



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS

**INTERPRETACION DE LOS PROCESOS COSTEROS
PARA LA FORMACION SAN DIEGO, EN EL AREA
DE TIJUANA B. C. MEXICO.**



**TESIS
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
OCEANOLOGO
PRESENTA**

VICTOR MANUEL HEREDIA DE LA PAZ

ENSENADA B. C. ENERO DE 1992.

INTERPRETACION DE LOS PROCESOS COSTEROS EN LA
FORMACION SAN DIEGO, EL AREA DE
TIJUANA, BAJA CALIFORNIA, MEXICO.

TESIS QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

OCEANOLOGO

PRESENTA

VICTOR MANUEL HEREDIA DE LA PAZ

APROBADA POR:


M. C. JORGE LEDESMA VAZQUEZ
Presidente del Jurado


OC. FRANCISCO J. ARANDA M.
Sinodal Propietario


OC. GUILLERMO E. AVILA S.
Sinodal Propietario

Ensenada B.C., Enero de 1992

I N D I C E

	Pag
AGRADECIMIENTO	I
DEDICATORIA	II
RESUMEN	1
INTRODUCCION	2
ANTECEDENTES	6
OBJETIVOS	12
DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO	13
METODO	14
RESULTADOS	16
DISCUSION E INTERPRETACION	25
CONCLUSIONES	38
BIBLIOGRAFIA	41

TABLA DE FIGURAS Y FOTOGRAFIAS

FOTOGRAFIAS NO.	Pag. No.
1	i
2	ii
3	iii
4	iv
5	v
6	vi
7	vii

FIGURAS NO.	Pag. No.
1	i*
2	2i
3	3i
4	4i
5	5i
6	6i

TABLA DE FIGURAS Y FOTOGRAFIAS

FIGURAS NO.	Pag. No.
7	7i
8	8i
9	9i
10	10i
11	11i
12	12i
13	13i
14	14i

A G R A D E C I M I E N T O S

A mi maestro JORGE LEDESMA VAZQUEZ por su motivacion de siempre, que fue importante cuando con el tiempo asomaba a mis aninos el desaliento, su paciencia en la realizacion de este trabajo, el cual nos brindo la oportunidad de estrechar una gran amistad.

A los maestros Francisco J. Aranda, Guillermo E. Avila, Jose Luis Ferman y Rigoberto Guardado por el tiempo que dedicaron en revisar este escrito y sus grandes aportaciones para mejorarlo.

A mis maestros de clase, gracias, por haber puesto su mejor esfuerzo en la formacion de nuevos profesionistas para hacer de este Mexico un Mexico Mejor.

A mis PADRES por confiar y creer siempre en mi.

A mis HERMANOS por ser siempre solidarios en las buenas y en las malas.

A mi Ex-esposa YADHIRA PENLAND MORENO por motivarme a la culminacion de este trabajo importante en mi desarrollo profesional.

A mis grandes amigas que siempre recordare con mucho cariño y agradecimiento, MEDEA, TERESITA, LUZ MARIA, HELENA, NORMA.

A mis amigos Pedro, Raul y Laura por su ayuda y brindarme la oportunidad de compartir su techo cuando visito Ensenada.

A Doña Tere, quien en mas de una ocasion me dio de comer con la esperanza de que algun dia le pagaria, lo que ya se hizo realidad.

A todos quienes compartimos las horas de clase, las de diversion, las horas de ilusion por un futuro prometedor que todos soñamos con alcanzar, a todos ellos que siempre formaran parte de mis mas bellos recuerdos, HELP, LUPE, MARIA DE LOS ANGELES, YAZMIN, EL MONITO, EL MOCHIS, JUAN CARLOS, GILBERTO, JUAN MANUEL, EL PANA Y EL GUAYMAS.

A mi amigo Marlo con quien he compartido esta realidad prometedora pero no tan suave, gracias.

RESUMEN

En el área de Tijuana se realizó la identificación de los procesos sedimentológicos ocurridos dentro de la Formación San Diego en el lado Oeste de la ciudad, se estudiaron cuatro columnas estratigráficas haciendo un análisis de sus características tanto litológicas como estratigráficas y bioestratigráficas de las cuales, la primera sección estudiada se asume fué formada en un medio ambiente de depositación de origen fluvial.

Del resto de las columnas estudiadas en éste trabajo, encontramos que éstas fueron depositadas en un medio ambiente de tipo marino, reflejandose ésto principalmente por los fósiles aquí descritos, y como un rasgo muy especial en ésta formación y principalmente para estas columnas estudiadas encontramos que fueron depositadas en un sistema deltaico, encontrando claramente identificadas las principales áreas de un delta en nuestras columnas, tales como la planicie deltaica, canales distributarios, zonas de riveras, barras en la boca de los canales distributarios y el frente deltaico entre otros.

INTRODUCCION

La Formación San Diego de edad Plioceno-Pleistoceno (Figura No. 1) está caracterizada por areniscas micaceas interestratificadas con tonalidades gris claras y amarillo naranja, éstas arenas se encuentran bien sorteadas y sus tamaños van de finos a medios (Hertlein & Grant en Vanderhurst, 1976) . Además interestratificados con éstas areniscas tenemos la presencia de conglomerados tamaños guijas y guijarros. La Formación se divide en dos miembros muy bien diferenciados entre sí, uno superior y otro inferior, el inferior que consta de mas de 60 m de arena, cuyos tamaños van de finos a medios y en el cual encontramos varios lentes de conglomerados; el superior está constituido por más de 30 m. de areniscas color amarillo oscuro y cuyos tamaños varían de medios a gruesos, éste miembro contiene también conglomerados de origen igneo y algunos clastos de glaucofano, cuyos tamaños varían entre guijas y guijarros (Minch, 1967).

En el área de Pacífico Beach en el condado de San Diego se encuentra la localidad tipo para la Formación San Diego. Arnold (1903) reportó el mejor afloramiento para la formación en dicha área, y además él fué el primero en utilizar el término de Formación San Diego para nombrar ésta unidad litológica (Deméré, 1982).

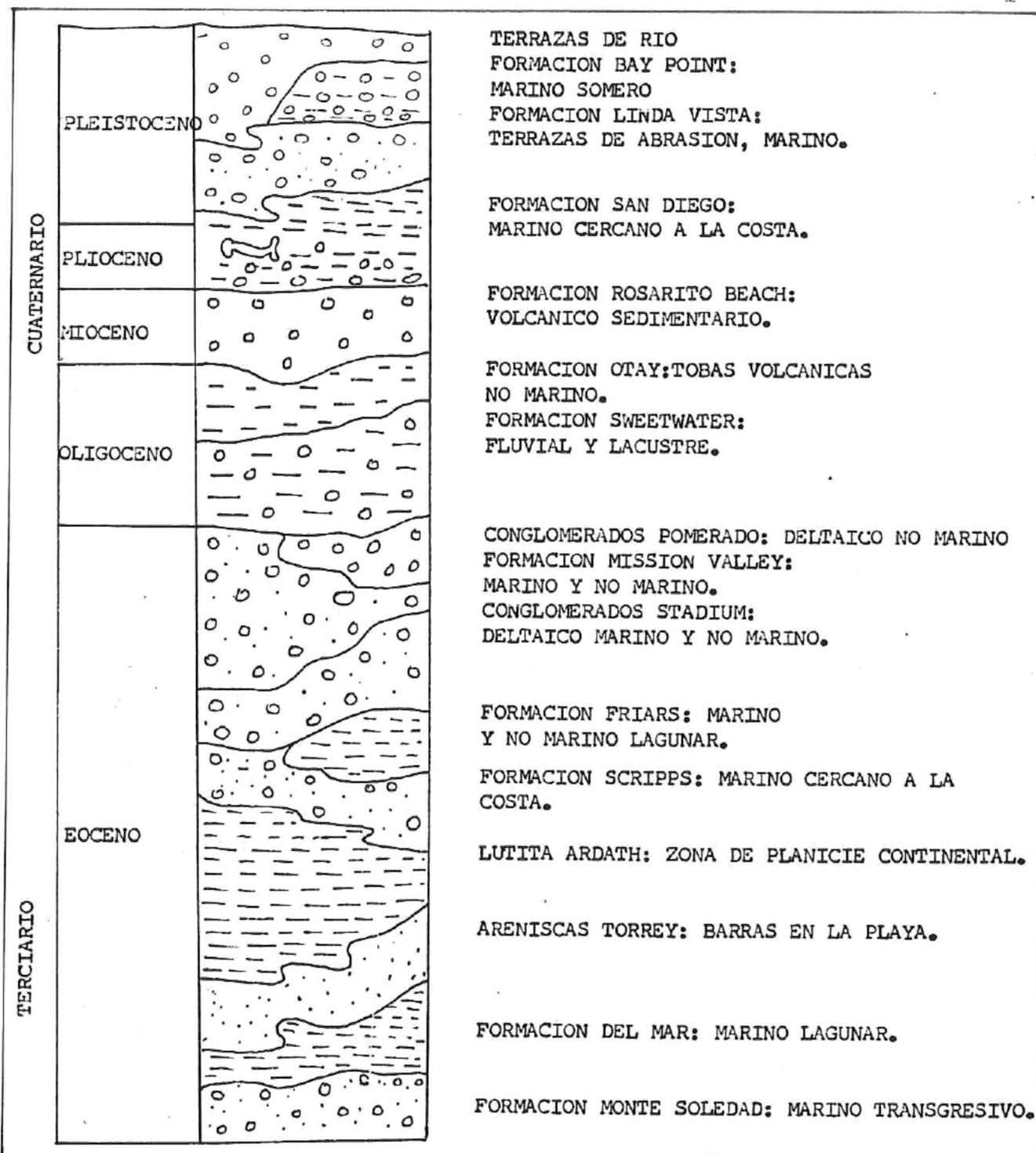


FIGURA No. 1 SECCION ESTRATIGRAFICA GENERALIZADA DEL AREA DE SAN DIEGO, DONDE ALGUNAS DE LAS FORMACIONES SON CORRELACIONABLES CON OTRAS EN EL AREA DE TIJUANA.
(MODIFICADO DE VANDERHURST, 1976).

La Formación San Diego la encontramos expuesta tanto en el condado de San Diego como en el área de Tijuana. Del lado de Estados Unidos la podemos encontrar al Sur del río San Diego, en el costado Sur del Monte Soledad cuya litología es muy variable pero consiste principalmente de areniscas tamaños finos y tonalidades de gris claras a amarillo, además de conglomerados usualmente no cementados y su redondez va de angular a subangular. En el área de Tijuana la encontramos expuesta en muchas zonas a lo largo de la línea costera.

La geometría de la Formación es en forma de cuña (Elliot, 1986) , y encontramos que se engrosa en sus lados Sur y Oeste, y muy delgada en sus partes Norte y Este. Su espesor varía de unas cuantas decenas de centímetros en un corte de carretera localizado en un estacionamiento al lado Este del campus de San Diego State University, a mas de 330 m. no expuestos dentro del área de Imperial Beach . El máximo espesor expuesto es de 60 mts. aproximadamente y ocurre cercano al centro de San Diego (Mandel, 1974).

La diferencia en el contenido de feldespatos y fragmentos de rocas plutónicas sugieren que la Formación San Diego es derivada de dos fuentes locales; una es de sedimentos del Eoceno, especialmente los del grupo Poway.

La segunda fuente es del basamento local, en menor composición de rocas plutónicas, volcánicas y fragmentos rocosos metamórficos. Estas dos fuentes se encuentran bien expuestas al Este y Noreste del área de afloramiento de la Formación San Diego (Mandel, 1974).

En el área de Tijuana, la Formación la encontramos expuesta en una localidad hacia el Este de la ciudad, la cual presenta areniscas tamaño medio y conglomerados de origen ígneo cuyo tamaño varía entre guijas y guijarros, cuya redondez va de angular a subangular, además presenta algunos lentes de areniscas con estratificación planar y cruzada a diferentes intervalos, ésta sección por sus características es interpretada como de un medio ambiente fluvial (Ledesma & Strand, 1989).

Los estratos fosilíferos dentro de las arenas de la Formación contienen una abundante fauna marina, de las cuales cinco especies vivieron enteramente dentro de la época del Plioceno y por lo cual esa edad es asignada parcialmente a la Formación San Diego. Dichas especies son: *Anadara* (*Scapharca*) *Trilineata*; *Pecten* (*Pecten*) *opuntia*, *Pecten* (*Patinopecten*) *healeye*; *Venus* (*Chione*) *Securis fernandoensis* y *Cancellaria hemphilli* (Minch, 1967).

La fauna descrita para la Formación San Diego contiene especies representantes de tres medios ambientes diferentes; Calliostona, Ocenebra, Acanthina, Tegula, Thais, Ostrea, Hinnites y Architectonia, indicadores de una área costera rocosa litoral a sublitoral. Tivela, Dentalium, Cadulus, Dendraster y ciertos bivalvos, los cuales sugieren un medio ambiente de costa abierta y sustrato arenoso. Nuculana, Panope, Spisula, Tresus, y Nassarius son especies predominantes que indican un sustrato lodoso fino o lodoso arenoso y una profundidad de sublitoral o de área protegida (Rowland, 1972).

Carcharodon megalodon, especie nueva para sedimentos del Plioceno es reportada por Minch y Ashby (1984), colectada en el conglomerado basal arenoso de la localidad La Joya en el área de Tijuana, fué encontrada bien preservada y en apariencia no es retrabajada de otros sedimentos, la edad de ésta especie es del Mioceno y es abundante en muchas áreas de California y Baja California.

Para la Formación San Diego en el área de Mission Valley, encontramos descritas 56 especies de microfósiles, de los cuales 34 especies son foraminíferos bentónicos, 11 foraminíferos planctónicos y 11 especies son Ostracodos (Mandel, 1974).

ANTECEDENTES

Dall (1874), describió la presencia de fósiles moluscos registrados del "Old San Diego Well" con arenas en el parque Balboa de San Diego, donde se describe dicha sección de aproximadamente 48 m. expuestos y descritos simplemente como areniscas tamaño fino y en algunos casos fuertemente cementada y en otros solo ligeramente cementadas.

En 1889, Orcutt dió una descripción más detallada de la sección Old San Diego Well, anotando que a una profundidad de 27 m. se encuentra un estrato de areniscas en el cual fueron encontrados restos de varios fósiles moluscos, y entre los 42 y 48 m. encontró una rica variedad de conchas bien preservadas, interestratificadas en una matriz fresca compuesta de arenas tamaño fino y lodo.

Después, en 1898, Dall usó el nombre de "San Diego Beds" para incluir las rocas fosilíferas encontrados en la sección Well, y también asignó dicho nombre a estratos de los cantiles en el área de Pacific Beach en el lado Sur de Monte Soledad correlacionandolo a estratos de la isla Hombres Muertos y Harbor Hill en el área de San Pedro, California.

Por primera ocasión Arnold 1903, usó el nombre "Formación San Diego" y puntualizó que el mejor afloramiento se encontraba en el área de Pacific Beach, pero dió total crédito a Dall al nombrar ésta unidad, a pesar que nunca usó el término "Formación" en su anterior discusión.

Arnold en 1906, específicamente se refirió a los estratos expuestos en Pacific Beach como la sección tipo de la Formación San Diego e incluyó un listado faunal de fósiles invertebrados encontrados en la sección tipo.

En su trabajo de 1964, Gunther dividió la Formación San Diego sobre la pendiente Sur del Monte Soledad en: Miembro inferior de limolitas, compuesto de areniscas en estratificación masiva, color amarillo, tamaños micáceos y granos finos; y limolitas con ocasionales capas discontinuas de conglomerados tamaño guijas y areniscas tamaño medio . Y un miembro superior clástico grueso compuesto de arenas, conglomerados tamaño guijas, color obscuro , en estratificación masiva y estratos de areniscas bien sorteadas.

