

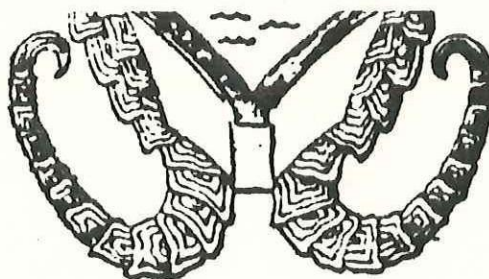


UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BAJA CALIFORNIA

ESCUELA SUPERIOR DE CIENCIAS MARINAS



ORIGEN DE LA LAGUNA COSTERA DE PUNTA BANDA



T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
O C E A N O L O G O
P R E S E N T A
Ezequiel Cruz Blancas

RESUMEN

Debido a la posible planeación de desarrollos turísticos y a la eminente construcción de infraestructura en la Laguna Costera de Punta Banda, se hace necesario conocer -- los procesos Geológicos y Oceanográficos que motivaron las condiciones requeridas para la formación de este cuerpo de agua. En el presente trabajo se describen los procesos Tec tónicos y Sedimentarios que influyeron en la formación de dicha laguna, usando los trabajos Geofísicos y Sedimentol ógicos hechos en esta zona.

Como resultado se obtiene que la formación del Valle de Maneadero, en donde se encuentra la laguna, es estructuralmente un medio graben el cual está controlado por las fa llas de Agua Blanca, San Carlos y la falla que atraviesa la Bahía de Todos Santos desde el Cerro del Vigía hasta intersectarse con la de Agua Blanca en el Cañón submarino de Pun ta Banda. Esta estructura se encuentra rellena de sedimentos continentales. La formación de la barra de arena existente en la zona y la que es la que da origen a la laguna, es debida a la última variación en el nivel del mar aunada a las condiciones oceanográficas existentes en la zona.

Se concluye que la laguna costera es de origen tectóni co y de barra de plataforma interna como lo describe Lank--ford (1976), y que el Valle de Maneadero es un bloque unido relleno de sedimento como lo mencionan O'brien & Zee-

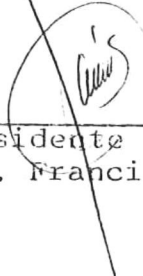
vaert (1968).

"ORIGEN DE LA LAGUNA COSTERA DE PUNTA BANDA"

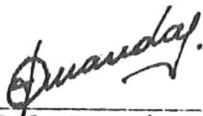
T E S I S
QUE PRESENTA:

EZEQUIEL CRUZ BLANCAS

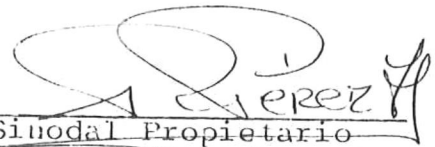
Aprobada por:



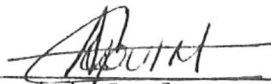
Presidente del Jurado
M.C. Francisco Suárez Vidal



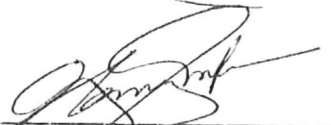
Sinodal Propietario
Oc. Francisco J. Aranda Manteca



Sinodal Propietario
Oc. Roberto Pérez Higuera



Sinodal Suplente
Oc. Amilcar L. Cupul Magaña



Sinodal Suplente
Oc. Lorenzo Gómez-Morin Fuentes

DEDICATORIAS

A quienes me dieron la vida y con ello la oportunidad - de luchar por alcanzar las metas trazadas, a ustedes que me alientan cuando casi me rindo y me señalan el mejor camino a EZEQUIEL Y Ma. TERESA es esta Tesis que significa uno de los muchos frutos a su esfuerzo.

A esos seres que crecieron junto a mí, compartiendo -- los buenos y malos momentos de mi vida demostrando siempre una gran unión que perdurará a través del tiempo, para ustedes mis queridos hermanos LAURA, ARTURO Y VALERIA es también esta Tesis.

A tí, seas quien seas y cualesquiera que sea tu nombre, que has estado siempre junto a mí apoyándome y alentándome para seguir adelante, aunque en ocasiones sacrifiques tu amor por ello, es también esta Tesis.

AGRADECIMIENTOS

Al M.C. Francisco Suárez Vidal quien me sugirió el tema de esta Tesis y por haber aceptado ser mi director en la misma, compartiendo sus conocimientos para el enriquecimiento de los míos.

A los Oceanólogos Lorenzo Gómez-Morín Fuentes y Amilcar L. Cupul Magaña por su ayuda, críticas y sugerencias durante la realización de esta Tesis, y por haber aceptado ser mis sinodales en el examen profesional.

A los Oceanólogos Roberto Pérez Higuera y Francisco Aranda Manteca por sus sugerencias y críticas en la revisión de esta Tesis, así como por su ayuda en la elaboración de la misma y por haber aceptado ser sinodales en el examen profesional.

Al M.C. Rogelio Vázquez González por su ayuda en la obtención de datos de profundidad del basamento en el área de estudio, así como la explicación de las técnicas usadas en el mismo.

Al M.C. Juan Manuel Espinoza por haber despertado en mí la inquietud en las técnicas geofísicas tan importantes en mi trabajo.

A mis amigos y compañeros P.O. José Luis González Villaseñor, P.O. Jorge Torres Rodríguez y Ocean. Francisco Martínez Piceno que supieron en su momento ayudar y estimular con sus críticas al mejor desarrollo académico a través de mi vida universitaria.

A María Elena Briseño Sambrano por su ayuda en la mecanografía de este trabajo y por su apoyo.

A todos aquellos compañeros y amigos que de una manera u otra me alentaron para seguir adelante en la meta trazada.

I N D I C E

	<u>Página</u>
INTRODUCCION	1
ANTECEDENTES	3
OBJETIVO	6
LOCALIZACION Y DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO	7
METODOLOGIA	11
RESULTADOS	12
DISCUSIONES	41
CONCLUSIONES	52
BIBLIOGRAFIA	53

LISTA DE FIGURAS

<u>Figura</u>	<u>Página</u>
1 MAPA DE LOCALIZACION DEL AREA DE ESTUDIO.	8
2 MAPA DEL AREA DE ESTUDIO.	9
3 MAPA DE PERFILES PARA MEDICIONES DE RESISTIVIDAD.	14
4 POSICION DE LA FALLA SEGUN TRABAJO DE RESISTIVIDAD.	15
5 MAPA DE ESTACIONES PARA ESTUDIO DE TEMPERATURAS DE AGUAS SUBTERRANEAS.	16
6 TEMPERATURAS DE AGUAS SUBTERRANEAS ENCONTRADAS EN LA ZONA.	17
7 MAPA DE ESTACIONES GRAVIMETRICAS.	19
8 MAPA DE ANOMALIAS DE BOUGUER.	20
9 POSICION DE LA FALLA SEGUN ESTUDIO GRAVIMETRICO.	22
10 MAPA DE TRANSECTOS DEL ESTUDIO GRAVIMETRICO Y MAGNETICO EN LA BAHIA DE TODOS SANTOS.	23
11 MAPA DE ANOMALIAS DE BOUGUER EN LA BAHIA DE TODOS SANTOS.	24
12 SISTEMA DE FALLAS EN LA BAHIA DE TODOS SANTOS.	25
13 LOCALIZACION DE ESTACIONES GRAVIMETRICAS.	26
14 PLANO DE ANOMALIAS DE BOUGUER.	27
15 ESTACIONES DE MEDICION DE POTENCIAL ESPONTANEO.	29
16 MAPA DE LINEAS DE ISOPOTENCIAL NATURAL.	30
17 LOCALIZACION DE SONDEOS ELECTRICOS DE RESISTIVIDAD.	31
18 LOCALIZACION DE PERFILES DE MEDICION DE CAMPO TELURICO.	33

<u>Figura</u>		<u>Página</u>
19	PERFILES DE AMPLITUD RELATIVA DE CAMPO ELECTRICO, K-G Y H-D.	34
20	PERFIL DE AMPLITUD RELATIVA DE CAMPO ELECTRICO J-E.	35
21	COMPARACION DE RESPUESTAS DE LOS METODOS EMPLEADOS.	36
22	SISTEMA DE FALLAS DEL AREA.	38
23	ZONA EN LA CUAL SE CALCULARON PROFUNDIDADES DEL BASAMENTO.	39
24	MAPA DE PROFUNDIDADES DEL BASAMENTO.	40
25	CONFIGURACION DEL BASAMENTO EN EL AREA DE ESTUDIO.	42
26	ANOMALIAS DE BOUGUER EXTRAPOLADAS DE LA BAHIA DE TODOS SANTOS Y EL VALLE DE MANEADERO.	44
27	VARIACION DEL NIVEL DEL MAR DURANTE LA ULTIMA GLACIACION.	46
28	AFALLAMIENTO Y HUNDIMIENTO DEL BLOQUE QUE COMPRENDE EL VALLE DE MANEADERO.	49
29	ELEVACION DEL NIVEL DEL MAR Y DEPOSITACION DE SEDIMENTOS MARINOS EN EL PLEISTOCENO.	49
30	REGRESION Y DEPOSITACION DE SEDIMENTOS TERRESTRES DURANTE LA GLACIACION WISCONSINIANA.	50
31	TRANSGRESION DEL HOLOCENO Y FORMACION DEL ESTUARIO DE PUNTA BANDA.	50
32	REGRESION ACTUAL Y FORMACION DE LA BARRA DE ARENA ORIGINANDO LA LAGUNA COSTERA DE PUNTA BANDA.	51

INTRODUCCION

De los 10 000 km. de las costas que forman nuestros litorales, por lo menos dos terceras partes corresponden a lagunas costeras y/o estuarios (Phleger, 1967). Lankford -- (1976) menciona que en México existen aproximadamente 123 - depresiones marinas marginales; debido a este gran número - es importante conocer los procesos físicos, químicos, geológicos y biológicos de dichos cuerpos costeros, para su mejor utilización en beneficio del hombre como fuente potencial de producción de alimentos y desarrollos turísticos.

En el Plano Costero de Todos Santos existe una de estas depresiones marina marginales, la Laguna Costera de Punta - Banda, donde se han hecho numerosos estudios físicos de los cuales se puede citar a Contreras (1973), Acosta y Alvarez (1974), Céliz (1975), Pritchard (1978) y González (1980). Otros del tipo químico como los de: Parra (1976), Sánchez - (1978), Cajal (1979) y Bustos (1983); también del tipo biológicos como los de: Jaime (1974), Aguilar (1980), Cabello (1984), Arellano y Ruiz (1985) y por último algunos del tipo geológico como son los de: Avila (1983), Pérez (1984), - Ames (1985) y Gutiérrez (1985).

La mayoría de los trabajos anteriormente mencionados - se han hecho con el fin de conocer las características actuales de este cuerpo de agua para el aprovechamiento humano.

