
<i>Robulus antipodum</i>	x	
<i>Planularia dissona</i>	x	
<i>Planularia cf. truncata</i>	x	
<i>Nonionella florinense</i>	x	
<i>Gaudryina cf. laevigata</i>	x	
<i>Nonionella dorri</i>	x	
<i>Dorothia principiencis</i>	x	
<i>Cibicides fortunatus</i>	x	
<i>Cibicides pachecoensis</i>	x	
<i>Cibicides cf. laurisae</i>	x	
<i>Anomalina cf. crassisepta</i>	x	
<i>Anomalina sp.</i>	x	
<i>Cibicides cf. fortunatus</i>	x	
<i>Nodosarella attenuata</i>	x	
<i>Alabamina scitula</i>	x	
<i>Lagena sp.</i>	x	x
<i>Siphonina wilcoxensis</i>	x	
<i>Quinqueloculina sp.</i>	x	
<i>Spiroplectamina cf. adamsi</i>	x	
<i>Cibicides spiropunctatus</i>	x	
<i>Discorbis assulata</i>	x	
<i>Robulus weaveri</i>	x	
<i>Globigerina bulloides ?</i>	x	
<i>Globorotalia cerro-azulensis ?</i>	x	
<i>Gyroidina soldanii</i>	x	
<i>Marginulina cf. grata</i>	x	
<i>Asterigerina crassaformis</i>	x	
<i>Cibicides sandiegensis</i>	x	
<i>Orbulina universa</i>	x	
<i>Amphimorphina sp.</i>	x	
<i>Haplophragmoides excavata ?</i>	x	
<i>Ellipsonodosaria cf. atlantisae</i>		x
<i>Nodosaria velascoensis</i>		x
<i>Enantiomarginulina eocenica</i>		x

Tabla 3 (cont.)

<i>Globigerina sp.</i>	x
<i>Quinqueloculina yegucensis</i>	x
<i>Textularia sp.</i>	x
<i>Discorbis baintoni</i>	x
<i>Cibicides cf. spiropunctatus</i>	x
<i>Eponides mexicana</i>	x
<i>Globulina lacrima</i>	x

TABLA 4. Especies de macrofósiles identificadas en el lithorizonte rojo.

Especie	Estación 1	Estación 2
<i>Venericardia sp.</i>		x
<i>Ostrea cf. buwaldana</i>		x
<i>Ophiomorpha sp.</i>		x
<i>Dentalium cooperi</i>		x
<i>Discoelix sp.</i>		x
<i>Mesalia martinezensis</i>		x
<i>Turritella pachecoensis</i>		x
Briozoarios sp. 1		x
<i>Glycimeris cf. major</i>		x
<i>Ostrea congesta</i>		x
<i>Antiguastrea sp.</i>		x
<i>Trochocyathus sp.</i>		x
<i>Lacunaria striata</i>		x
Semilla		x
Rodolitas		x
<i>Cucullaea mathewsonii</i>	x	
<i>Flabellum sp.</i>	x	
Espinas de erizo	x	
Quelas de cangrejo	x	
<i>Ostrea sp.</i>	x	
Briozoario sp. 2	x	
<i>Crepidula sp.</i>	x	
<i>Turritella sp.</i>	x	
<i>Odontaspis sp.</i>		x

està representada por rodolitas de algas calcàreas en poca abundancia. También se encontraron espinas de erizo, brazos de briozoarios y en menor cantidad quelas de cangrejo representadas solo en esta parte de la columna. En general tanto microfósiles como macrofósiles se encontraron bien conservados, a diferencia de la capa superior donde se puede observar que el estrato cambia de color rojo a rosa pàlido y los organismos presentes son los mismos que en el estrato anterior, pero ahora presentan un alto grado de fragmentación, por lo cuàl fué imposible determinar a que género pertenecen muchos de ellos. A grandes razgos se puede decir que son gasterópodos, bivalvos, briozoarios y equinoideos. De las especies colectadas solo se pudieron identificar 6 que se encontraron moderadamente conservadas, siendo 4 especies de bivalvos, 1 de gasterópodo, y 1 de tiburón. La tabla 5 muestra el contenido faunístico de este estrato.

El resto de la sección de carbonatos lo componen wackestone, packstone, floatstone y boundstone de algas calcàreas. Estas estan representadas por tres tipos; las calcàreas rodofitas como *Lithothamnium sp.*, *Archeolithothamnium sp.* y *Lithoporella sp.*; las calcàreas clorofitas como la Dasycladacea *Dissocladella sp.?*, siendo esta la única de tres que fué posible identificar; y las clorofitas codiaceas como *Ovulites sp.* y *Halimeda sp.*.

Dentro de esta matriz calcàrea también se encontraron varios generos de foraminíferos, de los cuales solo se pudieron identificar tres especies bentónicas, *Textularia sp.*, *Robulus sp.* y *Eponides sp.*. Se observó un solo tipo de hidrozoario del género *Spongiomorpha sp.??*.

Los aloquímicos en general estan constituidos de algas calcàreas verdes y rojas, foraminíferos, ostràcodos, briozoarios, espinas de erizo, esponjas calcàreas, hidrozoarios, corales, restos de macrofósiles y pellets fecales.

TABLA 5. Especies identificadas en la sección carbonatada de la primera estación (no se incluye el lithorizonte rojo).