Un trabajo cartográfico realizado por Minch en 1967, muestra depósitos del Neogeno en el Noroeste de Baja California y divide la Formación San Diego en dos miembros; uno inferior con un espesor de 60 m. y compuesto de areniscas de color azul-gris a amarillo obscuro con algunos lentes discontinuos de conglomerados, y un miembro superior con 30 m. de espesor y compuesto de areniscas y conglomerados tamaño guijarros.

En 1968, Flynn estudió la geología del área La Gloria-Presa Rodríguez, e hizo un trabajo cartográfico donde describe los estratos que por las características de la fauna, pueden ser correlacionadas a la misma Formación San Diego del condado de San Diego.

En el año de 1972, Budd describió la estructura y estratigrafía del área de Tijuana y muestra una sección estratigráfica generalizada del área donde sus miembros de areniscas y conglomerados los considera parte de la Formación San Diego.

Rowland (1972), en su trabajo menciona haber encontrado más de 100 especies de invertebrados fósiles, colectados de una arenisca gris de la Formación San Diego, aflorando a lo largo de la costa del Noroeste de Baja California, y la evaluación paleoecológica de fauna con sedimentos asociados, la cual le sugiere que la fauna se acumuló en una área de profundidad somera, cercana a bancos submarinos o área somera rocosa.

Trabajando con la Formación San Diego, Mandel en 1974, admite que la inclinación o echado para ésta Formación puede ser de origen depositacional, además basado en evidencias micropaleontológicas describe que el medio ambiente para ésta Formación en su área de trabajo pudo ser una pendiente deltaica.

Con ayuda de sus trabajos cartográficos Vanderhurst en 1976, concluye que la zona de falla La Nación representa una serie de fallas normales y subparalelas con dirección Noroeste y con un echado al Oeste y además que una porción de la falla La Nación se encontraba activa antes de la depositación de la Formación San Diego.

En 1977, Kennedy & Tan dividieron la Formación San Diego en las áreas de National City, Chula Vista y San Ysidro en "Arenisca de la parte inferior", compuesta de areniscas color amarillo obscuro, pobremente sorteadas, con tamaño de fino a medio y localmente cementadas por carbonatos. Y una "Parte superior conglomerática" compuesta por guijas, guijarros y cantos rodados inmersos en una matriz de areniscas tamaño grueso, ellos señalaron que la parte conglomerática descansa generalmente por encima y al Oeste de areniscas de la parte inferior y que en algunas ocasiones se entrelazan.

En los estudios faunísticos de Grotts (1981), para el Pleistoceno en las localidades UCMP 9003 y UCMP 9005, describe fauna asociada a medios ambientes de depositación en zonas de sublitoral protegidas y áreas rocosas submergidas en la costa, lo cual describe mezclas de fauna representando más de una comunidad y reflejando además la variedad de sustratos presentes en ambientes de sublitoral somero.

Trabajando con la Formación San Diego Deméré en 1982, describió otros afloramientos de la parte superior de la misma compuesta por rocas sedimentarias de grano grueso en la localidad del Cañón Florida en el área del parque Balboa, encontrando la mejor área expuesta en la parte posterior de los patios de mantenimiento de la ciudad. La sección consiste de una parte basal con espesor de 4.5 m. la secuencia es marina y de color gris a oscuro, su estratificación es masiva y en algunas partes presenta estratificación cruzada, dicha estratificación se encuentra cementada y con un espesor de 20 cm.

En 1984, Richardson realizó un trabajo en la Formación San Diego en el área de Western Salton Trough, California, donde describe sus unidades litológicas en especial la unidad A, sobre la cual el sugiere representa dos medios ambientes de depositación, marino y no marino, además indica que cuando la carga de sedimentos entra al océano o mar la corriente fluvial desacelera y la carga de sedimentos es depositada, si ésta carga de sedimentos es muy alta los procesos en la cuenca tales como olas, mareas y corrientes no son suficientes para dispersar los sedimentos, entonses se desarrolla un delta de tipo lobado.

OBJETIVOS

Identificar los procesos sedimentológicos ocurridos en la Formación San Diego para el área Oeste de la ciudad de Tijuana, para así reconocer los medios ambientes sedimentarios representados para el área de estudio. Incorporando a lo anterior una descripción estratigráfica para dicha Formación.

DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO

Al Noroeste de Mexico , en la ciudad de Tijuana encontramos ampliamente distribuida en diferentes localidades la Formación San Diego, la cual además cuenta con varias secciones de fácil acceso para su estudio, (Figura No. 2).

Las localidades a ser estudiadas son: Sección Este y Oeste del fraccionamiento Soler. Diferentes afloramientos a lo largo del cañón los Laureles, varios cortes sobre la carretera Tijuana-Playas de Tijuana, algunos otros cortes entre el tramo de la carretera a Playas de Tijuana y la primera caseta de cobro de la carretera Tijuana-Ensenada (Figura No. 3).

Nuestro estudio se limitará a la sección Oeste de la Formación San Diego, por lo que la zona de estudio se extiende en una área rectangular que limita al Norte con la frontera de Los Estados Unidos., al Sur con la localidad La Joya, al Este con una sección del Fraccionamiento Soler , y al Oeste con Playas de Tijuana.

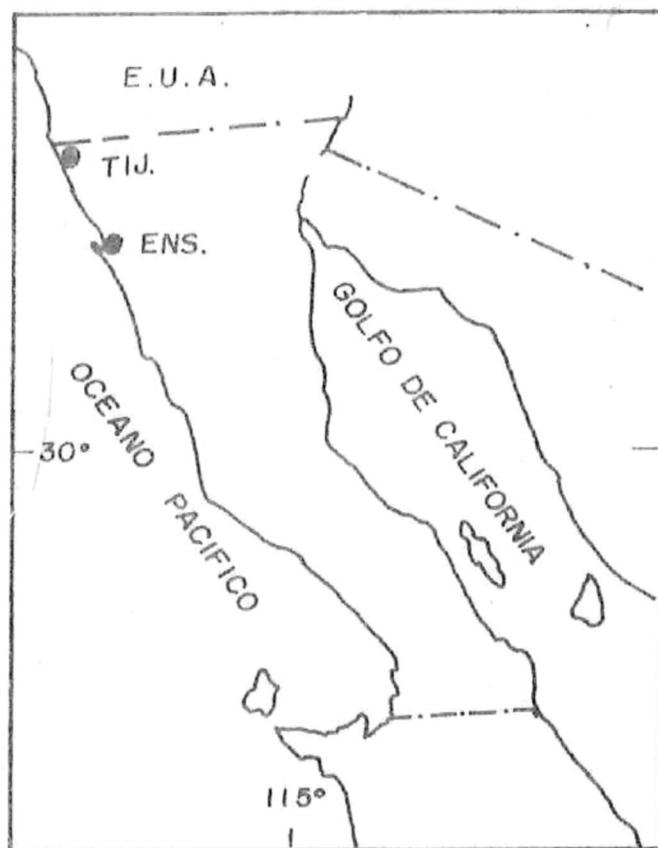


FIG. No. 2 MAPA DE LOCALIZACION MOSTRANDO LA UBICACION DE LA CIUDAD DE TIJUANA

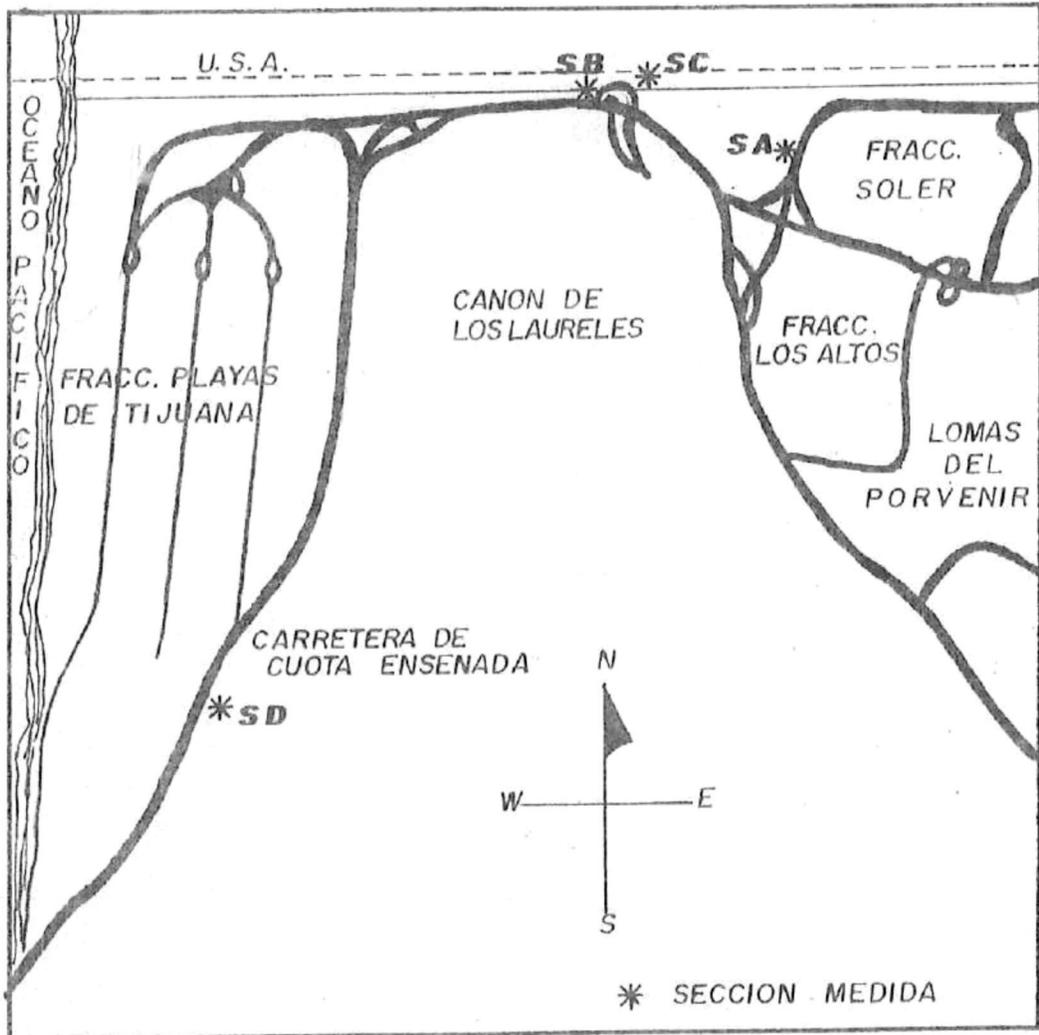


FIG. No. 3.- MAPA DE LOCALIZACION DE LAS COLUMNAS ESTRATIGRAFICAS ESTUDIADAS.

M E T O D O

Para la realización de éste estudio, básicamente se hizo la interpretación estratigráfica de cuatro columnas, las cuales fueron seleccionadas por presentar una buena forma de acceso para su observación y estudio.

Los modelos sedimentarios que servirán de punto de comparación para la interpretación de los resultados obtenidos en éste trabajo son los presentados por Walker, (1984). Elliott, (1986). Grotts, (1981) y Mandel, (1974).

Así como para la interpretación local, los trabajos previos de Minch y Ashby (1984); Rowland (1972) y Valentine (1957).

Para el levantamiento estratigráfico de las columnas se utilizaron los siguientes materiales:

Libreta de campo.

Martillo Geológico.

Lente de mano con aumento de 10x.

Brújula Brunton.

Cinta Métrica.

El levantamiento de las columnas estratigráficas se realizó describiendo capa por capa, tomando en cuenta características tales como tipo de litología, tamaño y color de grano en el caso de las areniscas. Redondez, tamaño y origen en el caso de conglomerados, además de matriz o cemento dentro del cual se encontraban inmersos. Se identificaron estructuras primarias de sedimentación y fauna fósil contenida en los estratos, también se definieron los tipos de contactos existentes entre cada estrato. Con la Brújula Brunton se realizaron mediciones de rumbo y echado para las capas más características, y con la cinta métrica se tomaron los espesores de cada estrato.

RESULTADOS

Los siguientes son resultados obtenidos del levantamiento estratigráfico de cuatro columnas, todas pertenecientes a la Formación San Diego (Figura No. 3). Los estratos en éstas columnas se encuentran descritos individualmente ya que por lo general son estratigráfica y litológicamente diferentes entre sí.

SECCION ESTE DEL FRACCIONAMIENTO SOLER (SECCION A)

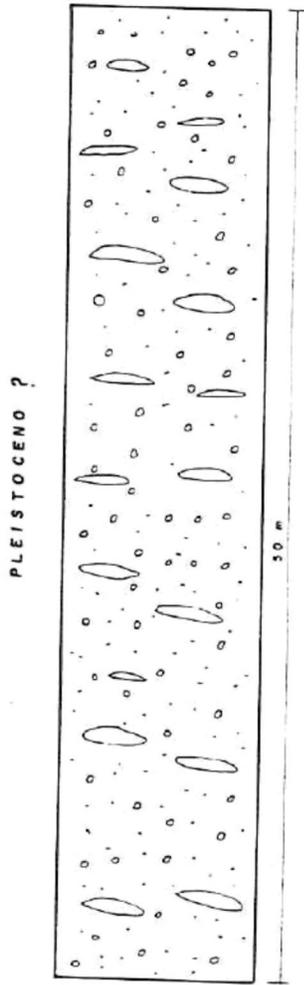
Esta primera columna estratigráfica (Figura No. 4), tiene un espesor de 50 m. su litología es de conglomerados tamaños guijas y guijarros, de buena redondez y de origen igneo en un 99%. Los conglomerados se encuentran inmersos en una matriz de areniscas tamaño grueso y color amarillo oscuro. Presenta también algunos lentes de areniscas tamaño grueso y color gris claro, estos lentes de areniscas presentan estratificación cruzada (Fotografía No. 1).