Lankford (1976), menciona los principales procesos que

formaron las depresiones marinas marginales mexicanas, los cuales son: Erosión Diferencial, Sedimentos Terrígenos Diferenciados, Barras de Plataforma Interna, Orgánicos y Volcano-Tectónicos; o la combinación de dos o más de éstas. Propone que el origen de la laguna costera que nos ocupa se debió a la combinación de procesos Tectónicos y de Barra de - Plataforma Interior, estos procesos deben tomarse en cuenta si se quiere desarrollar cualquier tipo de infraestructura en el área para la mayor duración de la misma y para evitar la alteración en la evolución natural del ya citado cuerpo costero.

ANTECEDENTES

Los primeros trabajos geofísicos realizados en la zona fueron los de Petrick (1972), Hummel (1972), Strandstra - - (1972) y Chester (1977).

Petrick (1972), concluyó en su estudio de resistividad la probable posición de la falla de Agua Blanca y la profundidad al basamento en el Valle de Maneadero.

Hummel (1972), realizó una investigación con el objeto de determinar las características geotermales en el Valle - de Maneadero, con respecto a temperaturas de aguas subterráneas, lo que lo llevó a concluir la posible posición de la falla de Agua Blanca, así como la existencia de una fuente de poder geotérmica con una probable capacidad geotermal para suministrar electricidad a Ensenada y áreas circunvecinas.

Strandstra (1972), realizó un trabajo de auto-potencial en el cual concluye la existencia de una anomalía natural de potencial negativo que indica un afallamiento, así - como una actividad geotermal adicional asociada con el afallamiento.

Chester (1977), realiza un estudio gravimétrico en el que determina la localización de la extensión norte de la - falla de Agua Blanca a través del Valle de Maneadero, así - mismo determina la profundidad del basamento rocoso a lo -- largo del lado norte de la extensión norte de la falla de -

Agua Blanca.

González (1977), realizó el primer estudio gravimétrico y magnético de la Bahía de Todos Santos, en el que determina el paso de una falla secundaria que aflora en el Cerro del Vigía y se extiende en la Bahía hasta intersectarse en el Cañón submarino de Punta Banda con la falla de Agua Blanca.

Wong (1980), en su trabajo "Implicaciones Tectónicas - de la falla de Agua Blanca en la Bahía de Todos Santos", -- concluye que es esta falla y su sistema, la causante de toda la fisiografía actual que se observa en la región del -- plano costero de Todos Santos.

El Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, B. C. (CICESE), realizó mediante un - estudio geofísico integrando los trabajos de gravimetría, - potencial espontáneo, resistividad y razón de campo telúrico colineal (Vázquez, 1980; Fabriol, Martínez y Vázquez, 1982) los cuales son enfocados a estudiar los grandes rasgos geológicos del valle y su configuración geohidrológica.

Otros autores como lo son O'Brien & Zeevaert (1968) y Lankford (1976), han hecho trabajos en el área, en los cuales describen someramente o infieren la formación del Valle de Maneadero y por ende la de la Laguna Costera de Punta -- Banda.

O'Brien et al (1968), menciona el origen del Valle de Maneadero debido al hundimiento de un bloque situado entre

la Península de Punta Banda y las tierras altas al norte de ésta. Asimismo señala el crecimiento de la barra arenosa - de la laguna con dirección al norte en épocas geológicas recientes.

Lankford (1976), hace un trabajo de clasificación en - donde agrupa todas las lagunas mexicanas según su origen, y propone para la Laguna Costera de Punta Banda dos orígenes, siendo estos: Lagunas con Barreras de Plataforma Interior - (Inner Shelf) con la subdivisión de laguna cuspada (Cuspate Lagoon); y del tipo Tectónicas con la subdivisión de Lagunas Estructurales.

OBJETIVO.

Determinar a través de los estudios Geofísicos y Geológicos existentes, los procesos Tectónicos y Sedimentarios - que dieron lugar a la formación de la Laguna Costera de Punta Banda denominada también Estero de Punta Banda.

LOCALIZACION Y DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO

El plano costero de Todos Santos está localizado en la parte NW de la Península de Baja California; sus coordenadas son $31^{\circ} 35'$ a $31^{\circ} 40'$ latitud Norte y $116^{\circ} 45'$ a $116^{\circ} 35'$ longitud Oeste (fig. 1). Es una región de aproximadamente 150 km^2 que está ocupada por la Ciudad de Ensenada, el Valle de Maneadero y la Bahía de Todos Santos (Wong, 1980).

El Valle de Maneadero es una cuenca sedimentaria de aproximadamente 15 km. de ancho por 20 km. de largo, se encuentra delimitado al Sur por las montañas que forman la Península de Punta Banda, al Norte por la traza de una posible falla (San Carlos), al Este por cadenas montañosas y al Oeste por el Océano Pacífico (fig. 2).

La cadena montañosa de Punta Banda, está compuesta de rocas ígneas extrusivas de edad Cretácico Medio y estratos de arenisca y caliza del Cretácico Superior, Cupul (1984). Estos estratos descansan discordantes sobre un basamento -- Pre-Cretácico que constituye el macizo de Punta Banda y que aflora en la base de los cantiles. La parte superior de la Península de Punta Banda está truncada por antiguas terrazas de playa, las cuales están cubiertas por materiales de aluvión. (Secretaría de Marina, 1974).

La terrazas que se forman por la presencia de la posible falla de San Carlos, se encuentran a 2 km. al sur del Campo Militar El Ciprés; dicha supuesta falla tiene un rum-

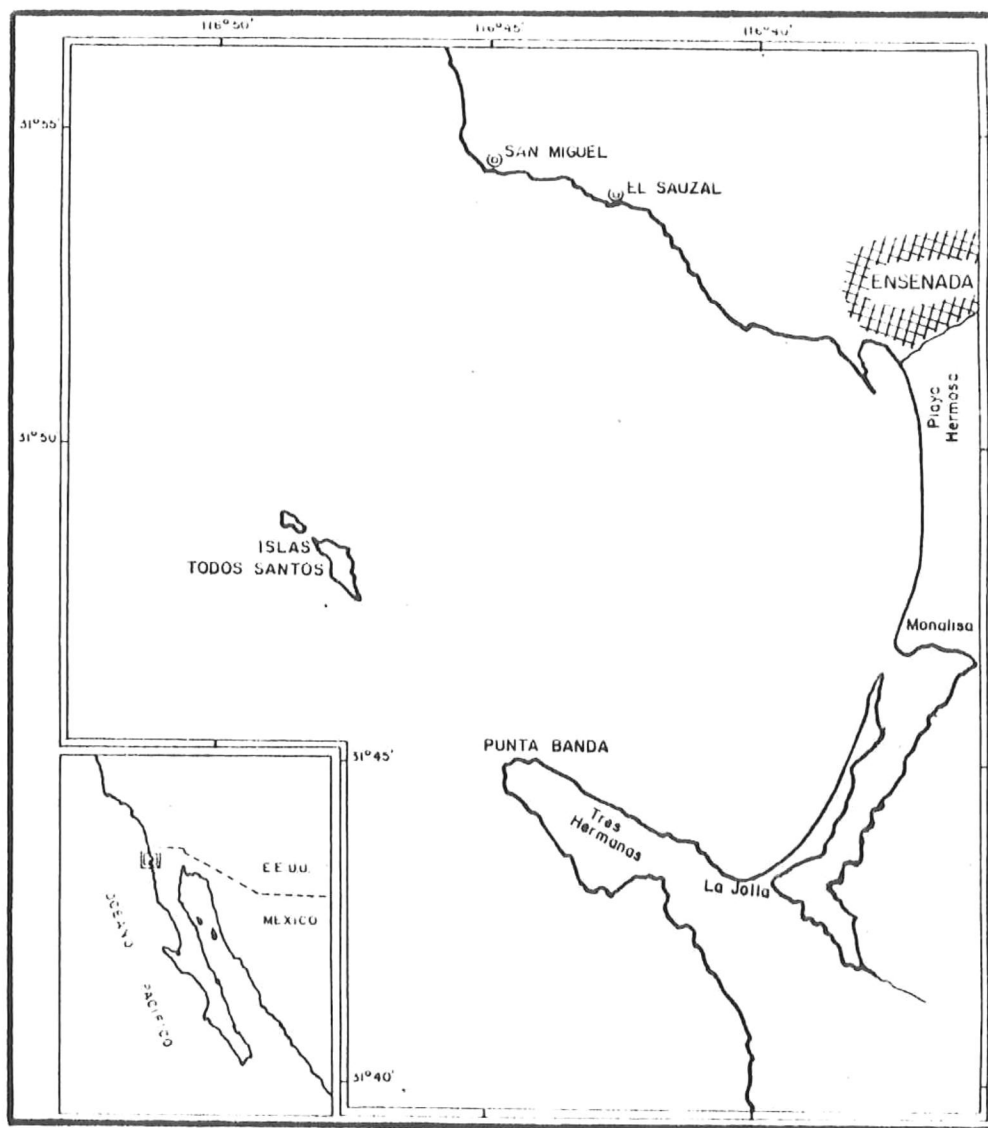


Fig. 1. Mapa de localización del área de estudio.