Rodolitas
Pseudoperissolax tricarnatus
Ostrea cf. weaveri
Ostrea sp
Cucullaria sp.
Brachyodontes susanaensis
Erizo
Quelas de cangrejo
Odontaspis sp.?

Segunda Sección:

La sección clàstica està constituida por 56 especies, de las cuales 29 especies son de bivalvos, 19 de gasterópos, 1 de coral, 1 de escafópodo, 3 tipos de bioturbación, 1 semilla y restos de madera. No fué posible identificar la semilla y los restos de madera.

La Tabla 1 muestra la distribución de macrofósiles a lo largo de la sección clàstica. Notablemente el segundo estrato fué el de mayor contenido faunístico, representado por el 90% del total de las especies de la sección clàstica. Al igual que en la primera sección *Turritella pachecoensis*, *Venericardia mullerei*, *Venericardia venturensis* y *Nemocardium linteum* fueron las especies màs representativas en los estratos consolidados. Las capas de arenisca no consolidada, tienen un pobre contenido fosilífero, solo presentan dientes de tiburón del género *Carcharias* sp. y estos son muy pequeños, también se encontraron escasos fragmentos de madera y huellas de bioturbación del tipo *Domichnia* (madrigüeras de bivalvos) y màs comunmente del tipo *Repichnia*.

En la sección carbonatada se encontraron 15 especies; 4 de bivalvos, 4 de gasterópodos, 2 de corales, 1 de escafópodo, 1 de briozoario, 1 de equinoideo, 1 tipo de bioturbación y 1 semilla. De estos organismos solo una especie de briozoario, una de equinoideo y una semilla no fué posible identificar (Tabla 4).

Los organismos colectados se encuentran en la capa discordante y presentan un moderado grado de preservación, al igual que en la primera sección, se encuentran teñidos de rojo y embebidos en una matriz glauconítica. Las rodolitas de algas calcàreas, briozoarios y espinas de erizo fueron muy abundantes en esta capa. Los macrofósiles del estrato superior se encuentran muy retrabajados, al grado de que no se puede identificar a nivel género. Solo

puede hacerse a nivel grupo y se compone de bivalvos, gasterópodos, erizos y briozoarios.

La capa discordante fué la que mayor contenido de foraminíferos presentó, identificandose 12 especies en total, siendo 10 bentónicas y 2 plantónicas. Al igual que en la primera sección se encuentran bien preservados y algunos se encuentran infiltrados por glauconita (Tabla 3).

El resto de la secuencia carbonatada está compuesta de wackestone, packstone y floatstone de algas calcáreas de los géneros *Archaeolithothamnium sp.*, *Lithothamnium sp.*, *Litoporella sp.*, *Ovulites sp.*, *Halimeda sp.*, *Dissocladella sp.??* y otros dos géneros de algas Dasycladaceas. Los organismos que se encuentran embebidos en la misma matriz son foraminíferos de los géneros *Robulus sp.*, *Textularia sp.* y *Eponides sp.*, también se encuentran presentes ostracodos, briozoarios, esponjas calcáreas, restos de macrofósiles, corales, espinas de erizo y pellets fecales.

VII. DISCUSION.

La Formación Sepultura en su localidad tipo, muestra dos unidades litológicas bien diferenciadas, siendo una de ellas de origen clástico y la otra de origen carbonatado. Por ello se puede afirmar que en esta área se pueden distinguir al menos dos tipos de ambientes mayores.

El primer paleoambiente mayor está representado por la sección clástica que ocupa la parte basal de la columna, y está constituida por areniscas glauconíticas muy uniformes litológicamente y consisten en areniscas no consolidadas con intercalaciones regulares y periódicas de areniscas fosilíferas bien consolidadas.

La presencia de 'glaucony', entendiéndose este término como facies granulares de color verde con morfología pelletal y/o moldes de microfósiles (Odin y Matter, 1981), indica que son facies relictas, debido a que para que estas fueran sindepositacionales con el resto de los sedimentos, se necesitaría tener una profundidad de 50 mts., que es la profundidad mínima de formación del glauconita (Odin y Matter, 1981). Esto último no es correlacionable con la fauna encontrada, principalmente bivalvos y gasterópodos de zonas más someras. Específicamente se encontraron varios organismos de *Turritella pachecoensis* con incrustaciones de corales del género *Montastrea* sp. los cuales nos indican condiciones más someras que 50 mts.. Cohabitando con estos organismos se encontró una asociación de foraminíferos de la familia Nonionidae que indican profundidades que fluctúan entre los 30 mts. (Bandy y Arnal, 1960).

Por lo anterior, no es posible que la glauconita se haya formado en esta cuenca, siendo más probable que provenga de rocas preexistentes. Esto puede ser apoyado por el patrón de paleocorrientes construido en base a Turritelas y

clastos orientados, que indican que la dirección principal de las paleocorrientes fué hacia el suroeste, lo que viene a corroborar que la paleocorriente transportó la glauconita de estratos preexistentes a las zonas más someras. Esto también es deducido por la alta concentración del mineral en la parte tope de la sección clástica, debido a que la glauconita es un mineral pesado y tiende a depositarse más rápidamente en zonas someras que el resto de los sedimentos.

La fauna de las areniscas no consolidadas, representada por *Nuculana gabbi*, *Barbatia* sp., dientes de tiburón de los géneros *Isurus* sp., *Carcharias* sp. y *Odontaspis* sp., bioturbación del tipo *Ophiomorpha*, *Domichnia* y *Repichnia* sugiere un ambiente submareal.