SECCION ESTE DEL FRACCIONAMIENTO SOLER

(SECCION A)
DESCRIPCION

ESTRUCTURAS
SEDIMENTARIAS

MEDIO AMBIENTE



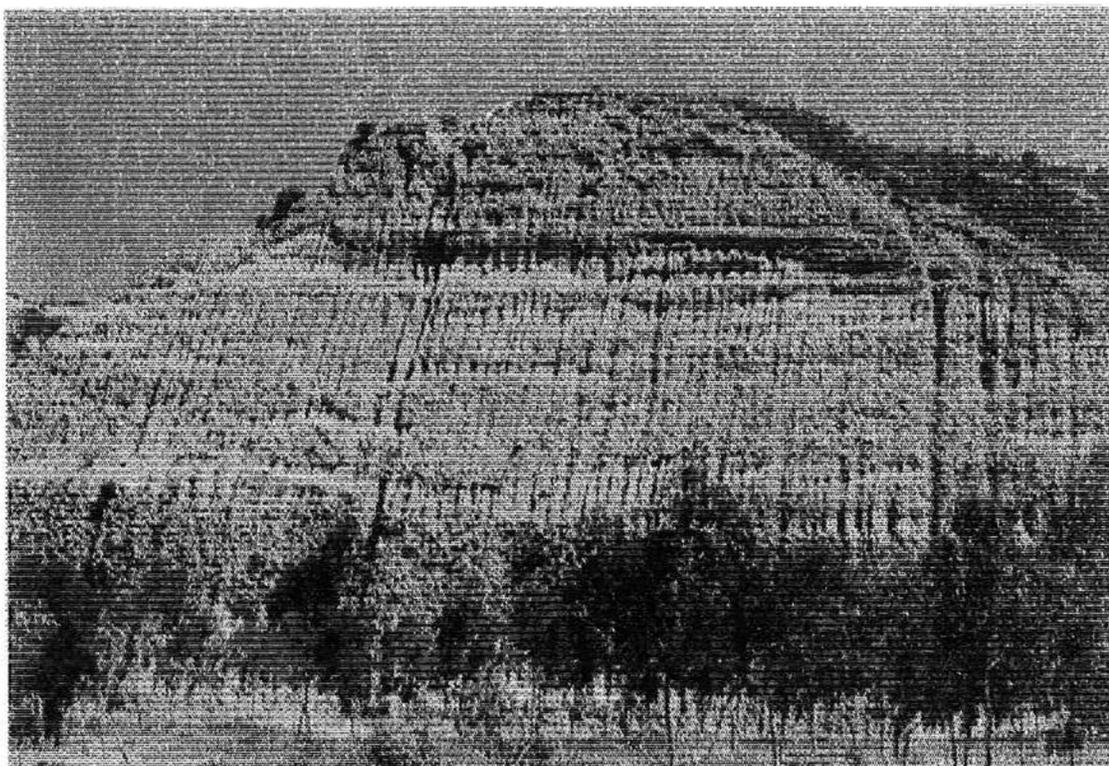
ESTA COLUMNA ESTRATIGRAFICA PRESENTA UN ESPESOR DE 50 M., SU LITOLOGIA ES DE CONGLOMERADOS TAMAÑOS GUIJAS Y GUIJARROS, PRESENTAN UNA BUENA REDONDEZ Y SU ORIGEN ES IGNEO, SE ENCUENTRAN INMERSOS EN UNA MATRIZ DE ARENISCAS TAMAÑO GRUESO Y DE COLOR AMARILLO OSCURO. EN TODA LA COLUMNA SE OBSERVAN LENTES DE ARENISCAS TAMAÑO GRUESO Y DE COLOR GRIS CLARO. LA ESTRATIFICACION EN TODA LA COLUMNA ES DE FORMA LENTICULAR.

ARENISCAS EN ESTRATIFICACION LENTICULAR PRESENTA CONGLOMERADOS TAMAÑOS GUIJAS Y GUIJARROS, ADEMAS PRESENTA LENTES DE ARENISCAS DURANTE TODA LA COLUMNA.

DEPOSITOS DE ORIGEN FLUVIAL, TANTO LOS CONGLOMERADOS CON SU BUENA REDONDEZ Y LA ESTRATIFICACION DE TIPO LENTICULAR ARENISCAS Y CONGLOMERADOS INDICAN QUE LOS CONGLOMERADOS FUERON TRANSPORTADOS UNA GRAN DISTANCIA ANTES DE LLEGAR A CUENCA DEPOSITACIONAL.

FIGURA No. 4

-  CONGLOMERADOS Y ARENAS
-  LENTES DE ARENAS



FOTOGRAFIA No. 1.- AQUI SE MUESTRA LA COLUMNA DE LA SECCION 'A', SU ESTRATIFICACION DEL TIPO LENTICULAR Y SUS GRANDES ES PESORES DE CONGLOMERADOS.

SECCION INFERIOR DEL AREA DEL ACUEDUCTO
EN EL CANON LOS LAURELES
(SECCION B)

Este primer grupo de estratos se caracteriza por su litología compuesta por areniscas, cuyos tamaños van de fino a medio, (Figura No. 5) sus colores varían entre gris claro y amarillo.

Algunos de los estratos presentan estratificación masiva y algunos otros de tipo paralela. Sus contactos superiores en la mayoría de ellos son erosivos, solo en una de las capas se presenta un contacto superior de tipo no erosivo.

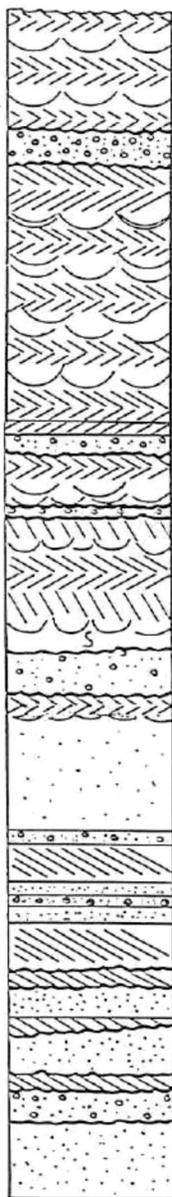
Nuestro siguiente paquete de estratos esta igualmente compuesto por areniscas tamaño grueso, color desde gris hasta amarillo, dos de ellos presentan además de las areniscas conglomerados tamaño guijas y guijarros. La estratificación en las areniscas es masiva, solo en uno de los estratos se presenta estratificación paralela. La característica de este paquete de estratos es que sus contactos superiores son no erosivos.

SECCION INFERIOR DEL AREA DEL ACUEDUCTO
EN EL CAÑON LOS LAURELES
(SECCION B)

DESCRIPCION

FORMACION SAN DIEGO

PLEISTOCENO



11. 21. 22. 23. 24. 25. 26. 27. 28. 29. 30. 31. 32. 33. 34. 35. 36. 37. 38. 39. 40. 41. 42. 43. 44. 45. 46. 47. 48. 49. 50. 51. 52. 53. 54. 55. 56. 57. 58. 59. 60. 61. 62. 63. 64. 65. 66. 67. 68. 69. 70. 71. 72. 73. 74. 75. 76. 77. 78. 79. 80. 81. 82. 83. 84. 85. 86. 87. 88. 89. 90. 91. 92. 93. 94. 95. 96. 97. 98. 99. 100.

ARENISCAS TAMAÑO MEDIO Y COLOR GRIS, PRESENTA ESTRATIFICACION CRUZADA Y ACINADA Y ALTURAS ESTRUCTURAS DE CARGA. EL ESPESOR ES DE 4. m.

CONGLOMERADOS TAMAÑO GUILIAS Y GUILJARROS, DE FORMA BIEN REDONDEADA Y DE ORIGEN IGNEO, INMERSOS EN MATRIZ DE ARENISCAS TAMAÑO MEDIO Y COLOR GRIS. SU ESPESOR ES DE 0.5 m.

ARENISCAS TAMAÑO MEDIO Y COLOR GRIS, PRESENTA ESTRATIFICACION CRUZADA Y ACINADA, ALTO CONTENIDO EN ICNOSPILLES DE MADRIGuera TIPO DOMIGNIA. SU ESPESOR ES DE 8.0 m.

CONGLOMERADOS TAMAÑO GUILIAS, DE FORMA BIEN REDONDEADA, EN SU MAYORIA SU ORIGEN ES IGNEO Y SOLO SE PRESENTAN ALGUNAS TOBAS VOLCANICAS, INMERSOS EN MATRIZ DE ARENA TAMAÑO FINO Y MEDIO Y COLOR GRIS. SU ESPESOR ES 0.4 m.

ARENISCAS TAMAÑO MEDIO Y COLOR GRIS, PRESENTAN ESTRATIFICACION CRUZADA Y ACINADA. EL ESPESOR DE LA CAPA ES DE 1.8 m.

CONGLOMERADOS TAMAÑO GUILIAS, DE FORMA BIEN REDONDEADA, INMERSOS EN MATRIZ DE ARENAS TAMAÑO FINO Y COLOR GRIS. SU ESPESOR ES DE 0.15 m.

ARENISCAS TAMAÑO MEDIO Y COLOR GRIS, CON ESTRATIFICACION PARALELA, ACINADA Y CRUZADA, PRESENTA UN ESPESOR DE 4 m.

CONGLOMERADOS TAMAÑO GUILJARROS EN LA PARTE INFERIOR Y GUILIAS EN LA PARTE SUPERIOR, SU FORMA ES BIEN REDONDEADA Y SU ORIGEN ES IGNEO, INMERSOS EN MATRIZ DE ARENA TAMAÑO FINO Y COLOR AMARILLO. EL ESPESOR DE LA CAPA ES 1.5 m.

ARENISCAS TAMAÑO MEDIO Y COLOR GRIS, PRESENTA ESTRATIFICACION CRUZADA Y ACINADA. TIENE UN ESPESOR DE 0.5 m.

ESTRATO DE ARENISCAS TAMAÑO MEDIO Y COLOR GRIS, EL ESPESOR ES DE 3.5 m.

CONGLOMERADOS TAMAÑO GUILIAS Y EN SU MAYORIA GUILJARROS, INMERSOS EN MATRIZ DE ARENISCAS TAMAÑO GUESO Y COLOR GRIS. EL ESPESOR DE LA CAPA ES DE 0.2m.

ARENAS TAMAÑO GUESO, COLOR GRIS, CON ESTRATIFICACION PARALELA. EL ESPESOR DE LA CAPA ES DE 1.15 m.

ARENAS TAMAÑO GUESO Y COLOR AMARILLO, CON UN ESPESOR DE 0.2m.

CONGLOMERADOS TAMAÑO GUILIAS Y GUILJARROS, DE FORMA BIEN REDONDEADA Y DE ORIGEN IGNEO, INMERSOS EN UNA MATRIZ DE ARENISCAS TAMAÑO GUESO Y DE COLOR GRIS. EL ESPESOR DE LA CAPA ES DE 0.2m.

ARENISCAS TAMAÑO GUESO, COLOR GRIS, SU ESPESOR ES DE 0.15m.

ARENISCAS TAMAÑO MEDIO Y COLOR GRIS, CON UN ESPESOR DE 1.3 m.

ARENISCAS TAMAÑO DE FINO A MEDIO, DE COLOR GRIS A AMARILLO OSCURO, CON LAMINACION PARALELA, EL ESPESOR DE ESTE ESTRATO ES DE 0.4 m.

ARENISCAS TAMAÑO MEDIO, COLOR GRIS, SU ESPESOR ES DE 2 m.

ARENISCAS TAMAÑO FINO, COLOR GRIS-AMARILLO, PRESENTA LAMINACION PARALELA, EL ESPESOR ES DE 0.4 m.

ARENISCAS TAMAÑO FINO, COLOR GRIS CLARO, EL ESPESOR DE LA CAPA ES DE 1.5 m.

ARENISCAS TAMAÑO FINO Y COLOR AMARILLO CLARO, EL ESPESOR DE LA CAPA ES DE 0.4 m.

CONGLOMERADOS TAMAÑO GUILIAS, DE FORMA REDONDEADA, DE ORIGEN IGNEO Y ALGUNOS CLASTOS DE TOBAS VOLCANICAS, INMERSOS EN MATRIZ DE ARENAS TAMAÑO FINO Y COLOR GRIS CLARO, SU ESPESOR ES DE 1.1m.

ARENISCAS TAMAÑO FINO, COLOR GRIS, PRESENTAN ESTRATIFICACION MASIVA, EL ESPESOR DE LA CAPA ES DE 2.4 m.

ESTRUCTURAS
SEDIMENTARIAS

LAMINACION ACINADA Y CRUZADA
ADEMAS DE ESTRUCTURAS DE CARGA

LAMINACION ACINADA Y CRUZADA
ICNOSPILLES DE MADRIGuera TIPO DOMIGNIA

LAMINACION ACINADA Y CRUZADA

LAMINACIONES TIPO ACINADA
PARALELA Y CRUZADA
ADEMAS DE ESTRUCTURAS DE CARGA
ICNOSPILLES TIPO DOMIGNIA Y
UN ECHADO DE 10° SW

LAMINACION CRUZADA Y ACINADA
ECHADO 8° SW

LAMINACION PARALELA

LAMINACION PARALELA CON ICNOSPILLES DE MADRIGuera ECHADO 23° SW

LAMINACION PARALELA 18 SW

LAMINACION PARALELA ECHADO DE 16° SW

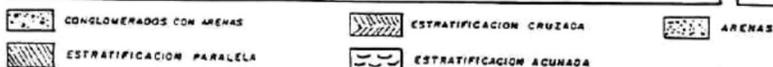
LAMINACION PARALELA

MEDIO AMBIENTE

ZONA DE FRENTE DE DELTA.
CARACTERIZADA POR LOS DISTINTOS
TIPOS DE ESTRUCTURAS SEDIMENTARIAS
ESTOS SEDIMENTOS REPRESENTAN
UNA ZONA DE MAR ABIERTO ADEMAS
MUESTRAN CAMBIO DE FACIES A UNA
ETAPA REGRESIVA.

ZONA DE PLANICIE DELTICA.
DESTACANDO LA PRESENCIA DE CANALES
INTERDISTRIBUTARIOS
LOS CONTACTOS NO EROSIVOS
REPRESENTAN DEPO SITUACION EN EL
FONDO DE LOS CANALES INTERDISTRIBUTARIOS
EN EPOCAS DE CALMA
ESTOS DEPOSITOS DE PLANICIE
DELTAICA REPRESENTAN UN CAMBIO
DE FACIES A UNA ETAPA REGRESIVA

FIGURA No. 5



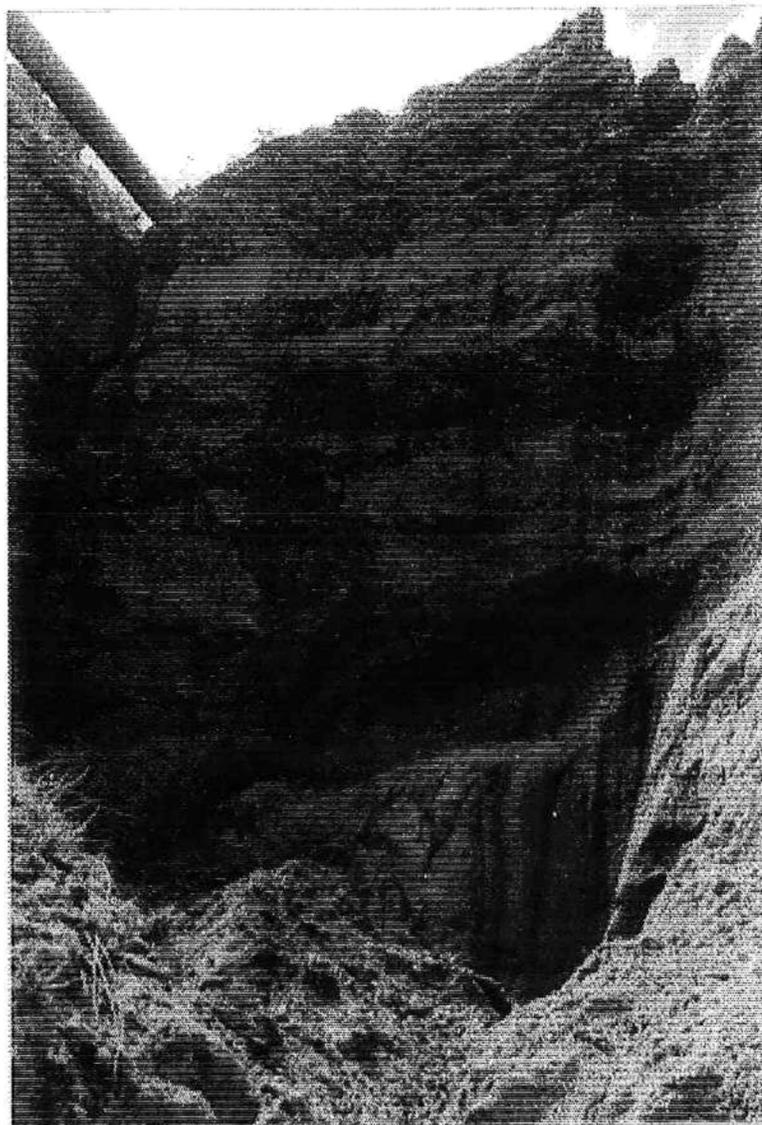
Suprayaciendo al anterior paquete de estratos, tenemos ahora dos capas cuya litología es de areniscas tamaño medio y color gris. Presentan ambas estratificación tipo masiva, solo una de ellas en su parte superior presenta además estratificación del tipo cruzada y acunada; el otro estrato además de las areniscas contiene conglomerados tamaños guijas y guijarros, cuya forma es bien redondeada y su origen es ígneo.