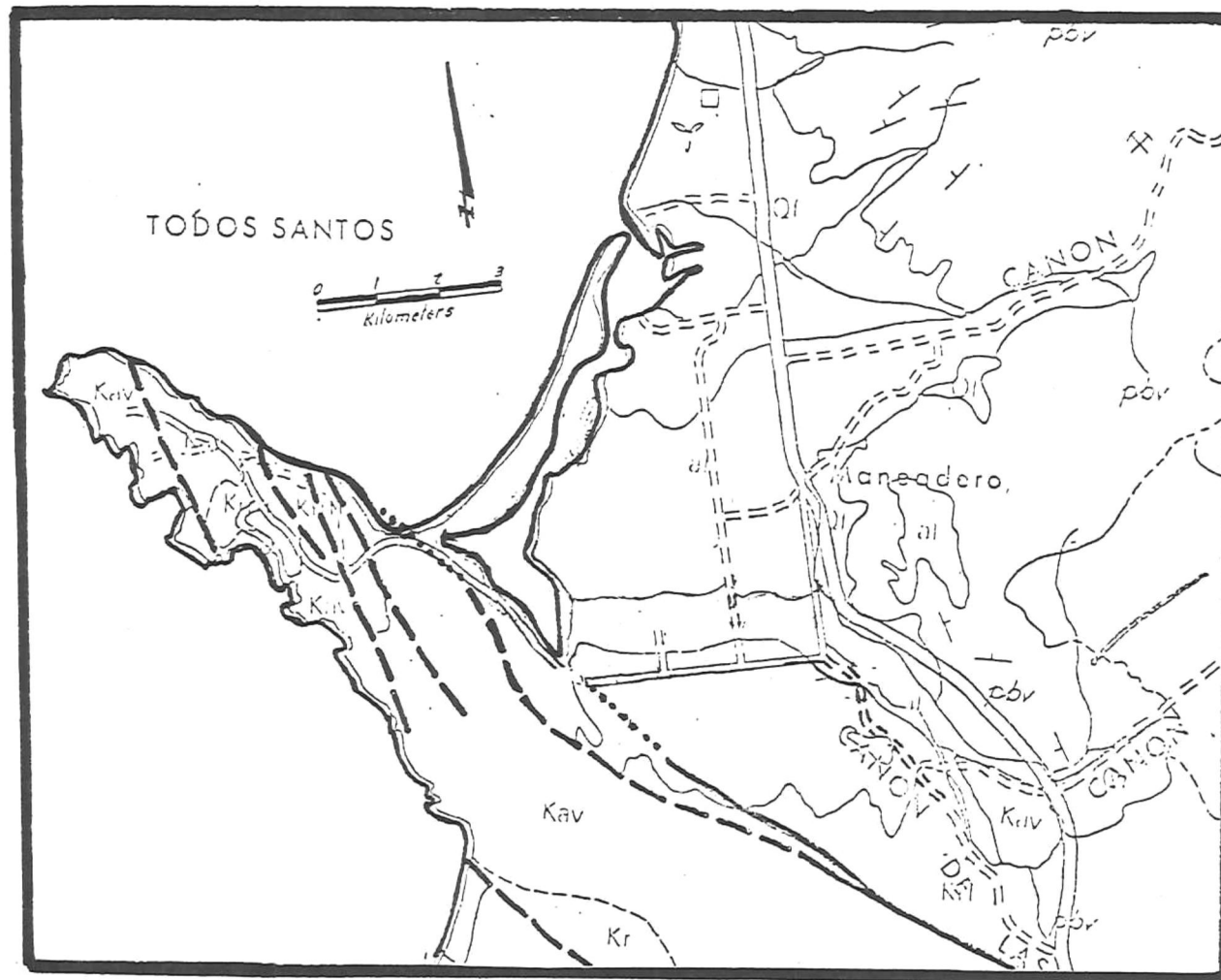


Fig. 2. Mapa del área de estudio (Tomado de Gastil, Phillips and Allison, 1975).

bo casi Este-Oeste (Sec. de Mar., 1974).

La Laguna Costera de Punta Banda situada en la costa - Este del Océano Pacífico a 13 km. de la Ciudad de Ensenada y en el extremo sur de la Bahía de Todos Santos, está separada de las aguas de la bahía por una barra de arena de 7.5 km. de longitud que se extiende en dirección NNW desde la base de la cadena montañosa que conforman la Península de Punta Banda y tiene una abertura angosta en su extremo norte, que constituye su única boca natural.

Esta Laguna Costera tiene forma de "L" (fig. 2), con un extremo corto de aproximadamente 3 km. y orientado en dirección SE y un extremo largo de 7.5 km. orientado en dirección NNE; a lo largo del extremo principal se extiende un solo canal, se torna abruptamente en dirección NW cerca de la boca, para comunicarse con las aguas de la bahía, una barra exterior se extiende paralelamente a la línea de costa, y por ende perpendicular al canal de salida de la boca, a unos 200 m. de dicha línea, originando una zona superficial de rompimiento de las olas entrantes. (Pritchard, de la Paz, Cabrera, Farreras y Morales, 1978).

METODOLOGIA

Se recopiló la mayor cantidad de información Geofísica y Geológica existente del área de estudio, de donde se extrajo los datos necesarios para la finalidad del trabajo.

De los trabajos geofísicos hechos por Chester (1977), González (1977), Vázquez (1980), Fabriol et al, (1982), se utilizaron los datos de gravimetría con los cuales se hicieron extrapolaciones e interpolaciones para realizar un modelo del basamento en el área de estudio, delimitando de esta forma el ~~paso~~ de las fallas existentes en la zona y las estructuras mayores que se encuentran en la región. Aunado a estos trabajos los de Petrick (1972), Hummel (1972), Stranstra (1972); se utilizaron para la delimitación del paso de la falla de Agua Blanca y en la obtención de la profundidad del basamento en la zona.

Los trabajos geológicos se utilizaron para reconstruir la historia del área de estudio, así como para corroborar los resultados de los trabajos geofísicos hechos en la misma zona.

RESULTADOS

Para definir los terminos de Estuario y Laguna Costera, se usó la definición de Cameron & Pritchard (1963), en la cual describe un estuario como un cuerpo de agua costero -- que tiene una comunicación abierta con el mar, dentro del cual el agua de mar está diluída moderadamente en el agua dulce derivada del drenaje continental; y para definir una laguna costera se utilizó la de Phleger (1967), que nos dice que las lagunas costeras son cuerpos de agua alargados separados del mar por una barra de arena o un sistema de islas en barrera, con un eje mayor paralelo a la costa. Las lagunas pueden tener una o varias bocas de acceso las cuales -- son mantenidas abiertas por el flujo del río, el rango de marea y su frecuencia; el número de bocas está en función del área de la laguna. Es común que las lagunas estén asociadas a sistemas estuarinos.

Las principales diferencias entre las lagunas y los estuarios son:

- I.- En las lagunas costeras el eje mayor es paralelo a la costa y en los estuarios es perpendicular.
- II.- Las barras en las lagunas costeras son paralelas al eje mayor, mientras que en los estuarios son perpendiculares al eje mayor, especialmente en la boca.
- III.- Las profundidades en las lagunas son menores que en los estuarios.

IV.- Las lagunas costeras están comunicadas con el mar abierto a través de bocas de mareas.

De los estudios geofísicos hechos en el área se sacaron los siguientes resultados.

Petrick (1972), en su trabajo de resistividad realizó tres perfiles los cuales se muestran en la fig. 3; el primer perfil lo realizó aproximadamente paralelo al trazo de la falla de Agua Blanca y a 500m. de la misma y se hizo así con el fin de estimar la profundidad del basamento. El segundo perfil lo realizó a lo largo de la playa. El tercero y último fue hecho aproximadamente una milla hacia tierra con una tendencia Norte-Sur y cruzando la primera línea de estudio. La conclusión a la cual llegó con su trabajo fue la posición de la falla mostrada en la fig. 4, así como la profundidad del basamento la cual estimó en 1 828.8 mts.

Hummel (1972), en su estudio de temperaturas de aguas subterráneas que hizo a lo largo de la playa y en una área aproximada de 4 km. hacia tierra, utilizó 16 estaciones las cuales se ilustran en la fig. 5. Las estaciones fueron puestas aproximadamente perpendiculares a través de la localización de la falla. La localización de las estaciones se llevaron a cabo en la misma región que Petrick (op cit) hizo su trabajo de resistividad.

La fig. 6, muestra las temperaturas encontradas en las estaciones así como la interpolación de las mismas por isothermas. Por lo que se nota que en el área de la playa se --



Fig. 3. Mapa de perfiles para medición de resistividad.
(Tomado de Petrick 1972)

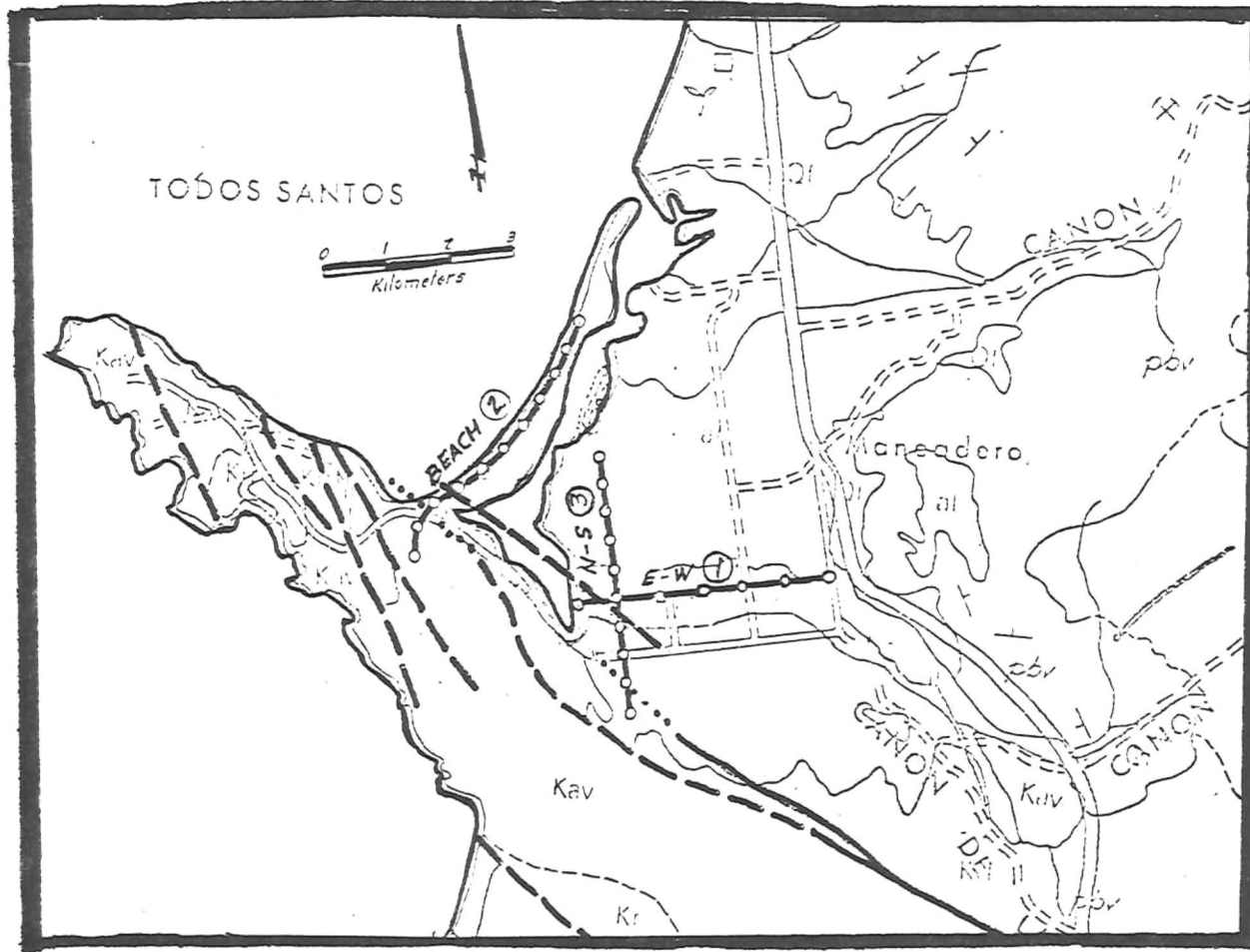


Fig. 4. Posición de la falla segun trabajo de resistividad.
(Tomado de Petrick, 1972)