En las capas consolidadas fué donde se encontró mayor número de especies y donde figuraron principalmente *Venericardia venturensis*, *Venericardia mulleri*, *Turritella pachecoensis*, *Nemocardium linteum* y corales como *Montastrea* sp., *Antiguastrea* sp. y *Pavona* sp.. Estas especies indican un ambiente submareal más somero que el anterior.

Estas comunidades bentónicas estructuralmente son muy semejantes a las descritas por Taylor (1978), para el Paleoceno de Inglaterra, las cuales representan un ambiente somero de plataforma interna donde el rango de profundidad va de 10-30 mts.. En la figura 4 se muestra una reconstrucción paleoecológica para el caso de la sección clástica en la Mesa de la Sepultura.

Con los criterios expuestos por Allen (1982) y Aigner (1985) se puede deducir que en la secuencia clástica de la Formación Sepultura, el registro estratigráfico corresponde a sedimentos costeros depositados en zonas más profundas, donde además de la sedimentación normal, las tormentas jugaron un papel importante mediante flujos del gradiente de corriente, manifestándose en estratos consolidados regularmente espaciados y con abundante fauna costera.

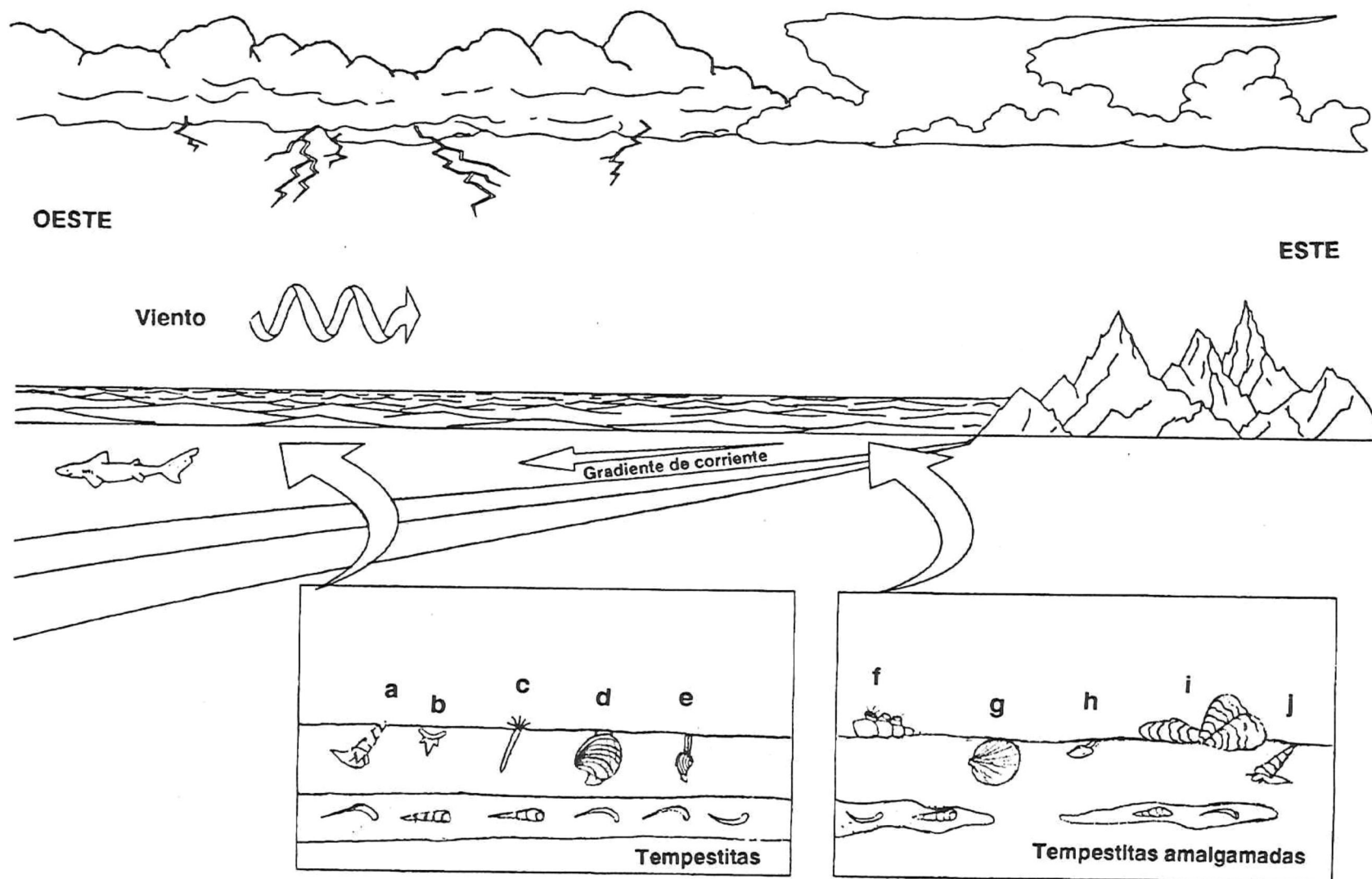


Figura 4. Reconstrucción paleoecológica y paleoambiental de la sección clástica en el área de la Mesa de la Sepultura. a) *Turrillia pachecoensis*, b) Diente de tiburón (*Odontaspis* sp.), c) poliquetos, d) *Venericardia mullerei*, e) *Cucullaea mathewsonii*, f) corales (*Montastrea* sp.), g) *Glycimeris major*, h) *Nuculana gabbi*, i) *Ostrea* sp., j) *Mesalia martinicensis*.