Sobre el anterior grupo de estratos, encontramos areniscas tamaño medio, presentan estratificación paralela, cruzada, acunada y masiva. Dos de los estratos contienen inmersos en las areniscas como matriz conglomerados tamaños guijas, de forma bien redondeada y de origen ígneo. Los contactos superiores en estas capas son del tipo erosivo, solo en la capa superior de éste grupo presenta contacto del tipo no erosivo.

Suprayaciendo a las anteriores capas, tenemos un estrato de areniscas tamaño medio, de color gris. Presentan estratificación cruzada y acunada; dentro de las areniscas encontramos un alto contenido de icnofósiles tipo *domichnia*. El contacto superior de esta capa es del tipo erosivo.

Este siguiente estrato, está compuesto por conglomerados tamaños guijas y guijarros, cuya forma es bien redondeada y su origen es igneo. Como matriz presentan una arenisca tamaño medio y color gris. El contacto superior de esta capa es del tipo erosivo.

Como última capa de ésta sección encontramos aquí areniscas tamaño medio y color gris. Su estratificación es del tipo cruzada y acunada. Además encontramos que presenta en su parte superior algunas estructuras de carga (Fotografía No. 2).



FOTOGRAFIA No. 2...MOSTRANDO LA SECCION 'B',
SE OBSERVAN GRANDES ESPESORES DE ARENISCAS
Y ALGUNOS LENTES DE CONGLOMERADOS.

SECCION SUPERIOR AREA DEL ACUEDUCTO
EN EL CANON LOS LAURELES
(SECCION C)

Este primer estrato, compuesto por conglomerados tamaños guijas y guijarros, cuya forma es bien redondeada, los cuales se encuentran en una matriz de arena tamaño fino y color gris (Figura No. 6), contienen además un alto contenido de fósiles los cuales se encuentran completamente retrabajados; de entre los cuales podemos identificar Pectens, Ostreas y algunas espinas de eriso (Fotografía No. 3).

Por arriba de la capa anterior, tenemos éste siguiente grupo de estratos, los cuales están compuestos por areniscas tamaño fino y color gris, además de conglomerados tamaños guijas y guijarros de forma subangulosa y algunos de forma subredondeada. Presentan estratificación de tipo paralela, cruzada y acunada. Uno de los estratos contiene icnofósiles tipo domichnia. Los contactos superiores en los estratos de éste grupo son erosivos.

SECCION SUPERIOR DEL AREA DEL ACUEDUCTO
EN EL CANON LOS LAURELES

(SECCION C)
DESCRIPCION

FORMACION SAN DIEGO
PLEISTOCENO

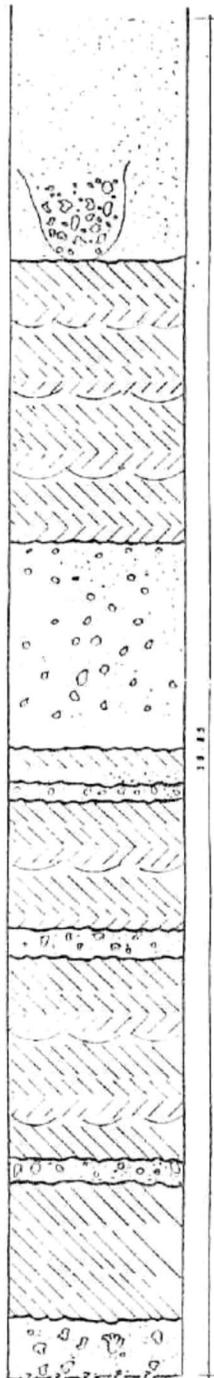


FIGURA No. 6

ARENISCAS TAMAÑO MEDIO Y COLOR GRIS. EN SU PARTE BASAL MUESTRA UN CANAL RELLENO DE CONGLOMERADOS CUYOS TAMAÑOS VARIAN ENTRE GUIJAS Y GUIJARROS, CON UNA REDONDEZ DE SUBREDONDEADOS Y DE ORIGEN TERRESTRE, ESTOS SE ENCUENTRAN EMERSEDOS EN UNA MATRIZ DE ARENAS TAMAÑO MEDIO Y DE COLOR GRIS. LA CAPA TIENE UN ESPESOR DE 7 m.

ARENISCAS TAMAÑO MEDIO Y DE COLOR GRIS, MUESTRA ESTRATIFICACION ACUNADA Y CRUZADA. SU ESPESOR ES DE 8.9 m.

CONGLOMERADOS TAMAÑOS GUIJARROS EN LA PARTE BASAL Y GUIJAS EN LA PARTE SUPERIOR SE ENCUENTRAN SUBREDONDEADOS E INMERSOS EN UNA MATRIZ DE ARENAS TAMAÑO GRUESO Y COLOR AMARILLO. PRESENTA UN ESPESOR DE 6 m.

ARENISCAS TAMAÑO GRUESO Y COLOR AMARILLO, PRESENTA LAMINACION PARALELA. SU ESPESOR ES DE 1.2 m.

CONGLOMERADOS TAMAÑOS GUIJAS Y GUIJARROS DE FORMA SUBANGULOSA Y DE ORIGEN TERRESTRE, INMERSOS EN UNA MATRIZ DE ARENAS TAMAÑO GRUESO Y COLOR AMARILLO. EL ESPESOR DE ESTE ESTRATO ES DE 0.1 m.

ARENAS TAMAÑOS FINOS COLOR GRIS, CON LAMINACIONES PARALELAS, CRUZADA Y ACUNADA. SU ESPESOR ES DE 4 m.

CONGLOMERADOS TAMAÑOS GUIJAS Y GUIJARROS, DE FORMA SUBANGULOSA Y DE ORIGEN TERRESTRE, EN UNA MATRIZ DE ARENA TAMAÑO GRUESO Y COLOR AMARILLO. SU ESPESOR ES DE 1 m.

ARENAS TAMAÑO FINO Y COLOR AZUL GRIS, PRESENTA ESTRATIFICACION PARALELA, CRUZADA Y ACUNADA, ADEN MAS DE ICNIOFOSILES DE MADRIGuera TIPO DOMICINIA. EL ESPESOR ES DE 6 m.

CONGLOMERADOS TAMAÑOS GUIJAS Y GUIJARROS, DE FORMA SUBREDONDEADA, EN UNA MATRIZ DE ARENA TAMAÑO FINO Y COLOR GRIS. LA CAPA PRESENTA UN ESPESOR DE 0.35 m.

ARENISCAS TAMAÑO FINO Y COLOR GRIS, PRESENTA ESTRATIFICACION PARALELA. SU ESPESOR ES DE 4 m.

CONGLOMERADOS TAMAÑOS GUIJAS Y GUIJARROS, DE FORMA BIEN REDONDEADA Y EN SU MAYORIA DE ORIGEN TERRESTRE. LA CAPA PRESENTA FOSILES FRAGMENTADOS DE MECTONS, OSTREAS Y ALGUNAS ESPINAS DE ERISO. TODO EN UNA MATRIZ DE ARENA TAMAÑO FINO Y COLOR GRIS. EL ESPESOR ES DE 1.5 m.

CONGLOMERADOS CON ARENAS
 ESTRATIFICACION CRUZADA
 ESTRATIFICACION PARALELA
 ESTRATIFICACION ACUNADA
 ARENAS

ESTRUCTURA
SEDIMENTARIA

ARENISCAS EN ESTRATIFICACION PARALELA Y CONGLOMERADOS RELLENO UN CANAL DISTRIBUTARIO

LAMINACION PARALELA, CRUZADA Y ACUNADA

ECHADO 18 SW

LAMINACION PARALELA

LAMINACION PARALELA, CRUZADA Y ACUNADA

LAMINACION PARALELA, CRUZADA Y ACUNADA. ADEN MAS LA PRESENCIA DE ICNIOFOSILES DE MADRIGuera TIPO DOMICINIA

LAMINACION PARALELA

FOSILES BIOTONOS, PRESENTAN UN ECHADO DE 18 SW

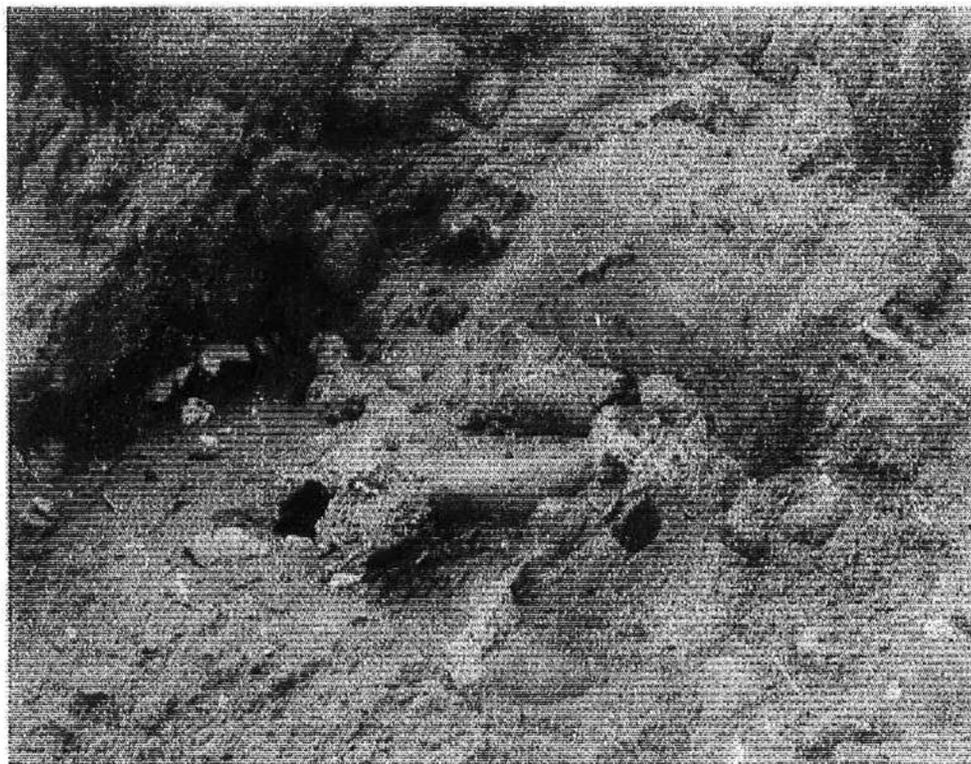
MEDIO AMBIENTE

ZONA DE PLANICIE DELTAICA. MOSTRANDO UN CANAL DISTRIBUTARIO RELLENO DE CONGLOMERADOS. ESTOS DEPOSITOS REPRESENTAN GAMBIO DE FACIES AL TIPO TRANSGRESIVO

ZONA DE FRENTE DELTAICO. CARACTERIZADO POR LA PRESENCIA DE ESTRUCTURAS PRIMARIAS DE ESTRATIFICACION COMO ACUNADA, CRUZADA Y PARALELA. ESTAS SECUENCIAS DEPOSITACIONALES REPRESENTAN UN CAMBIO DE FACIES AL TIPO REGRESIVO

DEPOSITOS EN FORMA DE BARRAS EN LA BOCA DE LOS DISTRIBUTARIOS

ZONA CON FOSILES Y CONGLOMERADOS REPTABILIZADOS TRANSPORTADOS DE UNA RIVERA

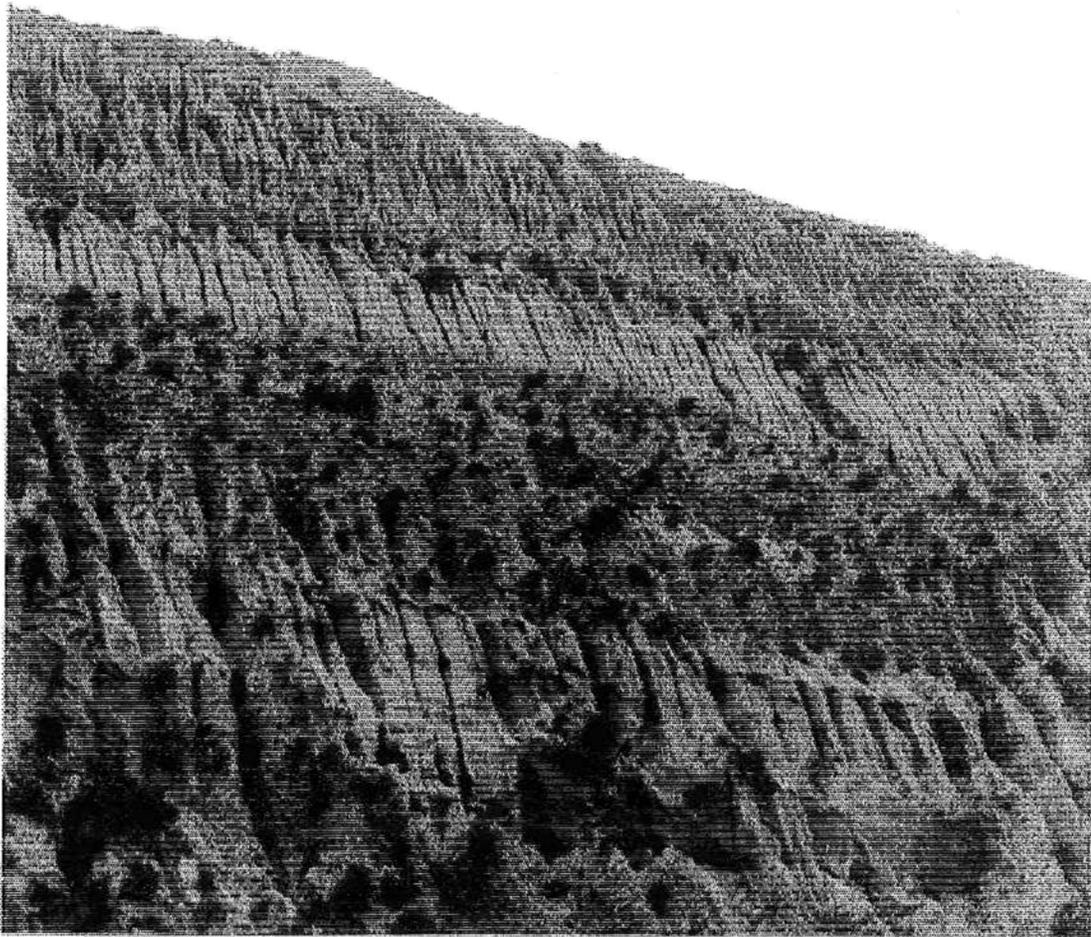


FOTOGRAFIA No. 3... SE OBSERVA UN ESTRATO DE CONGLOMERADOS CONTENIENDO FOSILES RETRABAJADOS, DENTRO DE LA SECCION 'B'.

Suprayaciendo a las anteriores capas encontramos ahora un estrato de conglomerados, cuyos tamaños varían de guijarros en la parte basal y guijas en la parte superior. Su forma es subredondeada y se encuentran inmersos en una matriz de areniscas tamaño grueso y color amarillo. Su contacto superior es erosivo.