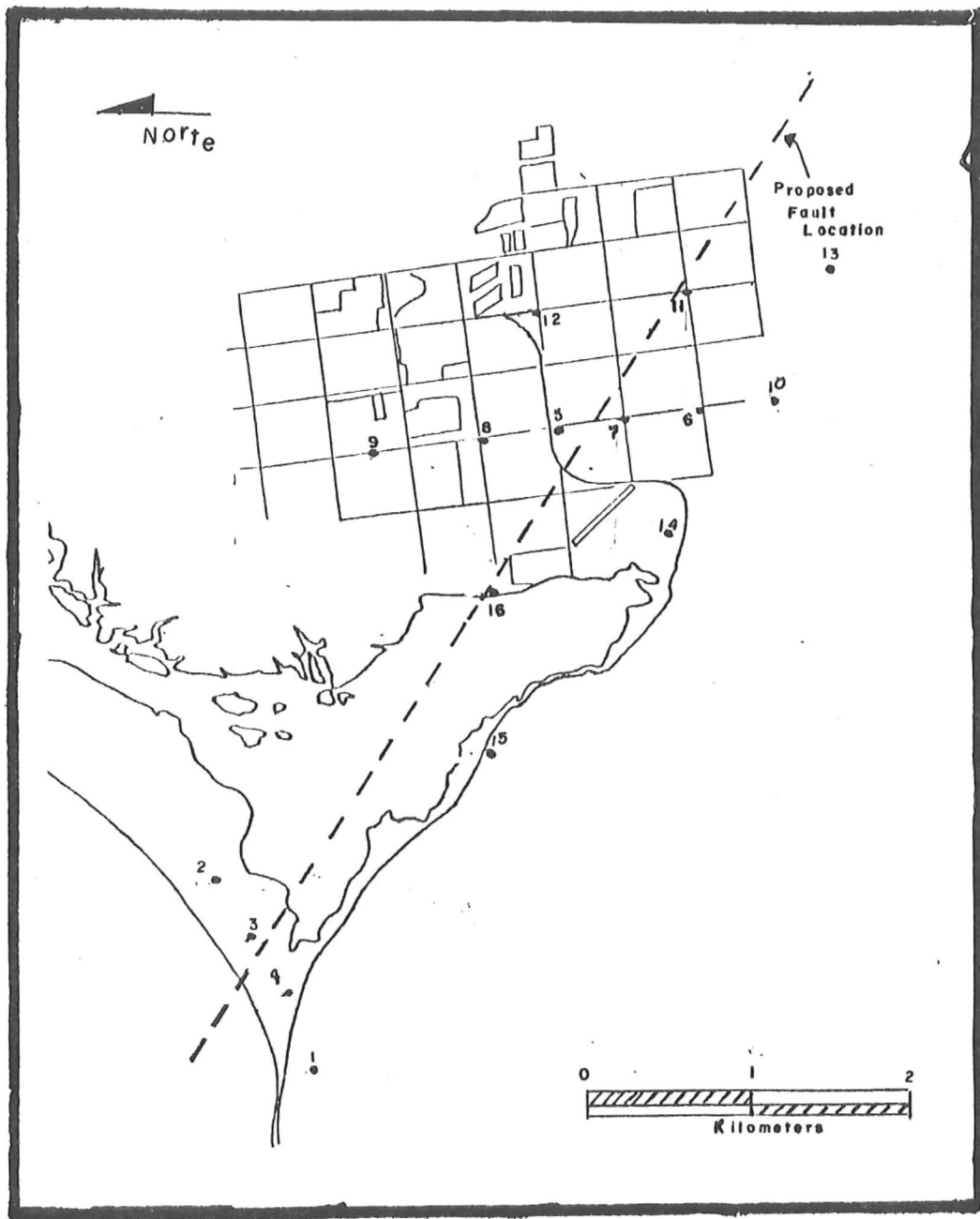


Fig. 5. Mapa de estaciones para estudio de temperaturas de aguas subterráneas (Tomado de Hummel, 1972)

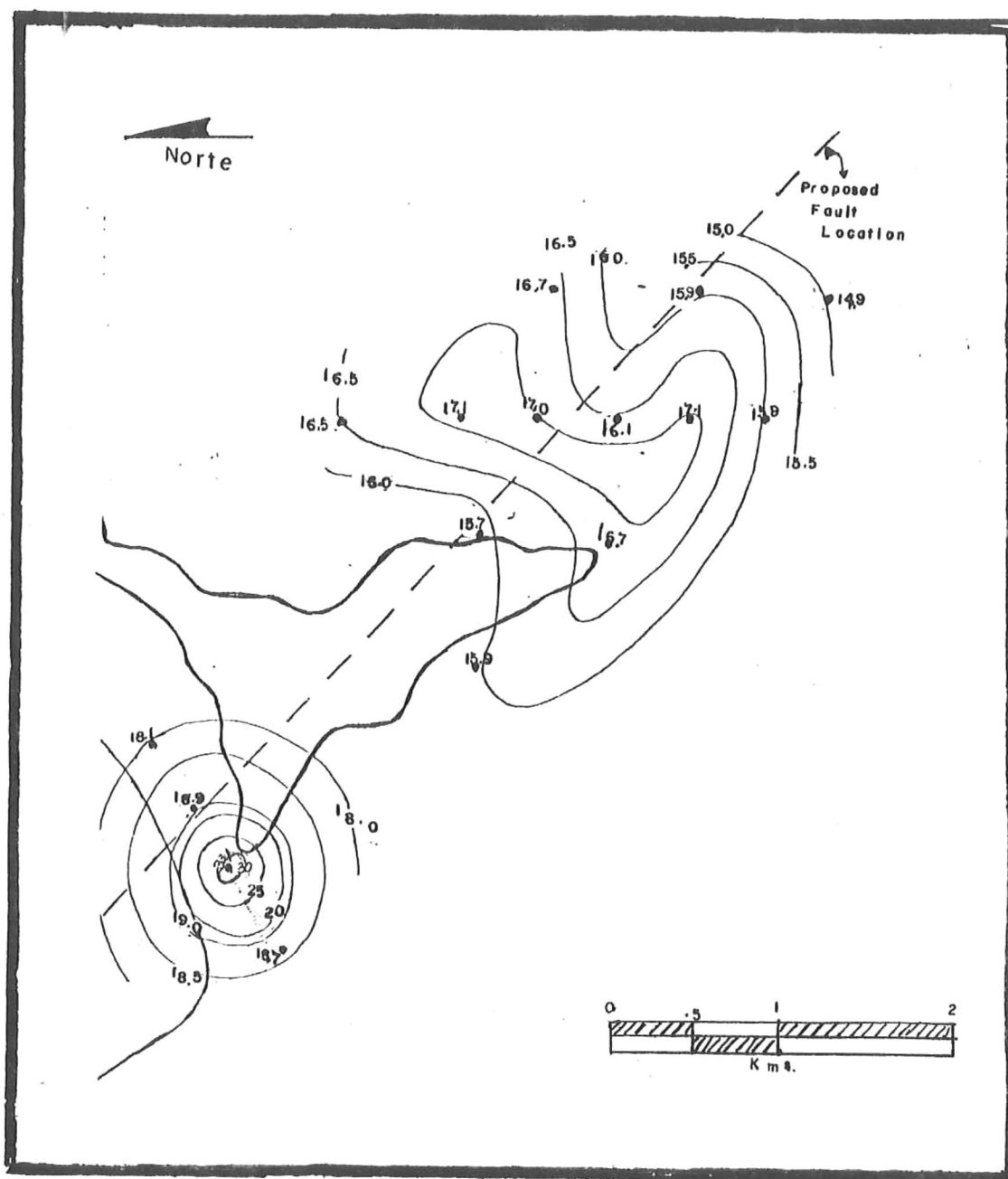


Fig. 6. Temperaturas de aguas subterráneas encontradas en la zona (Tomado de Hummel, 1972).

tiene un incremento de 14° C dentro de 1.5 km., mientras - que tierra adentro la variación de la temperatura es menor (aprox. 2° C/km.) Hummel (op cit) sugiere que esto es debido a la relativa impermeabilidad de los sedimentos cercanos a la superficie (sedimentos de playa no consolidados pobremente sorteados y tamaño medio de grano, y tierra adentro - es limo compactado con 5% de agua).

Strandstra (1972), en su estudio de auto-potencial realizó dos perfiles perpendiculares a la falla de Agua Blanca y cortados por un tercero con el objeto de localizar el paso de dicha falla y el hecho substancial que hay actividad geotermal en la región. Estudios de auto-potencial son generalmente hechos para completar otras técnicas geofísicas. La conclusión a la que llegó fue marcar el paso de la falla como Petrick (op cit) y que hay actividad geotermal a lo - largo de ella en el área como para que se construyera una planta geotérmica.

Chester (1977), en su trabajo gravimétrico utilizó 89 estaciones de medición para sus lecturas, la mayoría de las cuales se encuentran al este del camino que va a la Bufadora, teniendo algunas estaciones localizadas en la barra de arena y otras pegadas a la cabecera de la laguna (fig. 7). En base a los datos gravimétricos obtenidos de dichas estaciones construyó el mapa de anomalías de Bouguer mostrado - en la fig. 8. Asimismo para la mejor localización de la falla y la profundidad del basamento, realizó dos perfiles