Schopf (1980), menciona que corrientes mayores de 100 cm/seg son generadas bajo efectos de tormenta, lo que corresponde en el diagrama de Hjulstrom (1939) a la velocidad mínima para mover un sedimento tamaño grava y orientarlo con el eje C paralelo a la dirección de la corriente. En el caso de La Formación Sepultura, tanto organismos como sedimentos tamaño grava o cantos rodados, presentan este comportamiento, lo que dà una idea de las velocidades mínimas de la corriente generada por tormentas en esta zona durante la depositación.

Dentro de la secuencia clàstica existe un aumento de espesor de este a oeste. En la parte este, denominada zona 2, solo pocos estratos la componen. El primero consiste en una arenisca roja sin fósiles la cual indica condiciones deltàicas y un ambiente semi-àrido con estaciones húmedas y secas (Mc Bride y Earle, 1974), ademàs el patrón de paleocorrientes indica una dirección preferencial con una moda alrededor de la cual se distribuyen casi simétricamente el resto de la observaciones.

Aunado a la ausencia de fósiles, todas las características corresponden a un ambiente deltàico (Heckel, 1972).

Los estratos restantes de arenisca presentan tempestitas, donde las capas de areniscas consolidadas corresponden a tempestitas proximales y presentan un amalgamiento característico de estratos depositados muy cerca de la costa bajo la influencia de la base de la ola, ocasionando la destrucción de estos, dando como resultado poca frecuencia de recurrencia en el registro.

A diferencia de la zona 2, la zona 1, situada en la parte oeste de la meseta, presenta una espesor considerable de estratos, y donde nuevamente las tempestitas fueron un importante mecanismo de sedimentación. Las capas de arenisca consolidada nos representan tempestitas proximales de tormentas excepcionalmente fuertes o duraderas cuya influencia alcanzó la denominada zona de transición (Aigner, 1985). Lo anterior se infiere de la periodicidad de las

capas de arenisca consolidadas incluidas en las areniscas finas muy bioturbadas, que representan la sedimentación normal por debajo de la base de la ola de tormenta. Esta zona se puede considerar como el " óptimo " (Aigner, 1985) para la preservación de tempestitas, debido a su regularidad y persistencia. Esto sugiere que durante las tormentas, la arena es transportada a manera de abanico hacia afuera de la plataforma. La ausencia de estratificación cruzada indica que estos sedimentos fueron depositados por debajo de la ola de tormenta (Aigner, 1982).

De acuerdo a la discusión anterior se puede resumir que la secuencia clástica se depositó en una cuenca de condiciones más someras y cercanas a la costa al este y más profunda y alejada de la costa, al oeste.

Las condiciones ambientales de temperatura y salinidad son indicadas por los organismos presentes. Las asociaciones de *Turritella*, *Venericardia*, *Crassatella* y *Flabellum* son características de temperaturas de 20° C. (Durham, 1950). El mismo, en su estudio sobre el clima del Cenozoico en el Pacífico, concluye que la Formación Martínez de California, USA, indica condiciones subtropicales, y puesto que la Formación Martínez es biocorrelacionable con la Formación Sepultura, se puede concluir lo mismo para esta área. La salinidad se puede inferir de la presencia de foraminíferos calcáreos hialinos que nos indican una salinidad intermedia de 33 ‰-37 ‰ (Schopf, 1980).

La sección carbonatada es el segundo paleoambiente mayor y está caracterizado por un cambio tanto en las condiciones ambientales marinas como continentales.

Diversos autores como Seibold y Berner (1982), Vail, Mitchum y Thompson (1978), mencionan que para el Paleoceno tardío se encuentra registrada una regresión. En el caso de la Sepultura, este evento está representado en la primera capa de la sección carbonatada, constituida por un

packstone con una abundante concentración de glauconita altamente oxidado dándole un color rojo característico.

Las condiciones oxidantes se presentan en la zona intermareal, donde el ambiente agitado permite la oxidación, dando como resultado un lithohorizonte de color rojo bien definido (Odin y Matter, 1981).

Este lithohorizonte es propiamente la discordancia erosional que separa las dos secciones y su composición tanto litológica como faunística es una mezcla de los dos ambientes mayores.

En la primera sección, esta facie se encuentra mayormente constituida de foraminíferos, ostrácodos y algunos organismos de zonas intermareales, como erizos y briozoarios ramificados. La segunda sección está constituida mayormente por bivalvos, gasterópodos, equinodermos, briozoarios ramificados y abundantes rodolitas de algas calcáreas, todos estos organismos representan ambientes más someros que los de la primera sección.

La presencia de abundantes rodolitas en la segunda sección, da un dato preciso de paleoprofundidad, ya que estas usualmente se encuentran in-situ (Schopf, 1980), indicando ambientes de alta energía por arriba de la base de la ola. Además esto es apoyado por la ausencia de sedimentos finos y la presencia de foraminíferos bentónicos (Gall, 1983). Las rodolitas se asocian a la zona intermareal (Flügel, 1982), donde el oleaje y las corrientes son el factor principal que actúa en su formación (Adey y Mac Intyre, 1973).