Este siguiente estrato, compuesto por areniscas tamaño medio y color gris muestra estratificación de tipo cruzada y acunada. El contacto superior de ésta capa es erosivo.

Como último estrato en ésta columna encontramos areniscas tamaño medio y color gris, ésta capa, en su parte basal presenta un canal relleno de conglomerados, cuyos tamaños varían entre guijas y guijarros los cuales se presentan en forma subredondeada, estos conglomerados son de origen ígneo. Se encuentran inmersos en una matriz de arenas tamaño medio y de color gris (Fotografía No. 4).



FOTOGRAFIA No.4. SE OBSERVA LA SECCION 'C' ADEMÁS TENEMOS LA PRESENCIA DE UN CANAL RELLENO DE CONGLOMERADOS.

LEVANTAMIENTO ESTRATIGRAFICO EN LA PRIMERA ASETA
DE COBRO CARRETERA TIJUANA-ENSENADA
(SECCION D)

Esta columna fué levantada atrás de la caseta de cobro de la carretera Tijuana-Ensenada, en el área de Playas de Tijuana. Los datos estratigráficos como litológicos se tomaron de pequeños cortes de caminos de terracería cuya altura varía entre 2 y 8.5 m. Son cinco cortes a diferentes alturas los estudiados, el resto está cubierto por material de aluvión reciente (Figura No. 7).

El primer estrato en esta columna muestra una geometría acanalada el cual está relleno por conglomerados de origen igneo, sus tamaños varían entre guijarros en la parte basal, guijas en la parte media y cantos rodados en su parte superior. Se encuentran subredondeados, e inmersos en una matriz de arena tamaño medio y color gris. Mezclada con la arena encontramos un 20% de material arcilloso, el espesor medido de éste canal es de 8.5 m. A los lados de este canal tenemos arenas tamaño medio y color gris, igual a la matriz de los conglomerados del interior del canal. El ancho de éste canal es de aproximadamente 35 m.

LEVANTAMIENTO ESTRATIGRAFICO EN LA PRIMERA CASETA
DE COBRO CARRETERA TIJUANA A ENSENADA

(SECCION D)
DESCRIPCION

FORMACION SAN DIEGO
PLIOCENO

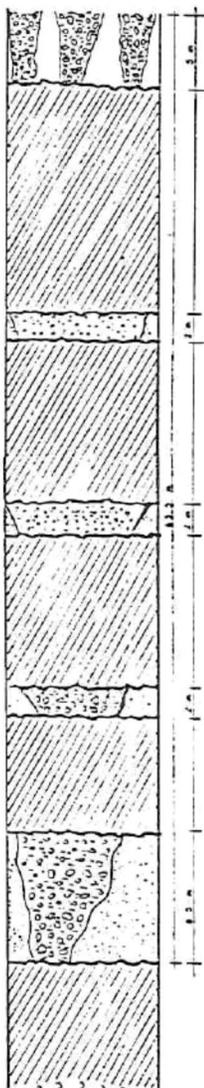


FIGURA No. 7

AQUI ENCONTRAMOS VARIOS CANALES RELLenos DE CONGLOMERADOS TAMAÑO CUELLAS Y SUTLARROS CON UNA REDONDEZ SUBANGULAR Y DE GRISEN TONOS, ADENAS TENEMOS LA PRESENCIA DE ALGUNOS CLASTOS DE TOMBAS VOLCANICAS Y DE CONCRECIONES POSIBLES, ATRAVESANDO LOS CANALES TENEMOS LA PRESENCIA DE UN PEQUEÑO ESTRATO DE ARENISCAS BIEN CEMENTADAS DE TAMAÑO MEDIO Y DE COLOR GRIS.

LA LITOLOGIA EN ESTE NIVEL CONSISTE DE CONGLOMERADOS DE TAMAÑO CUELLAS Y SUTLARROS, DE GRISEN MEDIO Y CON UNA REDONDEZ SUBANGULAR, ENCONTRAMOS TAMBIEN ALGUNOS CLASTOS DE TOMBAS VOLCANICAS Y AL IGUAL QUE LOS CONGLOMERADOS SE ENCUENTRAN INMERSOS EN UNA MATRIZ ARENA ARCILLOSA.

ESTE SIGUIENTE NIVEL PRESENTA TAMBIEN FORMA AGUJALADA, SU LITOLOGIA ES DE CONGLOMERADOS TAMAÑO CUELLAS Y SUTLARROS, SU REDONDEZ ES SUBANGULAR Y ADENAS ENCONTRAMOS TAMBIEN ALGUNOS CLASTOS DE TOMBAS VOLCANICAS, EN SU MATRIZ PRESENTA UNA ARENISCAS TAMAÑO MEDIO Y COLOR GRIS.

PRESENTA FORMA AGUJALADA, SU LITOLOGIA ES DE CONGLOMERADOS TAMAÑO CUELLAS Y SUTLARROS, DE GRISEN MEDIO Y SE ENCUENTRAN SUBREDONDEADOS, INMERSOS EN UNA MATRIZ DE ARENISCAS TAMAÑO MEDIO Y COLOR GRIS, ADENAS DE CONCRECIONES ARENISCAS BIEN CEMENTADAS LAS CUALES PRESENTAN POSIBLES DE TIPO POSIBLE.

PRESENTA LA SECCION DE UN CANAL, SE ENCUENTRA RELLENO DE CONGLOMERADOS DE GRISEN MEDIO CUYOS TAMAÑO VARIA ENTRE CUELLAS Y CANTOS REDONDOS, SE ENCUENTRAN SUBREDONDEADOS E INMERSOS EN UNA MATRIZ DE ARENISCAS TAMAÑO MEDIO Y COLOR GRIS, EL ANCHO DE ESTE CANAL ES DE 15 M. APROXIMADAMENTE.



ARENAS DE CONGLOMERADOS



SECCION CURBILERA



ARENAS

ESTRUCTURAS
SEDIMENTARIAS

LA LITOLOGIA EN TODA LA COLUMNA ES DE CONGLOMERADOS, VARIANDO SOLO LA POSICION DENTRO DE LA PLANICIE DELTICA.

CANAL DE CONGLOMERADOS TAMAÑO CUELLAS Y SUTLARROS, CON UNA MATRIZ DE ARENISCAS Y ALGUNOS FOSILES PEQUEÑOS.

CONGLOMERADOS DE FORMA SUBANGULAR EN UNA MATRIZ DE ARENISCAS Y DE GRISEN MEDIO.

CONGLOMERADOS DE GRISEN MEDIO Y FORMA SUBREDONDEADA LAS ARENISCAS LATERALES SE ENCUENTRAN EN FORMA MASIVA.

CONGLOMERADOS DE FORMA SUBREDONDEADA EN MATRIZ DE ARENISCAS Y APENAS EN ESTRATIFICACION MASIVA.

MEDIO AMBIENTE

ZONA DE PLANICIE DELTICA, LOS CANALES PRESENTAN CONGLOMERADOS DE FORMA SUBANGULAR, INDICANDO QUE LA FUENTE DE APORTE SE ENCUENTRA MUY CERCANA POR LO CUAL, LOS CANALES SE ENCUENTRAN CERCANOS A LA LINEA DE COSTA.

AREA DENTRO DE LA PLANICIE DELTICA DONDE EL CANAL ERODIÓ LAS ZONAS CONOCIDAS COMO RIVERAS.

CANAL DISTRIBUTARIO PRINCIPAL, DE DONDE SE RAMIFICAN OTROS BRAZOS HACIA EL FRENTE DELTAICO Y ESTA ES EL AREA DE DEPOSITACION MAS CERCANA A LA LINEA DE COSTA.

CANAL DISTRIBUTARIO DENTRO DE LA PLANICIE DELTICA Y CONCRECIONES FOSILIFERAS PROVENIENTES DE UNA RIVERA.

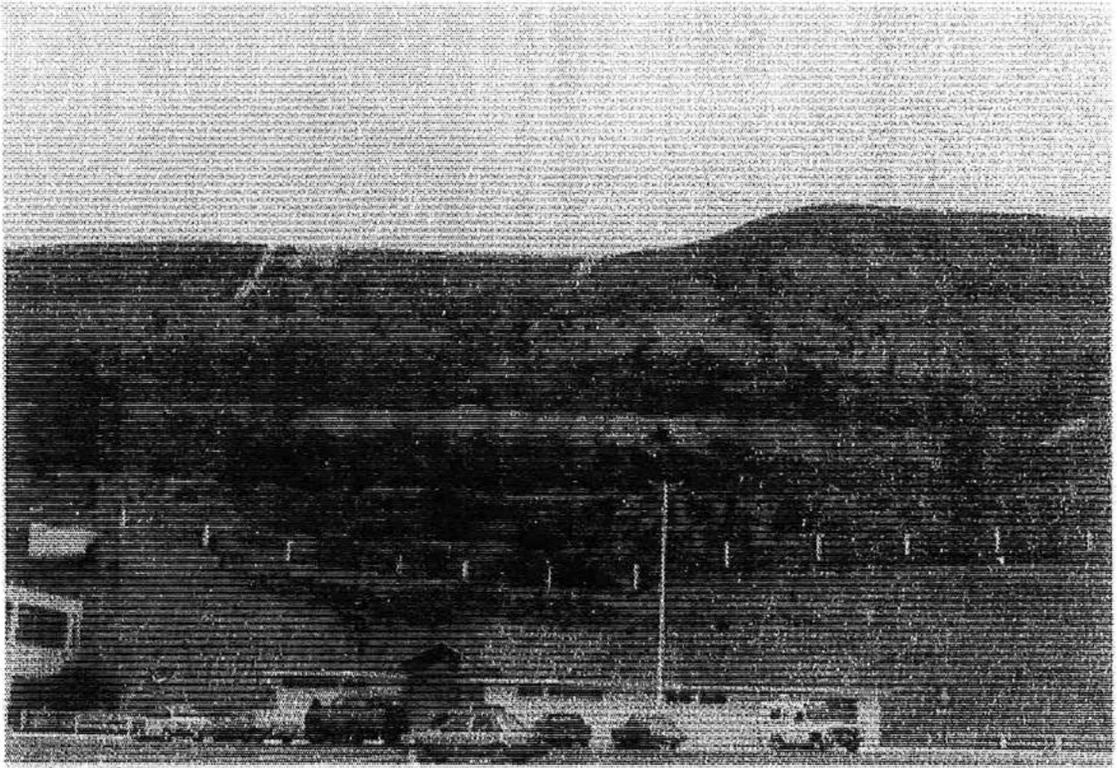
ZONA DE PLANICIE DELTICA CON GRANDES VARIACIONES EN LA ENERGIA DEL FLUJO REFLUJADO POR LA VARIACION EN EL TAMAÑO DE LOS CONGLOMERADOS.

Este segundo corte se encuentra 8 m. arriba de la parte superior del anterior. Se encuentra también en forma de canal y su litología está compuesta por conglomerados de origen igneo y se encuentran subredondeados e inmersos en una matriz de arenas tamaño medio y color gris. La litología lateral de este canal es de arenas tamaño medio y color gris. El espesor de éste corte es de 2.0 m. En las partes laterales de éste canal encontramos también concreciones arenosas bien cementadas además tenemos la presencia de fósiles de pectens, éstas concreciones se encuentran todas acumuladas en una área pequeña, se presume fueron removidas de su sitio original. El ancho de éste canal es de aproximadamente 40 m.

Este siguiente corte tiene un espesor de 2 m. y se encuentra a 10 m. por arriba del anterior, a éste nivel la litología y estratificación persisten al igual que en los cortes anteriores, solo con la diferencia que los conglomerados son aquí mas angulosos y son clasificados como subangulares, a ésta litología se suman algunos clastos de tobas volcánicas, y a los lados del canal encontramos también algunos icnofósiles del tipo Domichnia.

La siguiente capa se encuentra 11 m. más arriba del anterior y consta de conglomerados tamaños guijas y guijarros, son en su mayoría de origen igneo y solo algunos clastos de tobas volcánicas, los conglomerados como las tobas presentan una redondez subangular y se encuentran inmersos en una matriz areno-arcillosa. El espesor de éste estrato es de 2 m.

A una altura de 15 m. por arriba de la anterior capa estudiada nos encontramos que ya no existe un solo canal, sino que se ramifica en varios brazos, el tamaño de los conglomerados en el interior del canal son de guijas y guijarros, con una redondez subangular y su naturaleza es ignea, además se presentan algunos clastos de tobas volcánicas. Tenemos también la presencia de concreciones fosilíferas. Atravesando los canales se encuentra un pequeño estrato de areniscas completamente cementadas, de tamaño medio y de color gris. El espesor de éste pequeño estrato es de 20 cm. y presenta un rumbo de N 70 E y un echado de 170 SW. El espesor de éstos canales es de aproximadamente 5 m. Los fósiles encontrados en este nivel son: *Pecten bellus hemphilli*, *Pecten stearnsii*, *Littorina scutulata*, *Dosinia ponderosa*, *Pecten (Patinopecten) propatalus*, *Nassarius sp*, *Tegula (Chlorostoma) gallina*. (Fotografía No. 5).



FOTOGRAFIA No. 5... SE OBSERVAN AQUI LOS DIFERENTES CORTES ESTUDIADOS PERTENECIENTES A LA SECCION 'D'

DISCUSION E INTERPRETACION

De las observaciones de las columnas estratigráficas medidas, así como de los trabajos previos inferimos la presencia en nuestra área de trabajo y en especial para la Formación San Diego de dos diferentes tipos de medios ambientes sedimentarios, uno fluvial y otro marino (Valentine, 1957). El primero (Figura No. 4) caracterizado por conglomerados de origen igneo bien redondeados, y por estar inmersos en una matriz de areniscas tamaño grueso. Además se observan en ésta columna varios lentes de areniscas las cuales también son de tamaño grueso, los lentes se presentan en toda la columna y las areniscas todas se encuentran en forma masiva. El segundo medio ambiente reconocido en éste trabajo (Figuras No. 5, 6 y 7) es claramente marino (Rowland, 1972), representado por una secuencia que va desde marino costero hasta marino en la plataforma continental, y está caracterizado principalmente por la presencia de fósiles de origen marino.

De las secciones de ambiente fluvial, las tenemos representadas a lo largo de la carretera del centro a Playas de Tijuana, a lo largo y en varias localidades del Cañón el Matadero, en diferentes localidades del Cañón Los Laureles, además del área descrita por Ledesma & Strand (1989), en una sección descrita en una localidad ubicada a 3 km en dirección Este de la central camionera de ésta ciudad. Esta sección presenta conglomerados de origen plutónico con una redondez de angular a subangular, en una matriz arcillosa, de los cuales ellos concluyen son derivados del lado Sur de la ciudad. Además presenta algunos lentes de areniscas con estratificación planar y cruzada.

Los estratos en las columnas levantadas presentan un echado entre 80 y 250, con dirección Sur-Oeste. Todos los que han trabajado en la Formación San Diego han notado un ángulo de inclinación entre 00 y 100, pero generalmente es entre 30 y 60; Todos han aceptado que ésta es una inclinación debida a tectonismo, solo Hertlein & Grant (1944) admiten que sin embargo una porción del echado de la Formación podría ser sindeposicional (Mandel, 1974).

La SECCION A nos está representando claramente una depositación de tipo fluvial dentro de la Formación San Diego, su estratificación de tipo masivo tanto en areniscas como en los conglomerados muestran que éstos fueron transportados por una corriente a lo largo de una distancia considerable y por la ausencia de todo tipo de fósiles, es claro entonces que éstos son depósitos de tipo fluvial.