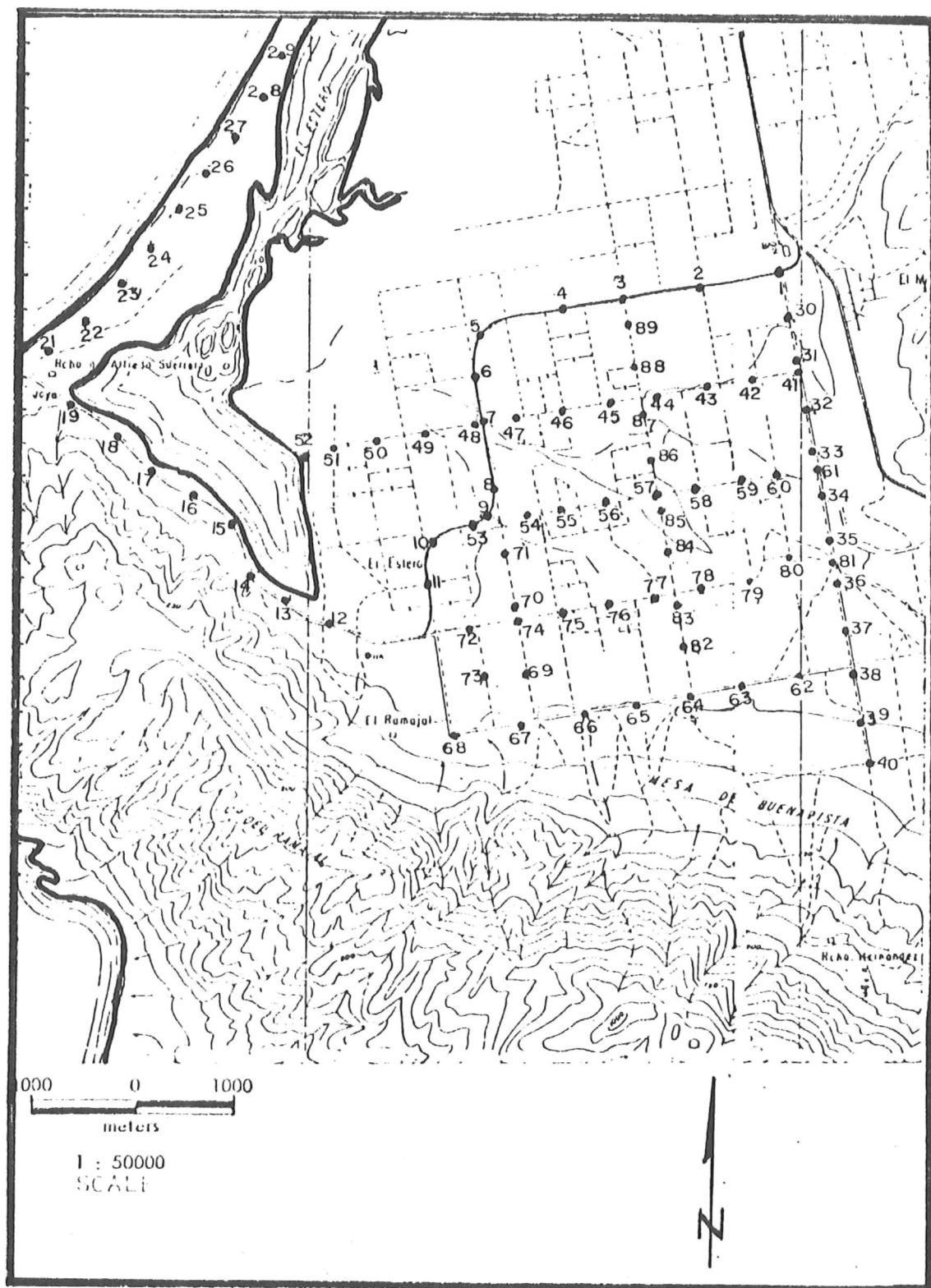


Fig. 7. Mapa de estaciones gravimétricas (tomado de Chester, 1977).

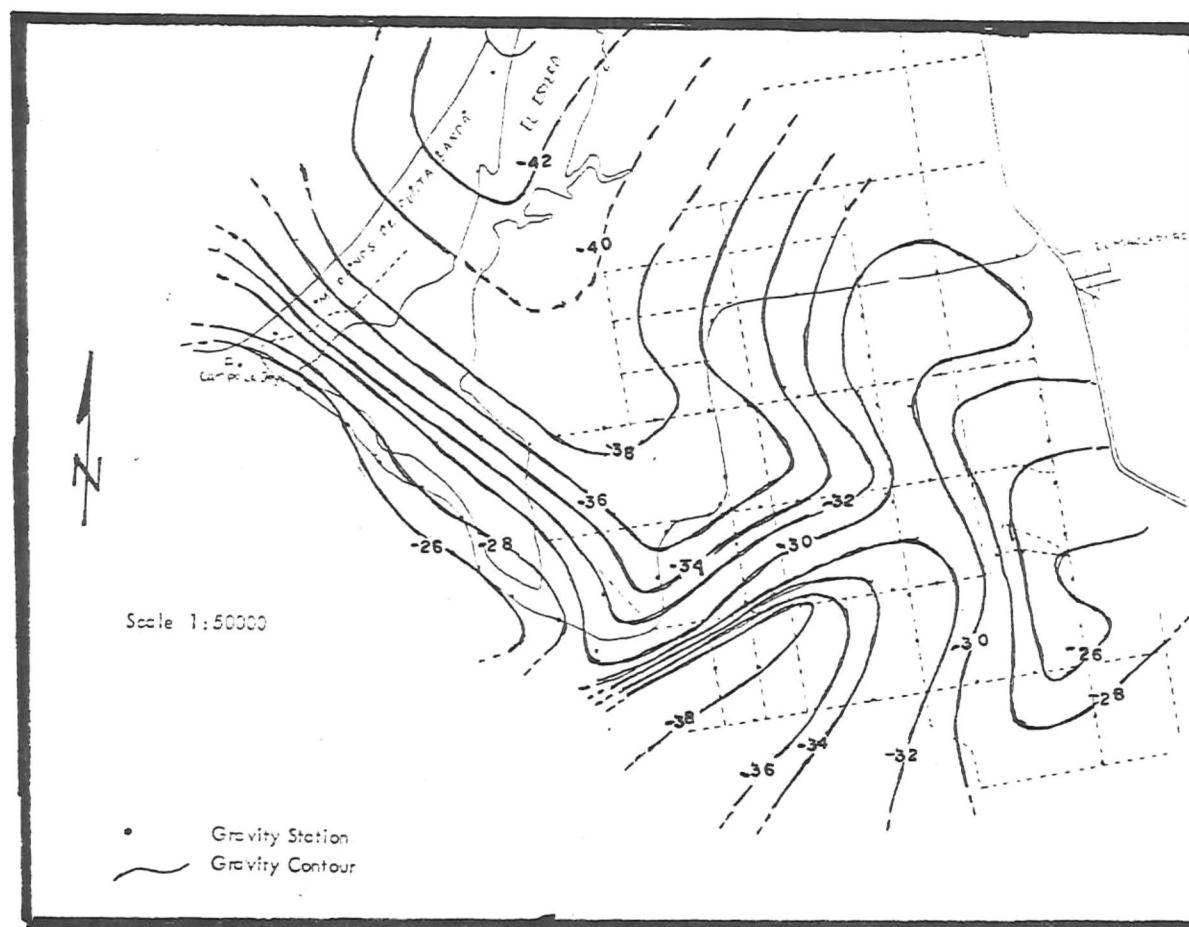


Fig. 8. Mapa de anomalías de Bouguer. (Tomado de Chester 1977).

los cuales se muestran en la fig. 9. Aquí se da la localización de la falla así como el desnivel de la misma en - - 901.2 m. y una profundidad al basamento de 1 828.8 m.

González (1977), realizó el primer trabajo gravimétrico y magnético en las aguas de la Bahía de Todos Santos. - Utilizó diez transectos los cuales cubren la mayor parte de la bahía (fig. 10). Con los datos obtenidos en estos transectos realizó un mapa de anomalías de Bouguer mostrada en la figura 11, del cual se concluye que los dos mayores gradientes en los valores de las anomalías son debidos, uno a la falla de Agua Blanca y el otro, a la falla secundaria - que aflora en el Cerro del Vigía y se intersecta con lo de Agua Blanca en la zona del cañón submarino de Punta Banda. Dichas fallas forman los flancos de un graben triangular - el cual ha sido llenado con sedimentos del terciario superior y cubiertos con los sedimentos del Pleistoceno. (fig. 12)

Vázquez (1980), realizó un trabajo geofísico integrado en el Valle de Maneadero, en donde utilizó gravimetría, -- auto-potencial, resistividad y corrientes telúricas.

Para el trabajo de gravimetría se marcaron 100 estaciones que cubrieron la mayor parte del valle y las cuales se muestran en la fig. 13. Con los datos obtenidos en las estaciones, se obtuvo el mapa de anomalías de Bouguer mostrado en la fig. 14, en donde se nota el paso de la falla de - Agua Blanca. Para calcular la profundidad del basamento en

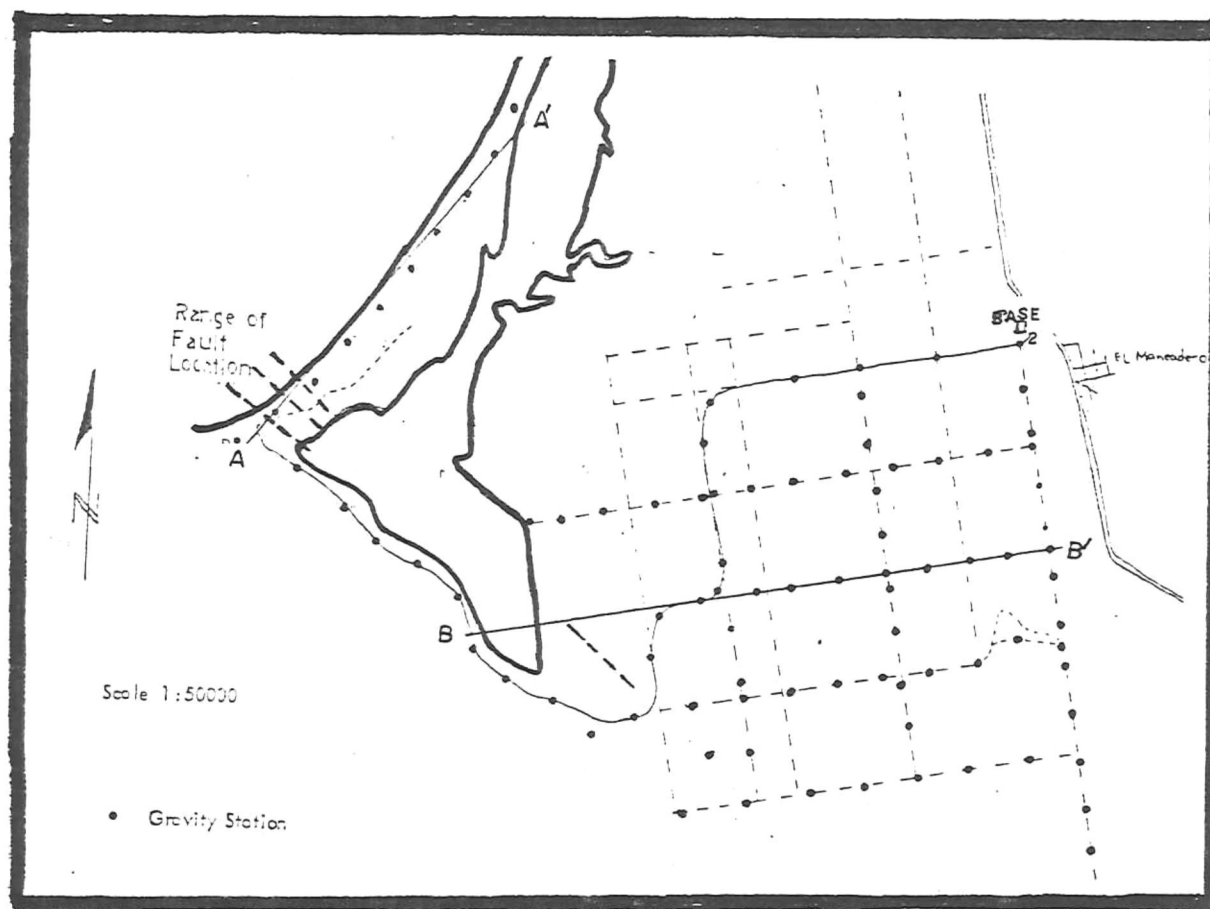


Fig. 9. Posición de la falla según trabajo gravimétrico
(Tomado de Chester, 1977).