En la primera sección los foraminíferos del grupo *Nonionella* indican de nuevo profundidades que fluctúan entre los 30 mts. (Bandy y Arnal, 1960) y la presencia de escasas rodolitas, corrientes que pudieron transportarlas al fondo. Por lo anterior, la profundidad se incrementa de este a oeste.

El estrato que sobreyace a la capa anterior, está constituido por un wackestone y un packstone, cuya característica principal es la mala preservación

de los organismos, la alta fragmentación de la mayoría de ellos y la disminución en la cantidad de glauconita. Esto se puede considerar como una respuesta al incremento del nivel del mar, retrabajando los sedimentos preexistentes durante el gran cambio ambiental, que dió como resultado la depositación de carbonatos y la ausencia de terrígenos. Esto se refleja en la composición de los aloquímicos de este estrato, al aparecer por primera vez algas y esponjas calcáreas.

El resto de la secuencia está constituida de algas calcáreas rojas y verdes, foraminíferos bentónicos, moluscos, equinodermos, ostrácodos, esponjas, tubos de gusano y corales. Lees y Bulleren (1972) le llaman a esta asociación Clorazoan, y proponen que su óptimo desarrollo es en temperaturas de 15-26°C. y salinidades de 31-40 ‰, las cuales corresponden a aguas tropicales.

La mayoría de la sedimentación de carbonatos es el resultado de procesos químicos o bioquímicos que ocurren en un ambiente especial; Agua clara, templada y somera (Wilson, 1975). Las algas calcáreas rojas ocurren en muchos tipos de ambientes, pero son más abundantes y más variadas en aguas marinas someras tropicales o subtropicales (Wilson, 1975; Wray, 1977; Ginsburg, Rezac y Wray, 1977) y las algas calcáreas verdes son completamente tropicales (Dodd y Stanton, 1981).

Con los criterios anteriormente expuestos se puede deducir que durante la depositación de los carbonatos en la Mesa de la Sepultura, las condiciones marinas eran tropicales.

En cuanto a las características de la cuenca durante la depositación de carbonatos, se conformaba por una laguna antearrecifal (Figura 5), donde dominaban condiciones de baja a moderada energía. Esto está mayormente reflejado en la litología compuesta de wackestone, packstone y floatstone bioclásticos con inversión textural (fragmentos grandes, bien redondeados embebidos en una matriz micrítica). Esta litología puede ser explicada de la

siguiente forma: Organismos bentónicos sésiles como algas calcáreas, corales, briozoarios, conchas de pelecípodos, ostrácodos, foraminíferos bentónicos, indican un biotopo original de alta energía como el arrecife central, y una depositación posterior en un ambiente de baja energía como la laguna antearrecifal. Esta litología puede ser característica de zonas por detrás del arrecife, donde la alta energía del oleaje, fragmenta y re TRABAJA los aloquímicos y la energía de la corriente los deposita en la laguna, donde dominan condiciones de baja a moderada energía.

OESTE

ESTE

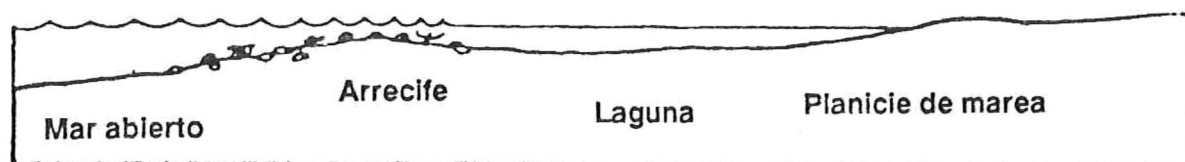


Figura 5. Modelo de depositación de la sección carbonatada en la Mesa de la Sepultura.

De acuerdo a la clasificación de Flügel (1982) de ambientes subacuáticos, La Mesa de la Sepultura presenta tres tipos de microambientes en la sección carbonatada y son (Figura 5) :

- * Zona submareal somera: Caracterizada por la diversidad de organismos y la presencia de Dasycladaceas y coralinas, el límite inferior puede ser estimado en 30 mts., en base a las primeras.

- * Zona intermareal: Caracterizado por la presencia de rodolitas.

- * Zona supramareal: Caracterizado por la presencia de caliche en forma de laminaciones.

Los estratos carbonatados en general están constituidos de un basamento de alta energía, en este caso el lithorizonte rojo, que nos indica una transgresión sobre depósitos preexistentes, seguido por facies de plataforma restringida como lo son wackestone o packstone bioclásticos donde la matriz es micrítica. La secuencia se va haciendo progresivamente más somera hasta tener caliche laminado que nos indica condiciones supramareales. A este tipo de secuencia, James (1984) y Scoffin (1987) le denominan Secuencia Progresivamente más somera ("Shallowing Upward Sequence").

Estas condiciones pueden ajustarse al modelo eustático de Wilkinson (1982), en donde el rango de sedimentación de carbonatos es constante, pero el rango de subsidencia o absoluta posición del nivel del mar no lo es y puede cambiar periódicamente. Durante periodos de estabilidad o leve elevación del nivel del mar, la secuencia progresa a través de la plataforma dando una típica "Shallowing Upward Sequence" (Fig.6).