En la Sección B (Figura No. 5) entre los estratos basal e intermedio tenemos diferentes capas de areniscas, las cuales son masivas y otras con estratificación paralela. Solamente tres de las capas son diferentes, su litología es de conglomerados y su espesor no es muy grueso.

Los estratos de conglomerados son debido a la erosión sufrida en las paredes de los canales cuando éste busca un nuevo cauce en su viaje a la cuenca receptora hasta donde solo logran llegar los materiales de menor tamaño, o de tamaños mayores en caso de que la energía en el flujo aumente logrando una carga de mayor tamaño. Toda ésta sección la podemos comparar con una zona marina protegida donde el flujo es conducido por canales hasta llegar a la plataforma continental (Figura No. 8).

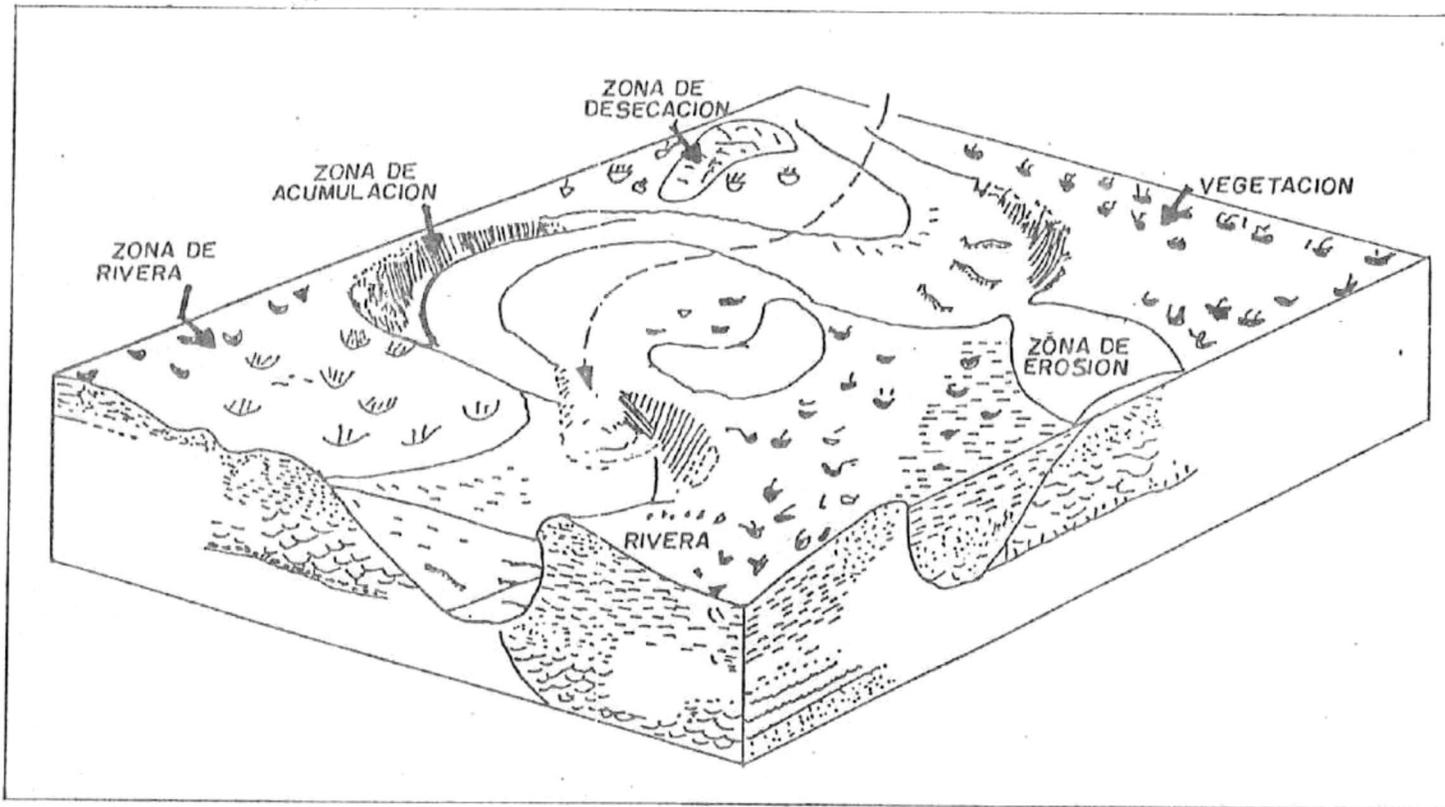


FIG. No. 8 BRAZO DE UN SISTEMA DELTAICO, MOSTRANDO LA EROSION EN LAS PAREDES DE UN CANAL EN LA BUSCA DE UNA NUEVA RUTA A LA CUENCA RECEPTORA. (TOMADO DE WALKER, 1984)

Observamos también que entre el quinto estrato y aproximadamente el de la parte media de la columna tenemos que los contactos en su mayoría no son erosivos, y que además son de espesores delgados, ésto se debe a que fueron depositados durante épocas de calma en el fondo de la cuenca receptora, (Figura No. 9).

Sobre la capa gruesa de areniscas sin estratificación aparente, casi en la parte intermedia de la columna tenemos predominantemente sedimentos de areniscas con estratificación bien definida, además de capas de conglomerados, las areniscas presentan estructuras primarias de sedimentación, tales como estratificación cruzada, paralela y acunada, además de algunas estructuras de carga.

En esta columna, la primera sección entre la parte basal y la capa gruesa de areniscas sin estratificación observamos estructuras sedimentarias de ambiente marino somero, representando una etapa de transgresión. La segunda sección entre las capas que sí muestran areniscas con diferentes tipos de estratificación se observa un cambio de facies a regresión, caracterizado por sedimentos de mar abierto.

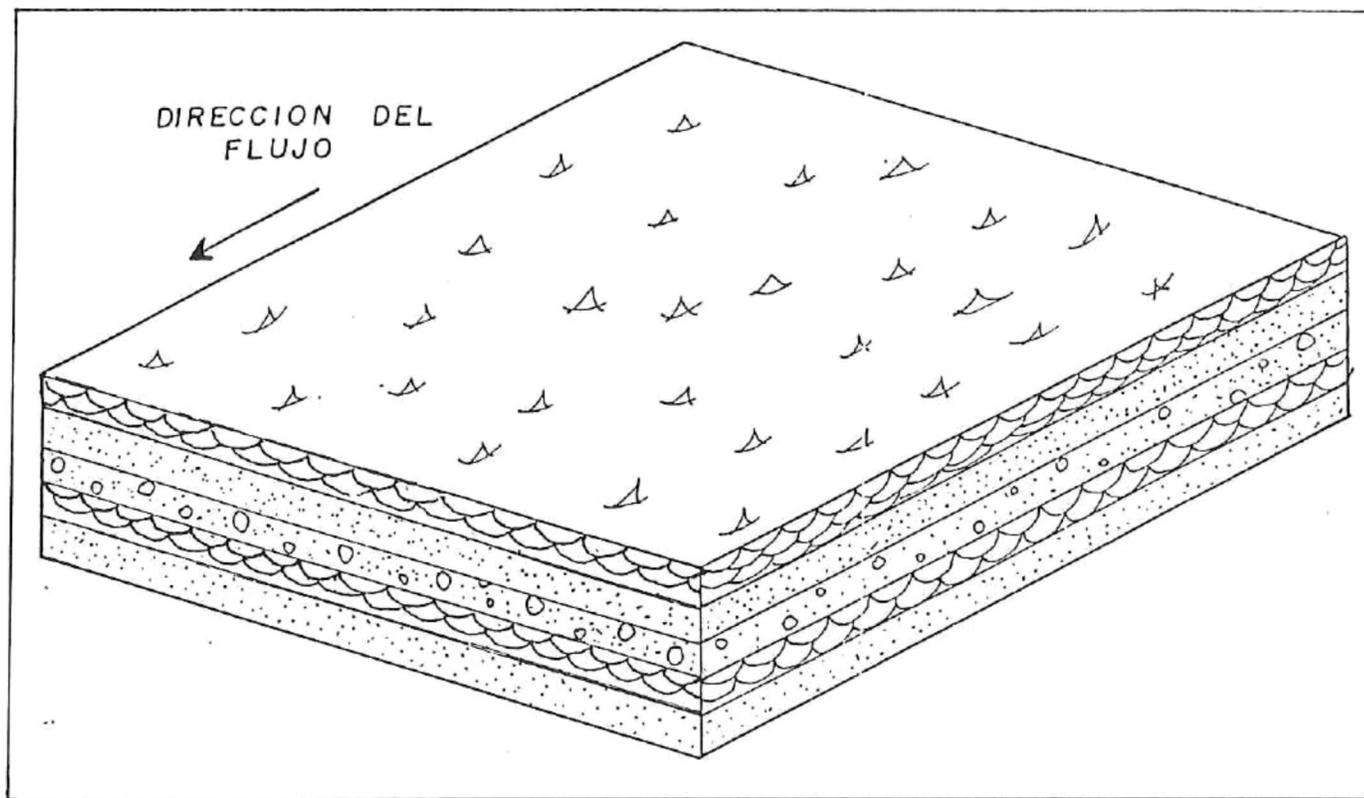


FIG. No. 9 CORTE TRANSVERSAL DE UN CANAL DISTRIBUTARIO MOSTRANDO DIFERENTES TIPOS DE ESTRATIFICACION Y SUS CONTACTOS SUPERIORES DEL TIPO NO EROSI-VAS, REPRESENTANDO DEPOSITACION EN UNA EPOCA DE CALMA .

En La columna Sección C se tiene un total de 11 capas, representando un espesor de 40 m. La secuencia en ésta columna es de areniscas con estructuras primarias de sedimentación tales como estratificación cruzada, acunada y paralela, además de icnofósiles de madriguera en algunos de los estratos. Tenemos estratos de conglomerados de poco espesor, cuyos contactos superior e inferior son siempre erosivos.

La primera capa mostrada en ésta columna está compuesta por conglomerados subredondeados y fósiles retrabajados (Fotografía No. 3), estos depósitos están representando un medio ambiente marino en una área rocosa y desprotegida, donde la energía de la cuenca es capaz de transportar conglomerados grandes y ocasionar el retrabajamiento de los fósiles.

En el segundo estrato podemos observar depositación en una área desprotegida, ocasionando que los sedimentos se acumulen en forma de barras, ésta depositación fué originada durante una época de baja energía, favoreciendo la estratificación paralela.

Algunos estratos presentan también icnofósiles tipo fugichnia, lo cual no es raro encontrar ya que los organismos se entierran en el sedimento para evitar ser arrastrados por la acción del oleaje, mareas y corrientes de la cuenca receptora.

El resto de la columna ésta representando depositación en la zona de plataforma continental en una gran época de baja energía representada por la acumulación de sedimentos de areniscas que fueron transportadas desde la zona continental por un flujo y los llevó hasta su depositación en la plataforma continental.

La secuencia de areniscas en ésta columna se ve interrumpida por pequeños estratos de conglomerados, los cuales representan períodos de alta energía en corto tiempo.

En la parte media de la columna encontramos solo un estrato compuesto por un gran espesor de conglomerados inmersos en matriz de areniscas, lo cual nos ésta representando un largo período de tiempo con alta energía.

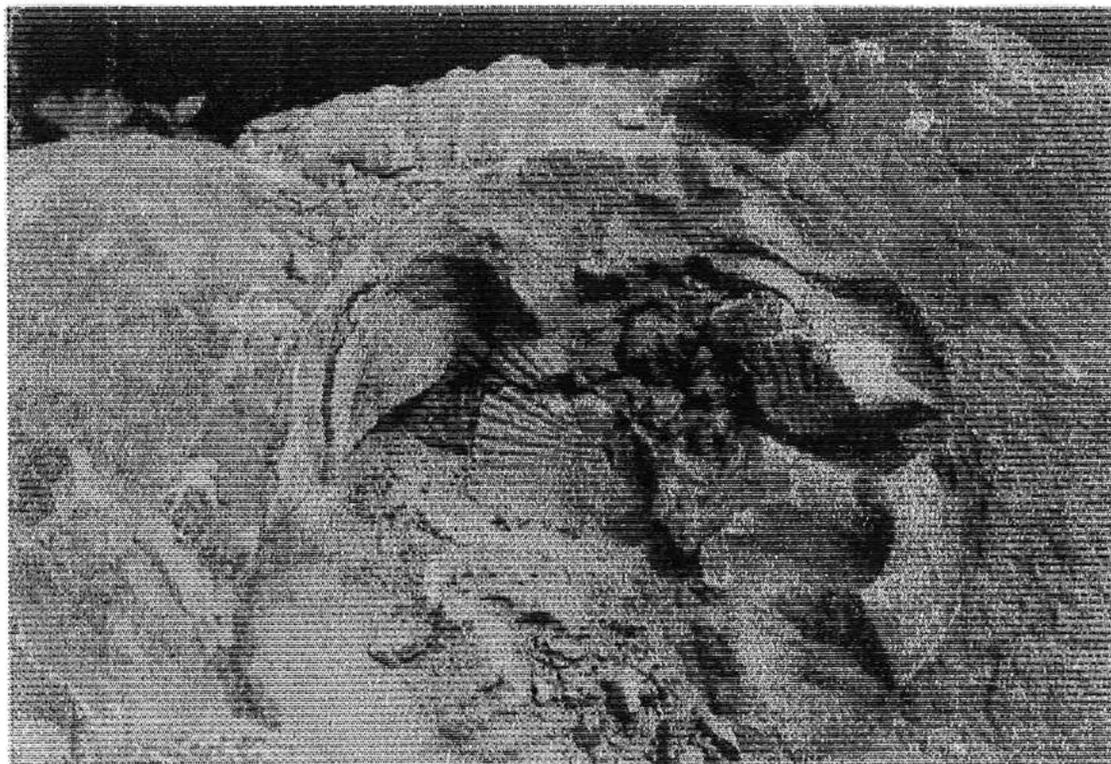
La ultima capa de ésta columna nos ésta mostrando la depositación de conglomerados en una área donde la energía del ambiente fué alta y presumiblemente por el espesor del estrato podemos decir que dichas condiciones prevalecieron durante un largo período de tiempo. El área de depositación de estos conglomerados tiene forma acanalada, y dicho canal fue cubierto posteriormente al bajar la energía por areniscas en estratificación masiva, (Fotografía No. 4).

En esta columna notamos que existieron cambios en las condiciones de depositación de los sedimentos, de baja energía y en la zona de plataforma continental con la depositación de sedimentos de tamaños areniscas hasta la penúltima capa representando ésto una etapa de regresión, y un cambio de facies a transgresión mostrado por la última capa de ésta columna donde la energía al momento de la depositación era alta, y el canal por donde fueron transportados los sedimentos no era profundo de tal forma que debió de encontrarse cercano a la costa.