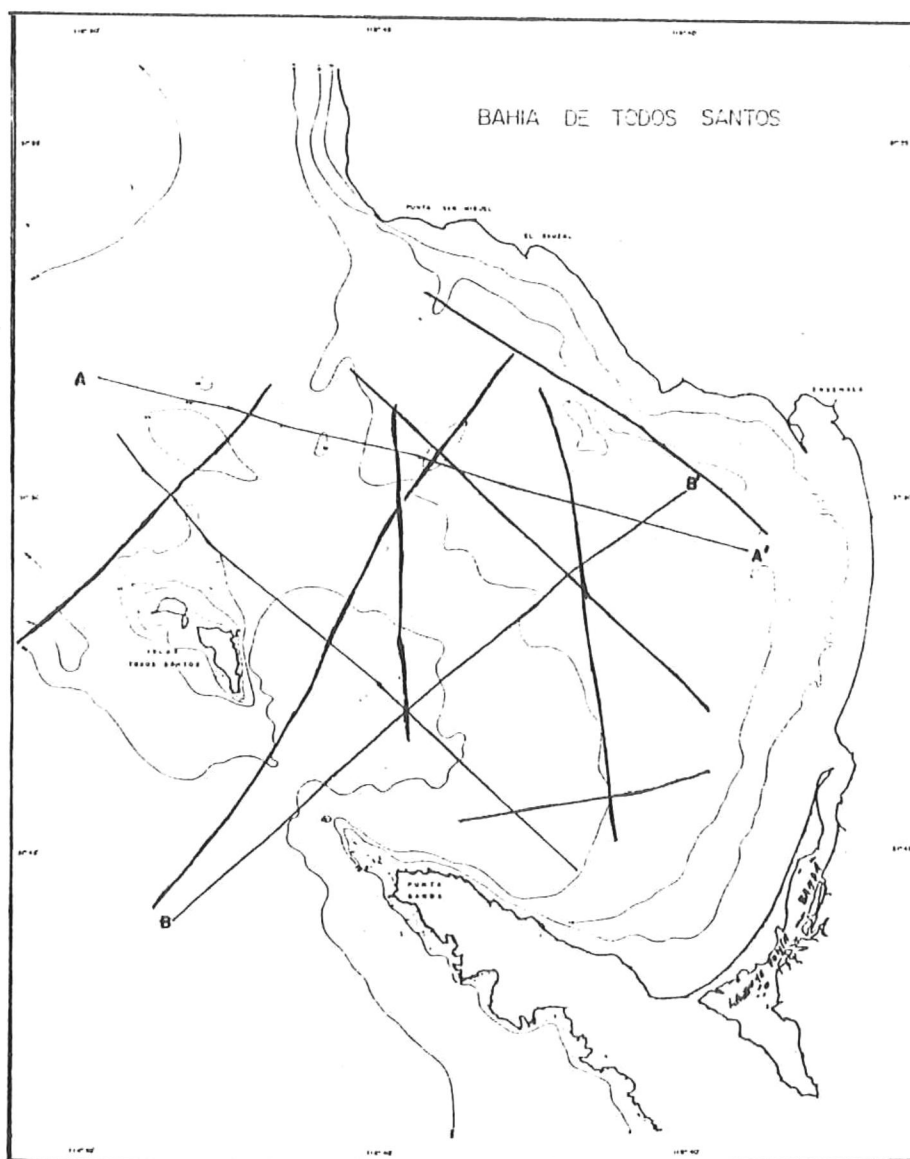


Fig. 10. Mapa de transectos del estudio gravimétrico y magnético en la Bahía de Todos Santos (Tomado de González, 1977).

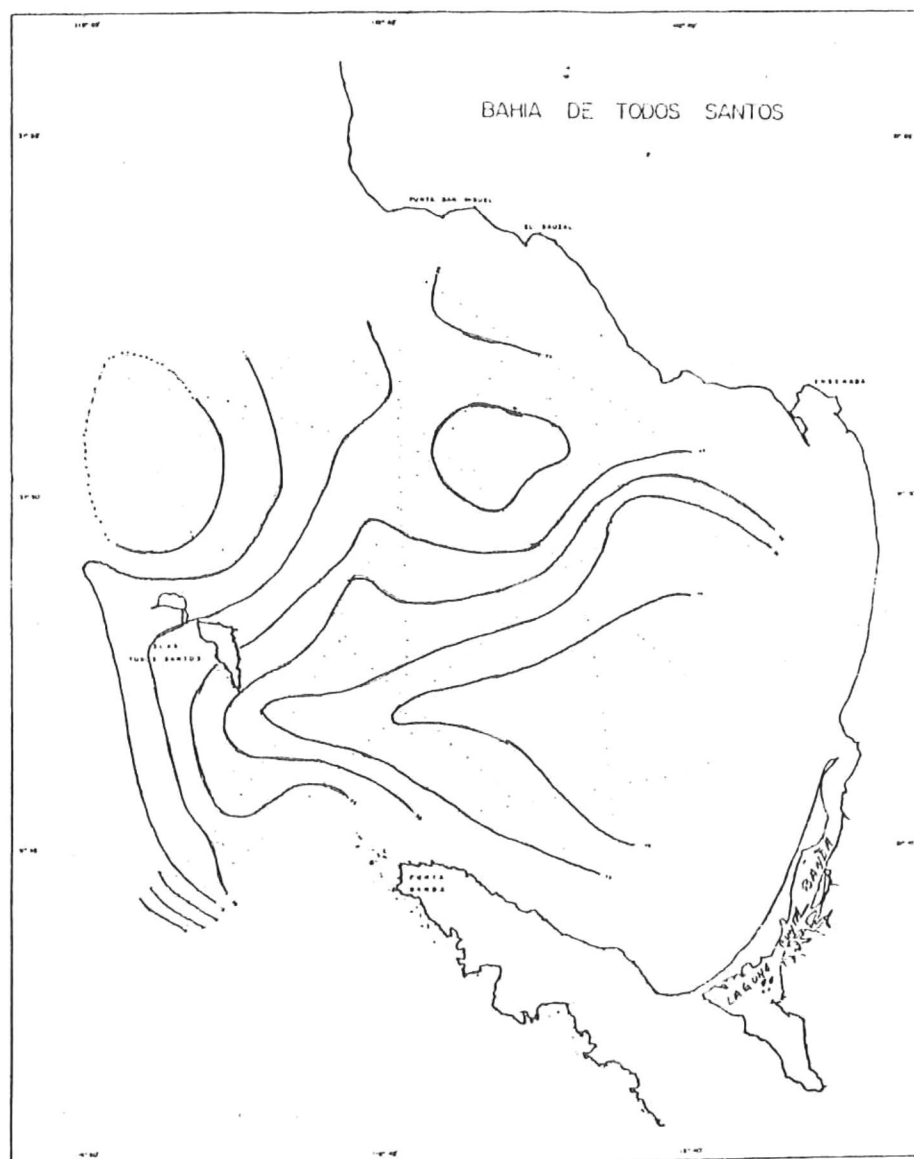


Fig. 11. Mapa de anomalías de Bouguer en la Bahía de Todos Santos (Tomado de González, 1977).

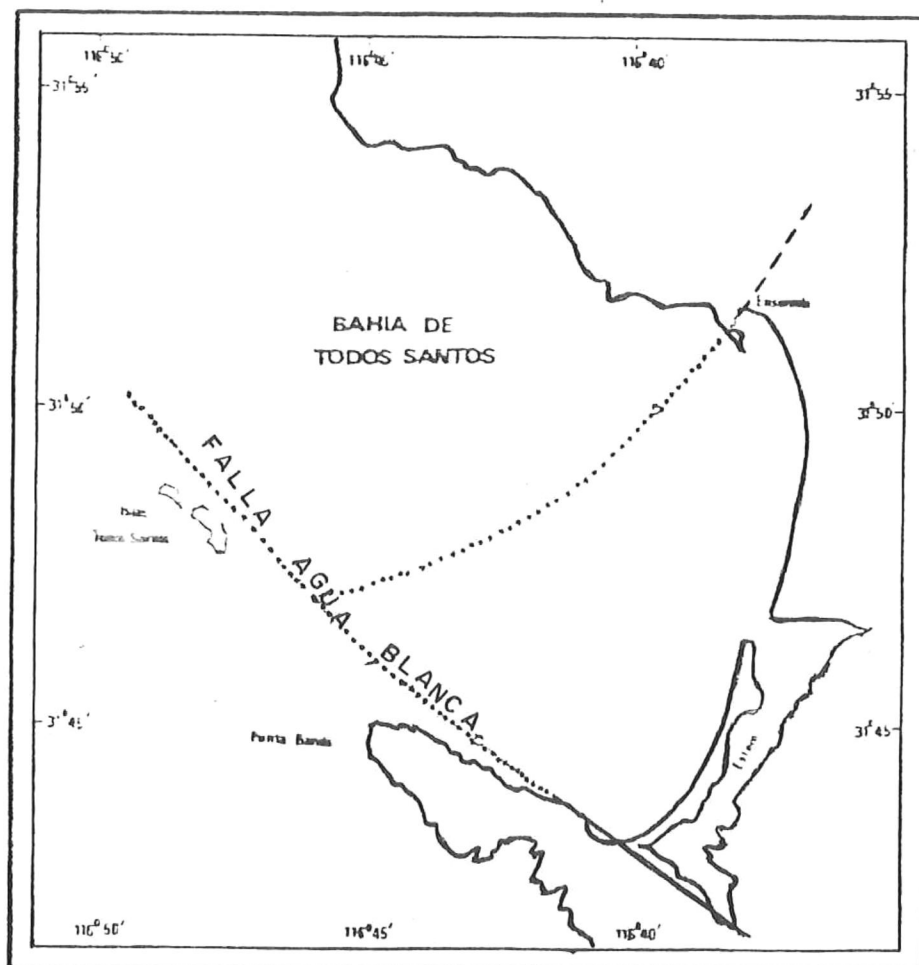


Fig. 12. Sistema de fallas en la Bahía de Todos Santos. (Tomado de González, 1977).