James (1984), establece que el ambiente submareal nos refleja las condiciones marinas adyacentes y el supramareal el ambiente terrestre, en particular el clima. La presencia de caliche en la parte tope de la columna nos indica condiciones áridas a semiáridas (Pettijohn, 1975; Flügel, 1982; Blatt, Middleton y Murray, 1980), donde se repiten largos periodos secos con estaciones húmedas (Wilson, 1975; Mc Bride, 1974), y la evaporación excede a la lluvia anual. (Flügel, 1982). De esta forma se puede afirmar que para la mesa de la Sepultura, las condiciones imperantes eran tropicales áridas.

Debido a que las facies cambian muy rápidamente de una sección a otra, esto es indicativo de una plataforma de pequeña extensión.

Notablemente la secuencia clástica de la Formación Sepultura, coincide faunísticamente con la Formación Martínez fechada para el Paleoceno Superior y la sección carbonatada es aparentemente biocorrelacionable con la Formación

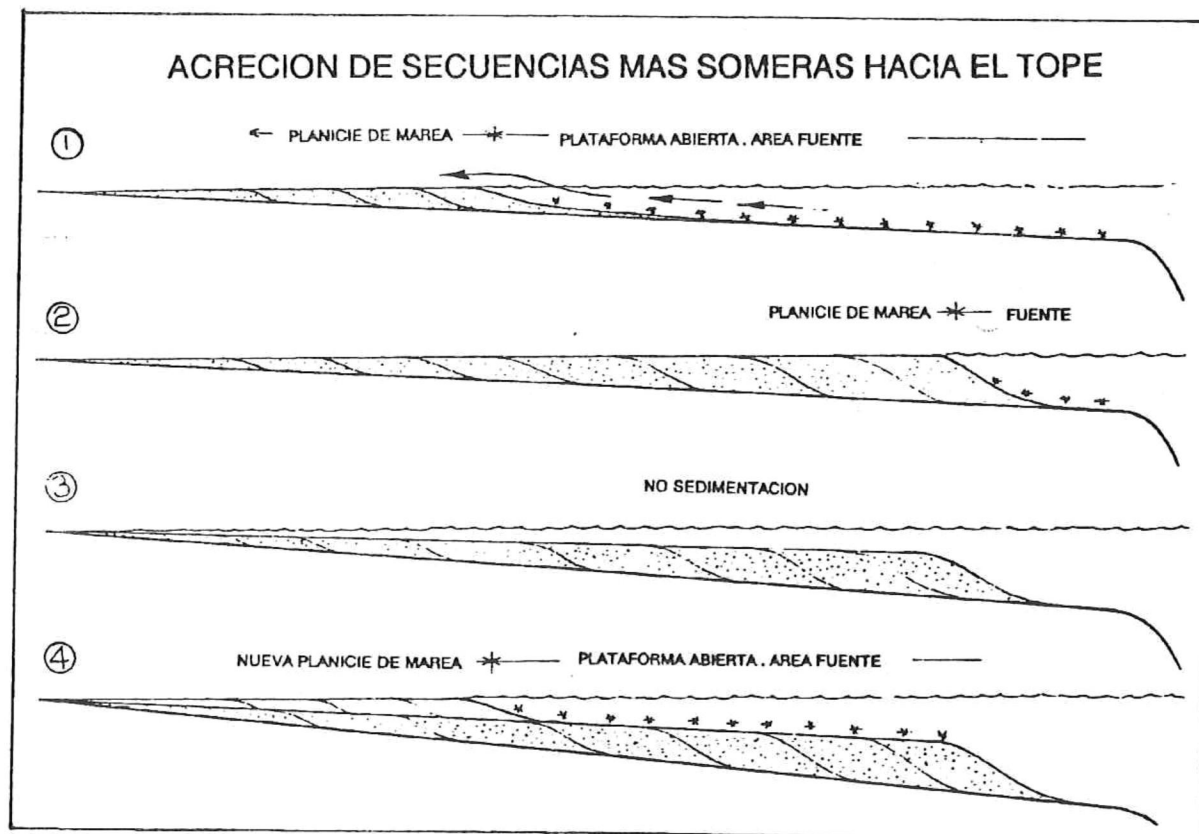


Figura 6. Modelo de acreción de una secuencia carbonatada progresivamente más somera hacia el tope de la columna. (Tomado de Wilkinson, 1982).

Capay del Eoceno temprano (California, USA), la cual està constituida también por carbonatos y por la presencia de algas calcàreas y foraminíferos orbitoidales. Por otro lado de acuerdo a Flügel (1982), durante el Eoceno temprano hubo un remplazo de oncoides de spongiostroma por rodolitas de algas calcàreas, presentes en la parte basal de la sección carbonatada, lo que viene apoyar la posible correlación con la Formación Capay.

VIII. CONCLUSIONES

- 1.- Para el àrea de la Sepultura, se reconocen dos paleoambientes mayores; el primero de ellos, donde predominó una sedimentación clàstica y el segundo una depositación de carbonatos.
- 2.- Ambos paleoambientes se depositaron en una cuenca estrecha, donde la depositación fué de este a oeste.
- 3.- Durante la sedimentación clàstica las tormentas periódicas de gran magnitud fueron un importante factor de sedimentación, reflejandose esto en estratos consolidados fosilíferos intercalados en sedimentos sublitorales. Estos estratos corresponden a tempestitas proximales depositadas por debajo de la base de la ola de tormenta.
- 4.- La profundidad de depositación fué alrededor de los 30 mts. indicado esto por fauna y litología. En este último aspecto la abundante presencia de glauconita, la cual se incrementa hacia el tope de la sección, indica que este mineral no se formó dentro de la cuenca, sino que proviene de rocas preexistentes.
- 5.- La depositación de los carbonatos implicó un abrupto cambio ambiental manifestado por una regresión al que le sucedió una trangresión.
- 6.- Durante la depositación de carbonatos dominaban condiciones marinas tropicales àridas.
- 7.- El modelo de sedimentación se asemeja al de Wilkinson (1982), donde el rango de sedimentación excede a la subsidencia dando como resultado una secuencia progresivamente màs somera.