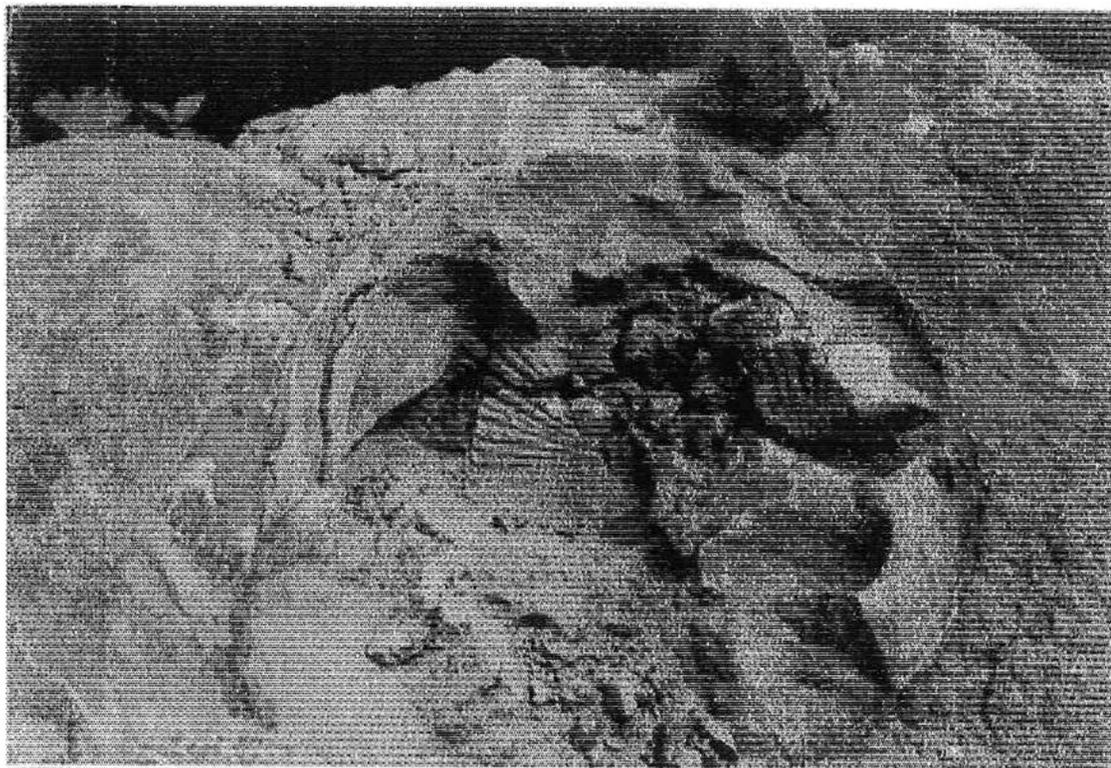
En La SECCION D (Figura No. 7) podemos observar que tenemos una serie de formas acanaladas rellenas de conglomerados de diferentes tamaños y de subredondeados a angulosos, lo que sugiere que éstos no fueron transportados una gran distancia y por consiguiente la fuente de aporte de los conglomerados debió encontrarse cercana a la cuenca de depositación.

El primer corte estudiado se encuentra en forma de canal y se encuentra relleno por conglomerados subredondeados y de tamaños desde guijas, guijarros y cantos rodados. La subredondez de los conglomerados es señal que éstos fueron transportados a lo largo de una gran distancia pero no tanta como para darles una mejor redondez. El tamaño variable en los conglomerados nos está mostrando que la energía del flujo por el que fueron transportados no se mantuvo constante ocurriendo variaciones importantes en ella, lo que se reflejó en el tamaño de la carga del flujo. Por las anteriores características de depositación podemos decir que el área de depositación de éstos conglomerados se encontró muy cercana a la plataforma continental y dentro de una área protegida.

En el siguiente estrato estudiado observamos que también se encuentra relleno de conglomerados los cuales se presentan subredondeados, por lo cual podemos decir que la ubicación de ésta sección del canal es también dentro de una zona protegida y no muy lejana a la fuente de aporte de éstos conglomerados y en base a que encontramos concreciones fosilíferas en las partes laterales del canal (Fotografía No. 6) podemos suponer que éste canal se abrió camino en su ruta hacia el interior de la cuenca receptora erosionando las zonas conocidas como riveras donde los organismos pueden desarrollarse gracias a la relativa calma de esa zona.



FOTOGRAFIA No. 6. CONCRECIONES FOSILIFERAS UBICADAS EN EL SEGUNDO NIVEL DE LA SECCION 'D'.



FOTOGRAFIA No. 6.- CONCRECIONES FOSILIFERAS UBICADAS EN EL SEGUNDO NIVEL DE LA SECCION 'D'.

Para el siguiente estrato estudiado tenemos la presencia de un canal de conglomerados con una redondez subangulosa, lo que nos hace suponer que ésta sección se encontró aun más cercana a la parte continental y por lo tanto más cercana a la fuente de aporte de sedimentos, y que la acción del flujo dentro del canal no tuvo el suficiente tiempo para darles una mejor redondez. Observando el canal vemos que es más ancho que los anteriores descritos, ésto es que puede tratarse de un canal pegado a la línea de costa , donde el flujo que proviene del continente entra a un ambiente marino.

Aquí en el penúltimo estrato observamos que se trata también de un canal, el cual por su litología compuesta por conglomerados angulosos nos da claros indicios de que ésta sección se depositó muy cercana a la fuente de aporte de sedimentos, y por el contenido de icnofósiles en las partes laterales del canal podemos decir que el flujo atravesó erosionando alguna de las zonas protegidas conocidas como riveras, donde los organismos pueden desarrollarse gracias a la relativa calma del área.

En este último corte de esta columna vemos que se presentan varios canales y que se encuentran rellenos de conglomerados subangulares, los canales cortan una capa de concreciones fosilíferas y un estrato de areniscas también fosilíferas y bien cementadas. La posición de éstos canales la encontramos cercana a la parte continental y a la fuente de aporte de los sedimentos. Observando la columna (Figura No. 7) en éste nivel y su contenido fosilífero vemos que los canales atravesarán cortando una área conocida como *rivera*, donde se desarrollaban dichos organismos.

Como hemos observado, los cinco niveles de ésta columna se encuentran en una área protegida y cercana a la parte continental, además que la cuenca de depositación fué somera, lo cual refleja que al momento de la depositación de ésta columna transcurría una etapa de tipo transgresivo.

En base a los resultados obtenidos en los levantamientos estratigráficos y analizando sus características tanto litológicas, estratigráficas y bioestratigráficas, además de las interpretaciones hasta aquí realizadas, podemos decir que el área estudiada pertenece a un sistema deltaico con varios canales interdistributarios, por los cuales el flujo proveniente del continente pasa por la línea de costa, atravesando por la planicie deltaica y por el frente deltaico hasta llegar a la plataforma continental (Figura No. 10).

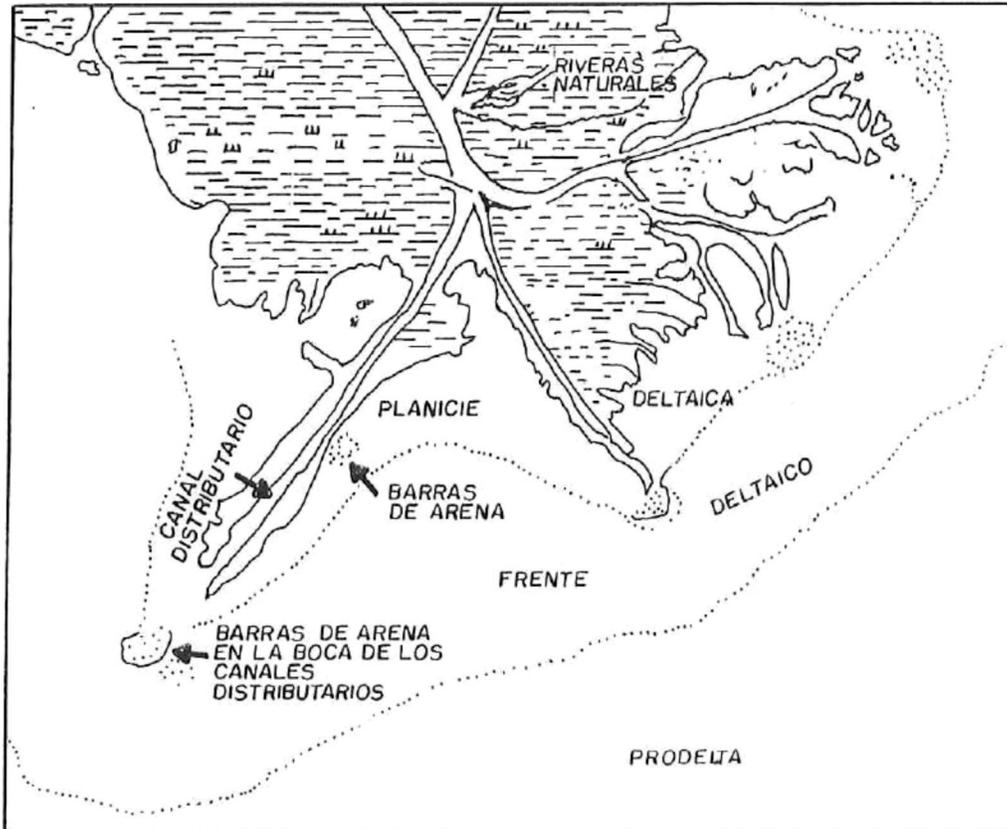


FIG. No. 10 SISTEMA DELTAICO MOSTRANDO TODAS LAS PARTES DEL MISMO, (TOMADO DE ELLIOT, 1986)

Los resultados aquí obtenidos muestran ambientes marinos y fluviales. Cuando el flujo entra a la cuenca receptora éste desacelera y la carga de sedimentos es depositada. Si la carga de sedimentos es muy alta o si los procesos en la cuenca tales como olas, mareas y corrientes no son suficientes para dispersar los sedimentos, se desarrolla un delta de tipo lobado, (Richardson, 1984) (Figura No. 11).

Los canales distributarios están caracterizados por flujos unidireccionales con periódicos estadíos de fluctuación, dichos canales pueden cambiar de ruta o ser abandonados completamente cuando su flujo abre grietas en las paredes del mismo, generando una ruta mas cercana a la cuenca receptora, que en éste caso puede ser el frente del delta o un pro-delta, (Figura No. 8).

La planicie deltaica es una área extensa, la cual comprende canales distributarios activos y abandonados, además de riveras, algunos deltas tienen solo un canal, pero la mayoría comunmente tienen una serie de canales distributarios distintos entre sí a travez de la planicie deltaica (Figura No. 10).

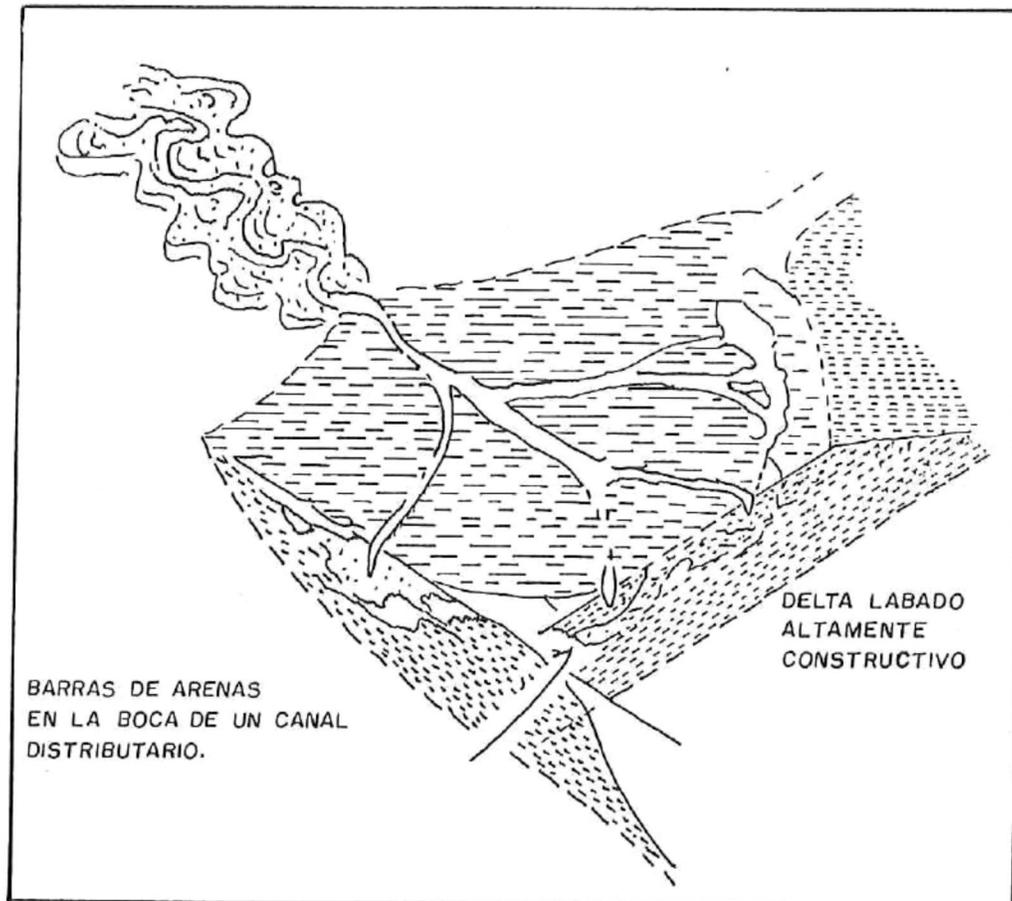


FIG. No. 11 SISTEMA DELTAICO TIPO LABADO, ALTAMENTE CONSTRUCTIVO
DOMINADO POR UN RIO. (TOMADO DE ELLIOT, 1986)

El frente del delta, es el área en la cual los sedimentos entran a la plataforma continental y son dispersados al interactuar con los diferentes procesos que en ella ocurren (Figura No. 12).

Aquí mismo en la parte inicial del frente deltaico, encontramos que las profundidades no son mayores que diez metros, ya que observamos en la columna que también existió estratificación tipo acunada (Fotografía No. 7), lo cual corrobora lo anteriormente afirmado (Ledesma, 1991).

Los cambios radicales en las condiciones hidráulicas ocurridos en la boca de los canales distributarios, causa que el flujo se expanda y desacelere, ocasionando con ello que los sedimentos se dispersen y depositen, o se retrabajen o redepositen directamente como resultado de dispersión del flujo.

En el frente del delta, los sedimentos gruesos tienden a ser depositados en la boca de los distributarios, mientras que los sedimentos finos son depositados mas adentro de la cuenca y en aguas mas profundas, en ambientes de mar abierto.