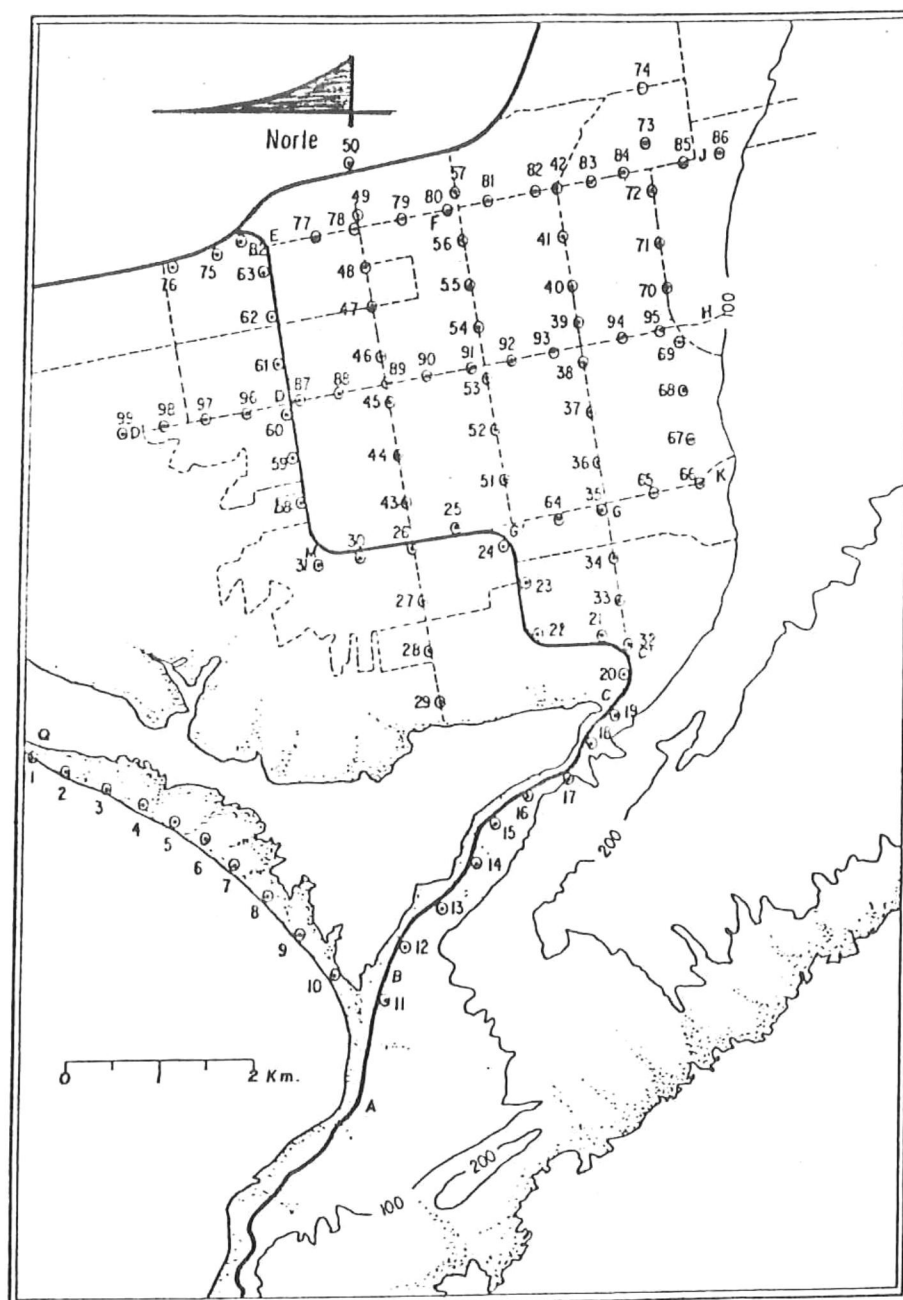


Fig. 13. Localización de estaciones gravimétricas. (Vazquez, 1980).

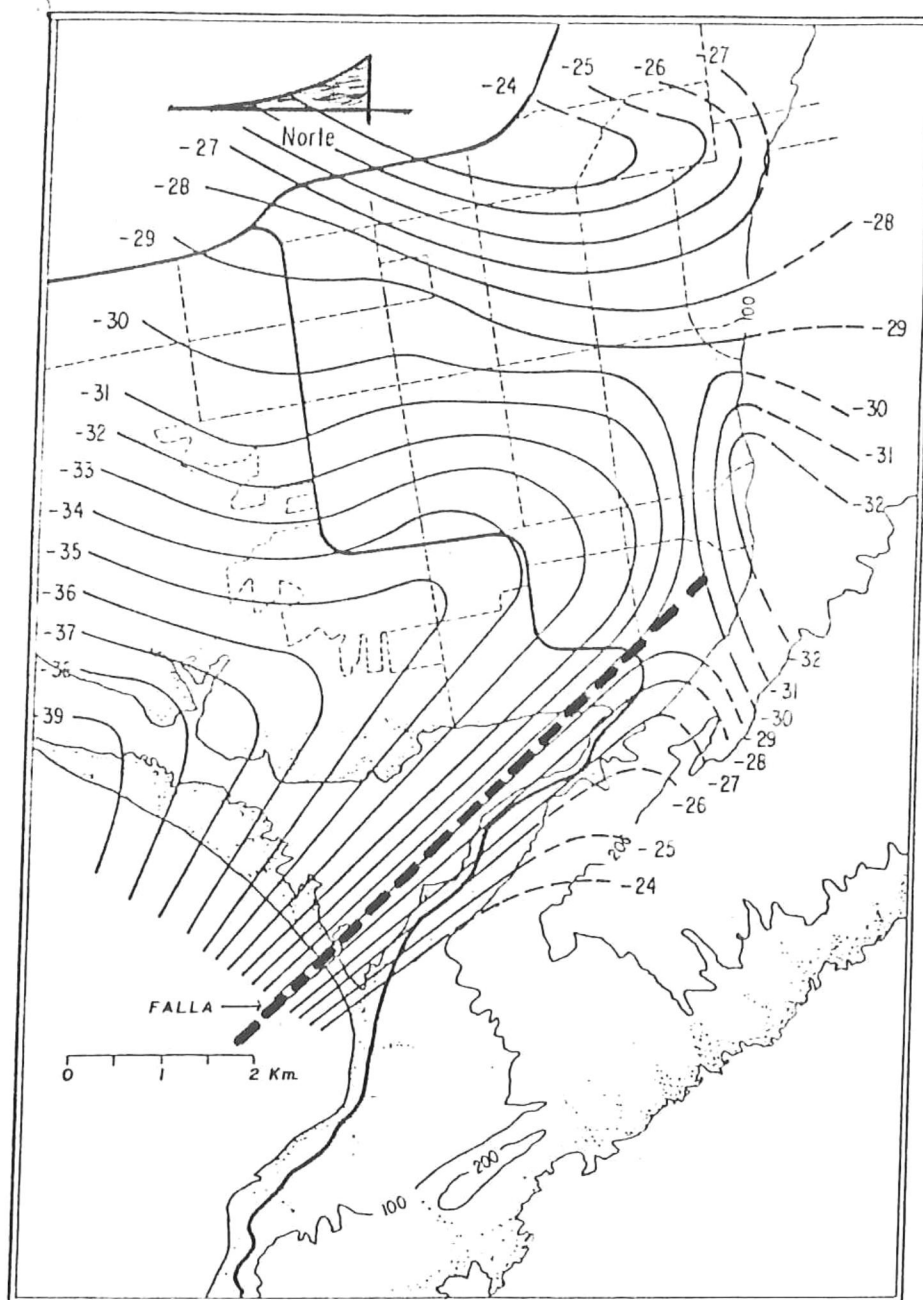


Fig. 14. Plano de anomalías de Bouguer.
(Vazquez, 1980).

el trazo de la falla y el paso de la misma se realizaron -- dos perfiles que cortan perpendicularmente la falla (segun información geológica), y se determinó la profundidad puntu al de 1 700 m. para el perfil B-Q con un desnivel de falla de 1 585 m. y de 900 m. para el perfil C-D con un desnivel de falla de 650 m. (la distancia entre los perfiles fué de 4 km.).

Para el trabajo de potencial espontáneo se realizaron un total de 139 estaciones que se muestran en la fig. 15 - (todas referidas al punto E). Con los datos obtenidos en es tas estaciones se hace el mapa de isopotencial natural mos trado en la fig. 16, donde se muestra un gradiente en direc ción perpendicular a la costa, lo que se debe al efecto com binado del flujo de agua en la dirección Este-Oeste que es la recarga natural del valle y el aumento de la salinidad - del agua a medida que se aproxima a la costa.

En el trabajo de resistividad se hicieron 25 sondeos - eléctricos con corriente directa, los cuales se muestran en la fig. 17. Este trabajo, integrado con potencial espontá neo, nos da la información de los acuíferos de agua dulce - del valle que se localizan en la parte central del mismo y se extiende hacia el Este, la interface agua salada-dulce - se va incrementando en profundidad conforme nos alejamos de la costa.

Para el trabajo de corrientes telúricas se realizaron tres perfiles a lo largo de los cuales se hicieron medicio-

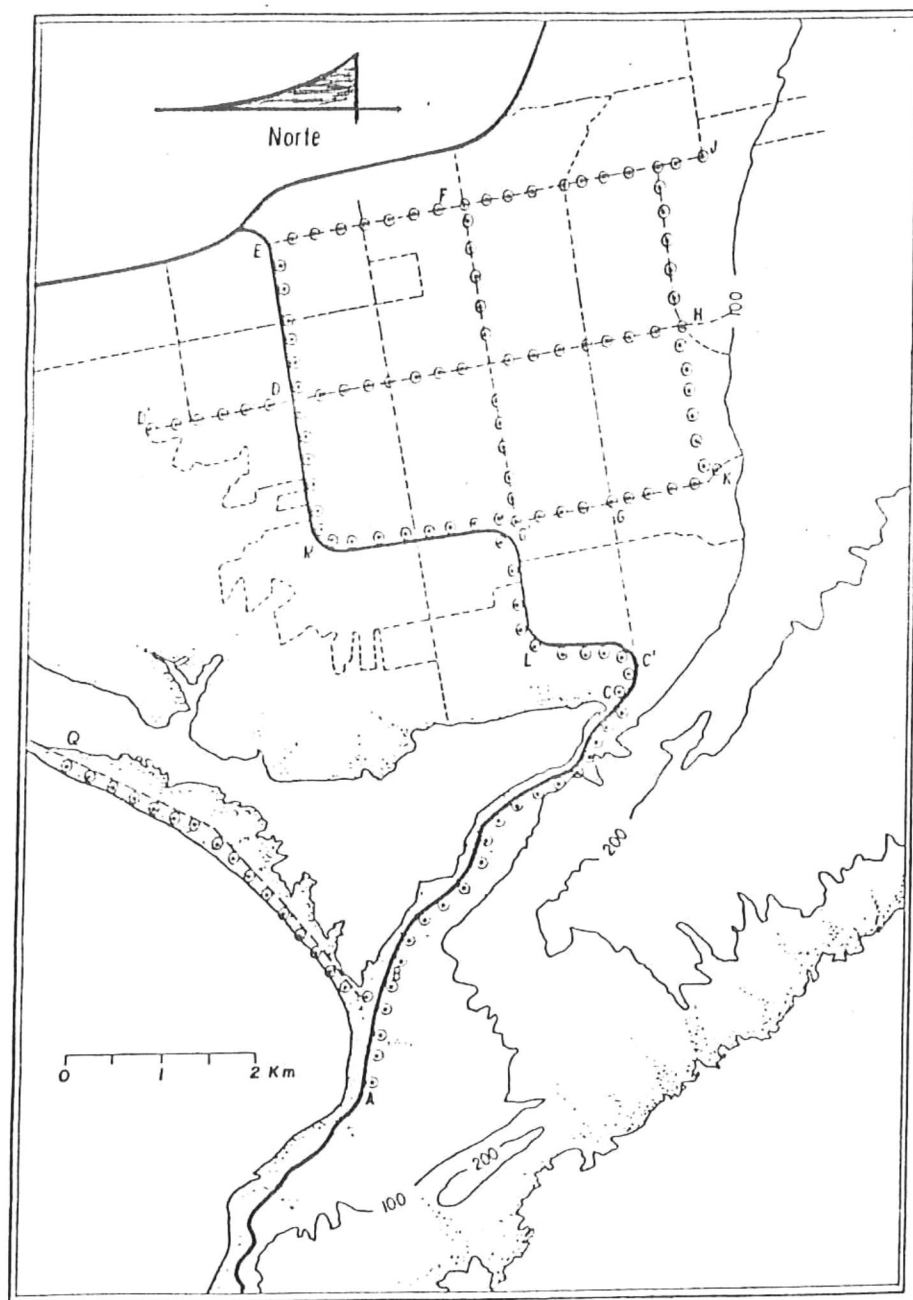


Fig. 15. Estaciones de medición de potencial espontáneo (Vazquez, 1980).