8.- La secuencia clàstica faunísticamente es biocorrelacionable con la Formación Martínez del Paleoceno tardío de California, E.U., y la secuencia carbonatada presumiblemente con la Formación Capay del Eoceno temprano del mismo Estado , esto último basado en las condiciones ambientales de depósito, cambios eustàticos del nivel del mar y preliminarmente por paleontología.

IX. LITERATURA CITADA.

- Adey, W.H. e I.G., Mac Intyre, 1973**, Crustose Coralline Algae : A Re-evaluation in Geological Sciences, G.S.A. bulletin, v. 84, marzo 1973, p.883-904.
- Aigner, T., 1982**, Calcareous tempestites: Storm-dominated stratification in Upper Muschelkalk Limestone (Middle Trias, S-W Germany) *en* Einsele, G. y A., Seilacher (edit.), 1982, Cyclic and Event Stratification, Springer-Verlag, p.180-198.
- Aigner, T., 1985**, Storm Depositional Systems, Springer-Verlag, pp.173.
- Allen, J.R.L., 1982**, Sedimentary Structures: their character and physical basis., Develop. Sedimentol. 30 A y B, Elsevier, Amsterdam, A:523 pp., B:663 pp.
- Ayala Castañares, A., 1965**, Estudio de Algunas Algas Calcáreas del Cretácico Superior y del Eoceno de la Región Central del Estado de Chiapas, México., Paleontología Mexicana, num. 22, p.1-16.
- Bandy, O.L. y R.E., Arnal, 1960**, Concepts of Foraminiferal Paleoecology, A.A.P.G. bulletin, vol. 44, no. 12, p.1921-1932.
- Beal, C.H., 1948**, Reconnaissance of the Geology and Oil Possibilities of Baja California, México: G.S.A. mem. 31, pp. 138.
- Blatt, H., G., Middleton y R. Murray, 1980**, Origin of Sedimentary Rocks, Prentice-Hall Inc., second edition, pp.782.
- Boehm, M., 1984**, An Overview of the Lithostratigraphy, Biostratigraphy and Paleoenvironments of the Late Neogene San Felipe Marine Sequence, Baja California Peninsula, S.E.P.M., Pacific sec., vol.39, p. 253-265.
- Boltoskoy, E. y R. Wright, 1976**, Recent Foraminifera, Dr. W. Junk B.R. Publisher, The Hague, Netherlands, pp. 515.
- Compton, R.R., 1970**, Manual of Field Geology, Wiley Publishers, New York, pp. 378.
- Cushman, J.A. y M.A., Hanna, 1927**, Foraminifera from the Eocene Near San Diego, California, San Diego Society, Soc. Nat. Hist. Trans., vol. 5:4, p. 45-64.
- Darteville, E. y E., Casier, 1943**, Les Poisson Fossiles Du Bas-Congo et des Regions Voisines (Première partie), Tervuren (Belgique).
- Dodd, R.J. y R.J.jr., Stanton, 1981**, Paleoecology, A Wiley-Interscience Publication, pp.559.

- Dörjes, J. y G. Hertweck, 1975**, Recent Biocoenoses and Ichonocoenoses in Shallow-Marine Environments, *en* R. Frey (ed.), The Estudy of Trace Fossils, Springer New York, p. 459-91.
- Durham, J.W., 1950**, Cenozoic Marine Climates of the Pacific Coast, G.S.A. bulletin, vol. 61, nov. 1950, p. 1243-64.
- Ekdale, A.A., R.G., Bomdley y S.G., Pemberton, 1984**, Ichnology: The Use of Trace Fossils in Sedimentology and Stratigraphy, S.E.P.M., Short Course No.15, pp.316.
- Embry, A.F. y E.J., Klovan, 1972**, Absolute Wather Depth Limits of Late Devonian Paleoecological Zones, Geol. Rdsh., 61/2.
- Flügel, E., 1982**, Microfacies Analysis of Limestone, Springer-Verlag, pp.633.
- Folk, R.L., 1974**, Petrology of Sedimentary Rocks, Hamphill Publ., pp. 170.
- Frost, S.H. y R.jr., Langenheim, 1974**, Cenozoic Reef Biofacies, Northern Illinois University Press, pp.535.
- Gall, J.C., 1983**, Ancient Sedimentary Environments and the Habitants of Living Organism, pp.219.
- Ginsburg, R., Rezak y J.L. Wray, 1977**, Geology of Calcareous Algae. Notes for a short course, Division of Marine Geology and Geophysics, University of Miami, p. 1.1-15.2 .
- Goddard, E.N., et. al, 1980**, Rock Color Chart, G.S.A.
- Haq, B.U. y A., Boersma (edit.), 1978**, Introduction to Marine Micropaleontology, Elsevier Biomedical, pp.376.
- Heckel, P.H., 1972**, Reconogtition of Ancient Shallow Marine Environments *en*: Rigby, J.K. y W.K., Hamblin (eds.), Reconogtition of Ancient Sedimentary Environments, p.226-276.
- Heim, A., 1922**, Notes on the Tertiary of Southern Lower California, Geol. Mag. vol.5, no. 702, p. 529-547.
- Hjulström, P.F., 1939**, Transportation of Detritus by Moving Water *en* Trask, P.D. (ed.), Recent Marines Sediments, p. 5-31.
- James, N.P., 1984**, Shallowing-Upward Sequence in Carbonates *en* Walker, R.(edit.), 1984, Facies Models, second edition, p.213-228.
- Keen, M.A. y E., Coan, 1974**, Marine Molluscan Genera of Western North America: An Ilustrated Key, Standford University Press, pp.208.
- Kilmer, F.H., 1963**, Cretaceous and Cenozoic Stratigraphy and Paleontology, El Rosario Area, Baja California, México, Tesis de maestría no publicada, Universidad de Berkeley, California, USA, pp. 216.
- Laporte, L.F., 1979**, Ancient Environments, The Prentice Hall, pp. 163.