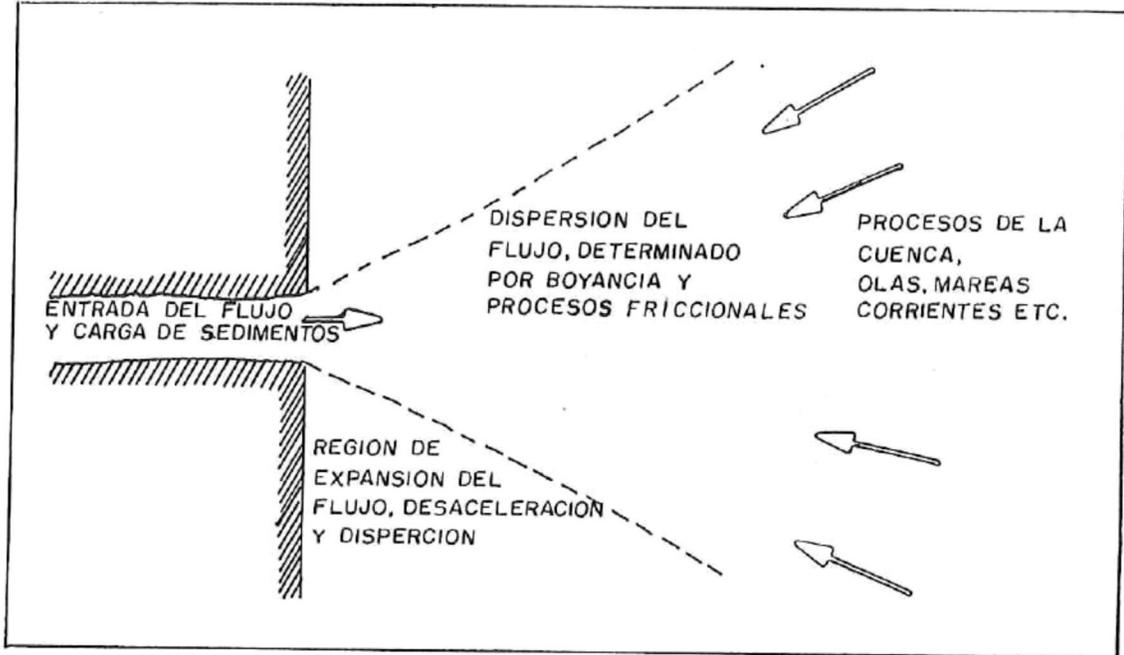
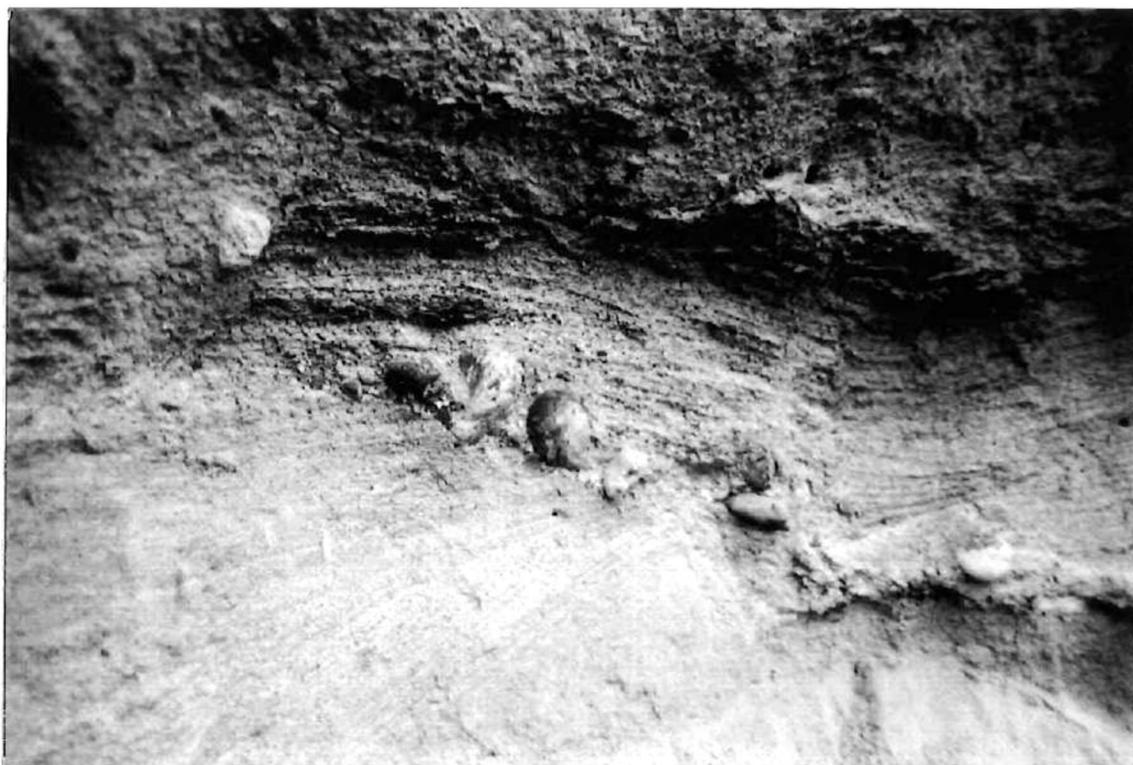


FIG. No. 12 SISTEMA DELTAICO MOSTRANDO LOS PROCESOS EN EL FRENTE DE DELTA. (TOMADO DE ELLIOT, 1988)



FOTOGRAFIA No. 7.- CAPA DE ARENISCAS CON ESTRATIFICACION TIPO ACUNADA PERTENECIENTE A LA SECCION 'B'.

Durante la depositación de la Formación San Diego se presentaron grandes cambios en el nivel del mar, dando lugar a condiciones de regresión y transgresión, dichos cambios en el nivel del mar ocasionaron variaciones importantes en la posición de la línea de costa (Figura No. 13).

Una reconstrucción paleogeografica de la Formación San Diego muestra que los canales distributarios de éste sistema deltaico se dispersaron ampliamente tanto en el area de Tijuana como en el area del condado de San Diego en la zona conocida como Pacific Beach (Figura No. 14).

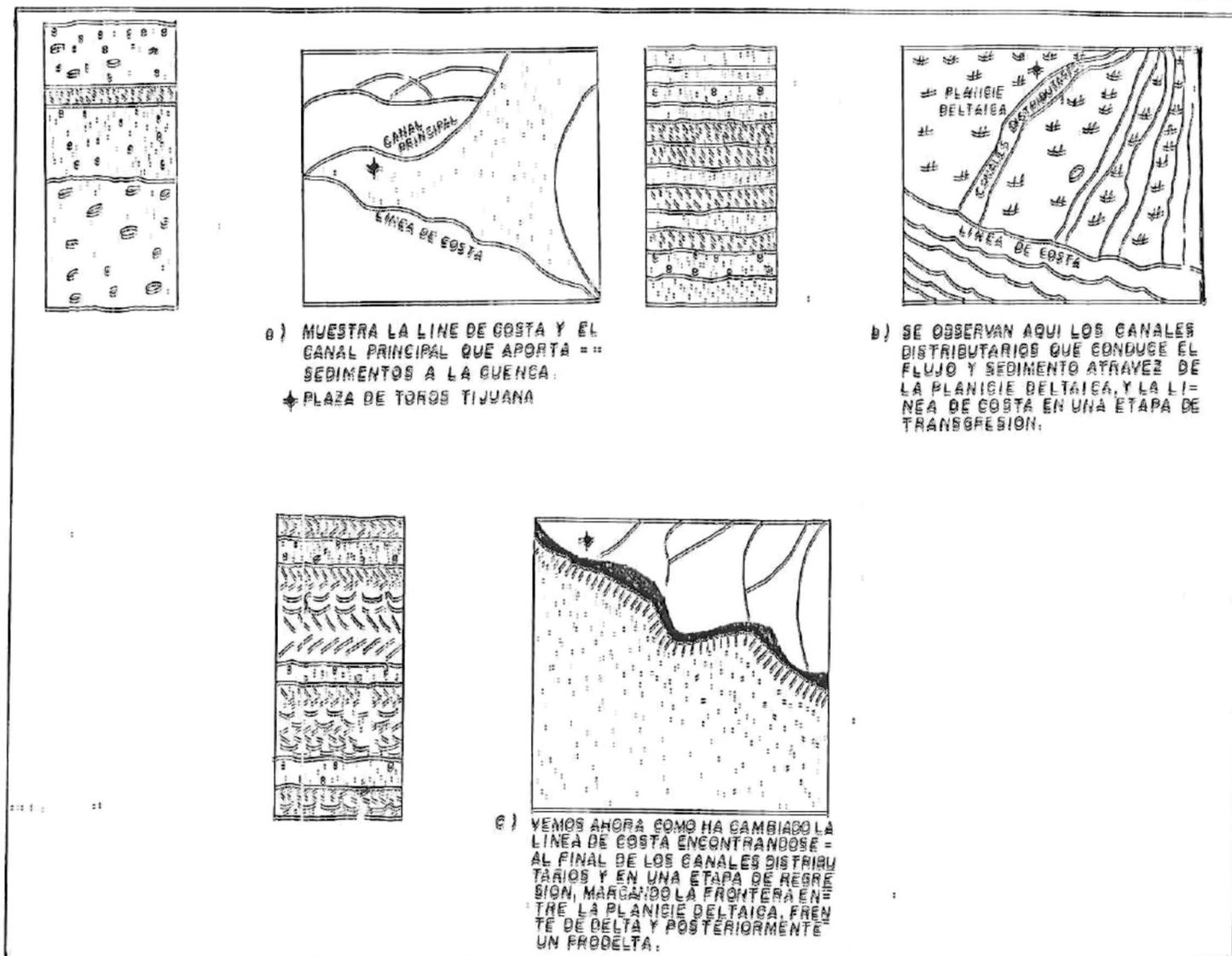


FIG. No. 13 EN LAS FIGURAS SE OBSERVAN LAS VARIACIONES EN LA LINEA DE COSTA, Y EN LAS COLUMNAS LAS SECUENCIAS ESTRATIGRAFICAS MAS COMUNES ENCONTRADAS EN ESTE TRABAJO PARA CADA UNA DE LAS ETAPAS DE DESARROLLO DE NUESTRO PALEODELTA

a, b, c, REPRESENTA VARIACIONES EN TIEMPO.

 BARRAS EN LA BOCA DE LOS DISTRIBUTARIOS

 PRODELTA

 PLANICIE CONTINENTAL

CONCLUSIONES

La Formación San Diego en el area de Tijuana presenta medios ambientes de depositación tanto fluviales como marinos.

Las columnas estratigraficas que presentan medio ambiente de depositación de tipo fluvial para la Formación San Diego se encuentran ampliamente distribuidas en el area de Tijuana, desde cercanas a la Central Camionera, Cañón El Matadero y Cañón Los Laureles.

Las columnas estratigráficas con medio ambiente de depositación de tipo marino, las encontramos localizadas en la intersección de la carretera Tijuana-Playas de Tijuana con el Cañón los Laureles, en la parte de atras de la primera caseta de cobro sobre la carretera Tijuana- Ensenada y en la parte lateral del cerro contiguo a la carretera Tijuana-Ensenada hasta la localidad la Joya.

Las columnas estratigráficas de ambiente marino presentan características de depositación desde marino cercano a la costa hasta marino en la plataforma continental.

Las secciones reconocidas como de ambiente marino fueron depositadas dentro de un sistema deltaico del tipo lobado.

Las unidades marinas estudiadas muestran depositación tanto dentro de la planicie deltaica como dentro del frente deltaico.

La depositación dentro de la planicie deltaica refleja condiciones de transgresión. La depositación dentro del frente deltaico refleja condiciones de regresión.

Durante la depositación de la Formación San Diego ocurrieron cambios en la energía y climatología del área, reflejándose en un importante aporte de sedimentos a la cuenca marina.

Durante el Plioceno-Pleistoceno ocurrieron variaciones importantes en el nivel del mar reflejándose éstos por los cambios en la línea de costa.

El miembro inferior de la Formación San Diego descrito por otros autores, se correlaciona ampliamente con la sección de ambiente fluvial descrita en éste trabajo, y el miembro superior también descrito por otros autores resulta ampliamente correlacionable con las secciones marinas aquí descritas.

Una reconstrucción paleogeografica para la Formación San Diego y especialmente para éste sistema deltaico, muestra que tuvo una amplia distribución tanto en el area de Tijuana como en el Condado de San Diego en el area conocida como Pacific Beach.

BIBLIOGRAFIA

Arnold, R., 1903, The paleontology and stratigraphy of the marine Pliocene and Pleistocene of San Pedro, California: Calif. Acad. Sci., Mem. 3, 420 p.

Arnold, R., 1906, The Tertiary and Quaternary pectens of California. U.S. Geol. Survey Prof. Paper 47, 264 p.

Artim, E. R., and Pinckney, C. J., 1973, La Nacion fault system, San Diego, California: Geol. Soc. America Bull., v. 84, p. 1075-1080

Budd, P. G., 1972, The structure and stratigraphy of the Tijuana area, Mexico. Course: Geology 198B. Professor: R. Gordon Gastil. San Diego State University.

Dall, W. H., 1874, Notes on some Tertiary fossils from the California coast with a list of the species obtained from a well at San Diego, California, with descriptions of two new species: Calif. Acad. Sci., Proc. 1st Ser., V. 5, p. 296-299.

Dall, W. H., 1898, A table of the North American Tertiary horizons, Correlated with one another and with those of Western Europe, with annotations: U.S. Geol. Survey, 18 th Ann. Rpt., Pt.2, p.323-348.

Deméré, T. A., 1982, Review of the Lithostratigraphy, Biostratigraphy and age of the San Diego Formation. in Abbott, P. L. (ed). Geologic Studies in San Diego. Assoc. Geologists, p. 127-134.

Elliott, T., 1986. Deltas; in H.G. Reading (ed), Sedimentary Environments and Facies, second edition: Blackwell Scientific Publ., p. 113-154.

Flynn, C. J., 1968, Geology of the La Gloria-Presa Rodriguez area, Baja California: M.S. Thesis, San Diego State University, 70 p.

Grotts, T. D., 1981, A study of the Pleistocene Marine Invertebrate fauna of San Diego County, California: M.S. Thesis, San Diego State University, p. 122-125.

Gunther, F., 1964, Foraminifera of the San Diego Formation, Mount Soledad and Pacific Beach: Senior Report, Geological Sciences, San Diego State University, 165 p.

Hertlein, L. G., and U. S. Grant., 1944. The Geology and paleontology of the marine Pliocene of San Diego, California. San Diego Society of Natural History, Memoirs. V. 2 , p. 1-72.

Kennedy, M. P. and S. S. Tan, 1977, Geology of National City, Imperial Beach and Otay Mesa quadrangles. Southern San Diego metropolitan area, California: Calif. Div. Mines and Geology Map sheet 29.

Ledesma Vázquez, J., and Strand J., 1989, Tijuana Valley composite section: unpublished map. San Diego State Univ., Geology Dept.

Ledesma Vázquez, J., 1991, Upper Cretaceous-Paleocene Storm deposits in Baja California, México. MS Thesis, San Diego State University, 84 p.

Mandel, J. D., 1974, Neogene Stratigraphy and Micropaleontology of The Southern San Diego area, California: M.S. Thesis, San Diego State University.

Minch, J. A., 1967, Stratigraphy and structure of the Tijuana-Rosarito beach area, northwestern Baja California, Mexico: Geol. Soc. America Bull., v. 78. no. 9.

Minch, J. .A., and Ashby , J. R., 1984, The Upper Pliocene San Diego Formation and the occurrence of carcharodon megalodon at La Joya , Tijuana, Baja California, Mexico: Miocene and Cretaceous Depositional Environments, Northwestern Baja California, Mexico. Pacific Section. Am. Assoc. Petroleum Geologists., v. 54.

Orcutt, C. R., 1889, Some notes on Tertiary fossils of California, II. The San Diego Well: West American Scientist v. 6, p. 84-87.

Richardson, S. M., 1984, Stratigraphy and Depositional Environments of a Marine-Nonmarine Plio-Pleistocene Sequence, Western Salton Trough, California: M.S. Thesis, San Diego State University.

Rowland, R. W., 1972, Paleontology and Paleoecology of the San Diego Formation in Northwestern Baja California: Transactions of the San Diego Society of Natural History., v. 17, no. 3, p. 25-32.

Scheidemann, R. C., 1976, Correlation of the Otay and Rosarito Beach Formations: B.S. Degree, San Diego State University. 27 p.

Valentine, J. W., 1957, Late Pleistocene faunas from the Northwestern coast of Baja California, Mexico. Transactions of the San Diego Society of Natural History. V. XII, No. 16 p. 289-308.

Vanderhurst, L., 1976, A map of post San Diego Formation vertical separation on the La Nacion Fault zone, Southwest San Diego County: B.S. Degree, San Diego State University. 24 p.

Walker, R. G, 1984, Deltas, Geoscience Canada, reprint series 5, p. 105-118.