- Lees, A. y A.T., Buller, 1972**, Modern Temperate-Water and Warm-Water Shelf Carbonate Sedimentation. *Mar.Geo.* 19, p. 159-198.
- Le Moine, P., 1911**, Structure Anatomique des Mélobésiées, aplicación à la classification, *Annales de L' Institut Océanographique*, p.53-60.
- Mallory, S.V., 1959**, Lower Tertiary Biostratigraphy of the California Coast Ranges, *A.A.P.G.*, pp.416.
- Mc Bride, E.F., 1974**, Significance of Color in Red, Green, Purple, Olive, Brown, and Gray Beds of Difunta Group, Northeastern, México., *J.Sed.Pet.* 44(3), p.760-773.
- Odin, G.S. y A., Matter, 1981**, De Glauconiarum Origine, *Sedimentology* 28(5) oct.1981, p. 611-642.
- Patterson, D., 1978**, The Foraminiferal Biostratigraphy and Paleoecology of the Type Rosario Formation, El Rosario, Baja California. Tesis de Maestría, Universidad de Santa Barbara, Calif.
- Pettijohn, F.J., 1975**, Sedimentary Rocks, Harper & Row Publishers, pp.628.
- Potter, P.E. y F.J., Pettijohn, 1977**, Paleocurrents and Basin Analysis, Springer-Verlag, New York, pp.269.
- Santillàn M. y T., Barrera, 1930**, las Posibilidades Petrolíferas en la Costa Occidental de la Baja California entre Los Paralelos 30 y 32 de Latitud Norte: *Anales del Instituto de Geología, México.* v.5, p.1-37.
- Schopf, J.M., 1980**, Paleooceanography, Harvard University Press, pp. 341.
- Scoffin, T.P., 1987**, An introduction to Carbonate Sediments and Rocks, Chapman & Hall, New York.,pp. 274.
- Seibold, E. y W.H., Berger, 1982**, An Introduction to Marine Geology, Springer-Verlag, pp. 228.
- Shimer, H.W. y R.R., Shorck, 1963**, Index Fossils of North America, The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, pp. 873.
- Swanson, R.G., 1985**, Sample Examination Manual: Methods in Exploration Series, *A.A.P.G.*
- Taylor, J., 1978**, Cenozoic, *en* Mc Kerrow, W.S.(edit.), The Ecology of Fossils, The MIT Press, p.323-351.
- Vail, P.R., R.M. Mitchum jr. y S. Thompson III, 1978**, Seismic Stratigraphy and Global Changes in Sea Level *en* Seismic Stratigraphy: Applications to Hydrocarbor Exploration, *A.A.P.G.*, memoria 26, parte 4, p. 83-97.
- Veràstegui, P., 1953**, The Pelecypod Genus Venericardia in the Paleocene and Eocene of Western North America, vol.3, no. 25, Paleontological Research Institution, pp.113.

- Wilkinson, B.R., 1982**, Cyclic Cratonic Carbonates and Phanerozoic Calcite Seas., *Journal of Geological Education*, 30 p. 189-203.
- Wilson, J.L., 1975**, Carbonate Facies in Geological History, Springer-Verlag, p.1-461.
- Wray, J.L., 1977**, Calcareous Algae, *Developments in Paleontology and Stratigraphy*, no.4, Elsevier Publishing Company, p.123-161.
- Zinsmeister, W.J., 1983a**, New Late Paleocene Molluscs From The Simi Hills, Ventura County, California., *Journal of paleontology*, v. 57, no. 6, pp. 1282-1303.
- Zinsmeister, W.J., 1983b**, Late Paleocene ("Martínez Provincial Stage") Molluscan fauna From the Simi Hills, Ventura County, California *en* Squires, R. y Filewicz, M. (edit.), 1983, *Cenozoic Geology of the Simi Valley Area, Southern California*, Pacific Section, S.E.P.M., fall trip volume and guidebook, p.61-70.
- Zinsmeister, W.J., 1987**, Recopilación de llaves de identificación de organismos del Paleoceno-Eoceno, Trabajo no publicado, Universidad de Purdue, Indiana, USA, pp.640.