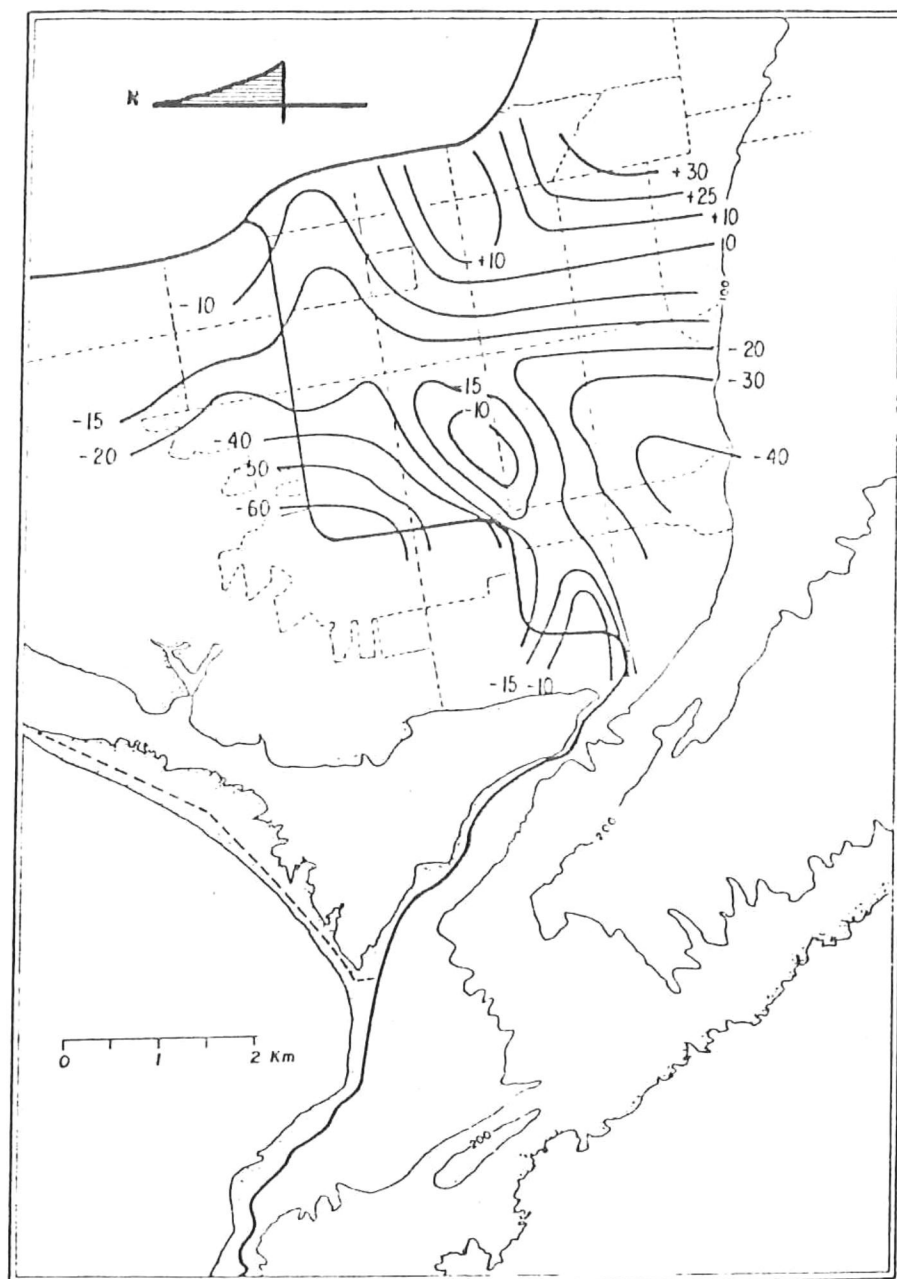


Fig. 16. Mapa de líneas de isopotencial natural (Vazquez, 1980).

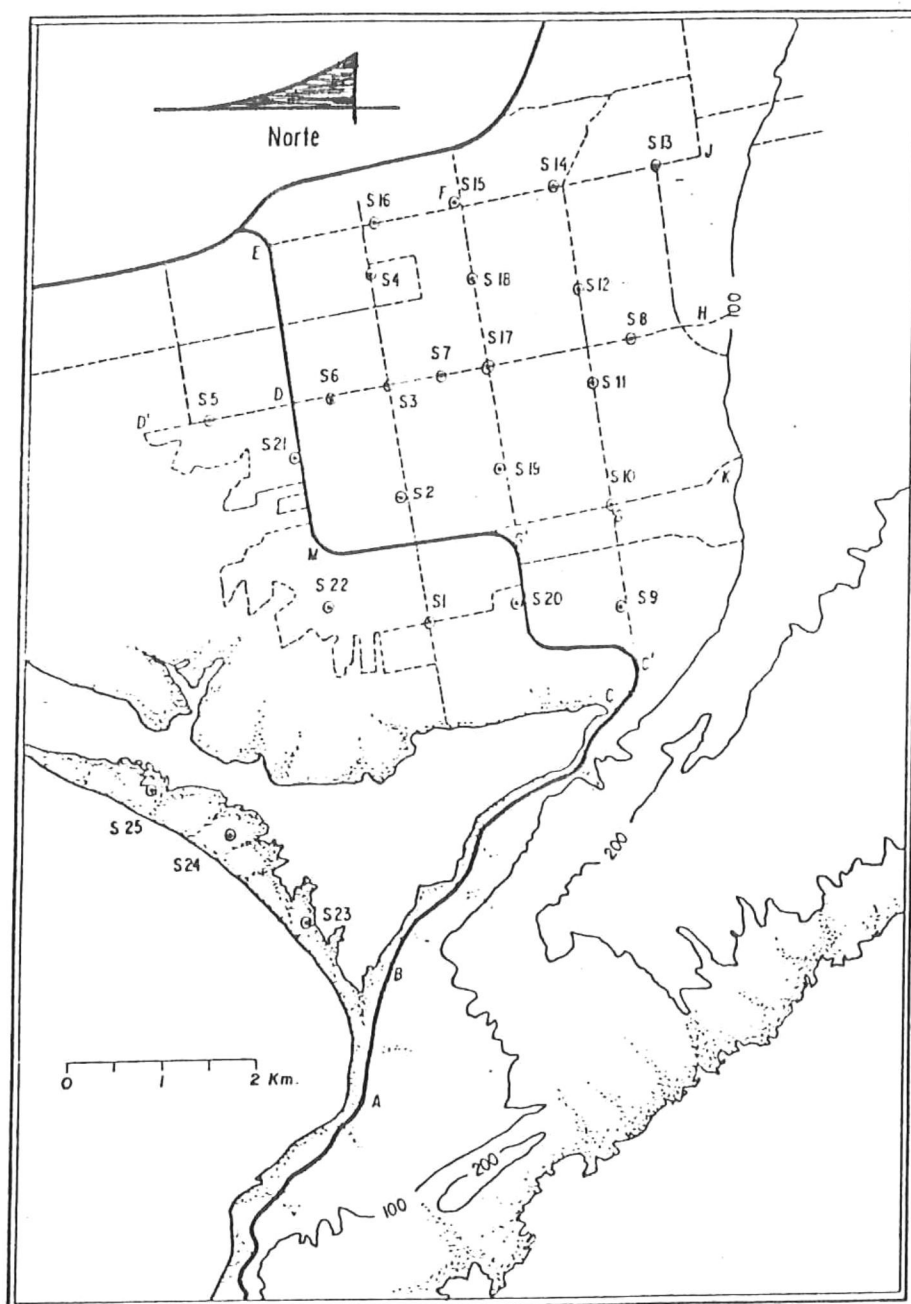


Fig. 17. Localización de sondeos eléctricos de resistividad (Vazquez, 1980).

nes seriadas de razón de campo telúrico mostradas en la --
 fig. 18. Los resultados de los perfiles son mostrados en --
 las figs. 19 y 20, donde se deduce para las zonas ocupadas
 por los perfiles K-G y H-D, una pendiente suave del basamento
 que forma la cuenca sedimentaria. Lo que no sucede con
 el perfil J-E, que muestra una anomalía más pronunciada la
 cual es avalada por los sondeos de resistividad en esta misma
 línea y los valores de la anomalía de Bouguer en esta zona
 na, por lo que se infiere que hay un alto del basamento en
 la misma (la comparación de todos estos datos se ve en la
 fig. 21).

Wong (1980), en su trabajo de Implicaciones Tectónicas
 de la Falla de Agua Blanca en la Bahía de Todos Santos, --
 atribuye toda la fisiografía actual observada en la región
 del Plano Costero de Todos Santos, al sistema de falla de -
 Agua Blanca; en donde la región de Punta Banda se comporta
 estructuralmente como un elevado horst, con sus flancos contr
 trolados por la rama norte y sur de la extensión hacia el -
 Norte de la falla de Agua Blanca, y el Valle de Maneadero -
 como un bloque hundido con respecto a lo demás, originando
 un graben con sus flancos controlados al Sur por el sistema
 de falla de Agua Blanca; al Norte el trazo de un escarpe --
 (posiblemente una falla), con rumbo Este-Oeste; al Este el
 paso de una probable falla observada en la sierra que se encu
 encuentra al SE de Ensenada; y al Oeste el paso de una posi--
 ble falla con rumbo NE-SW que pasa cerca del rompeolas de -

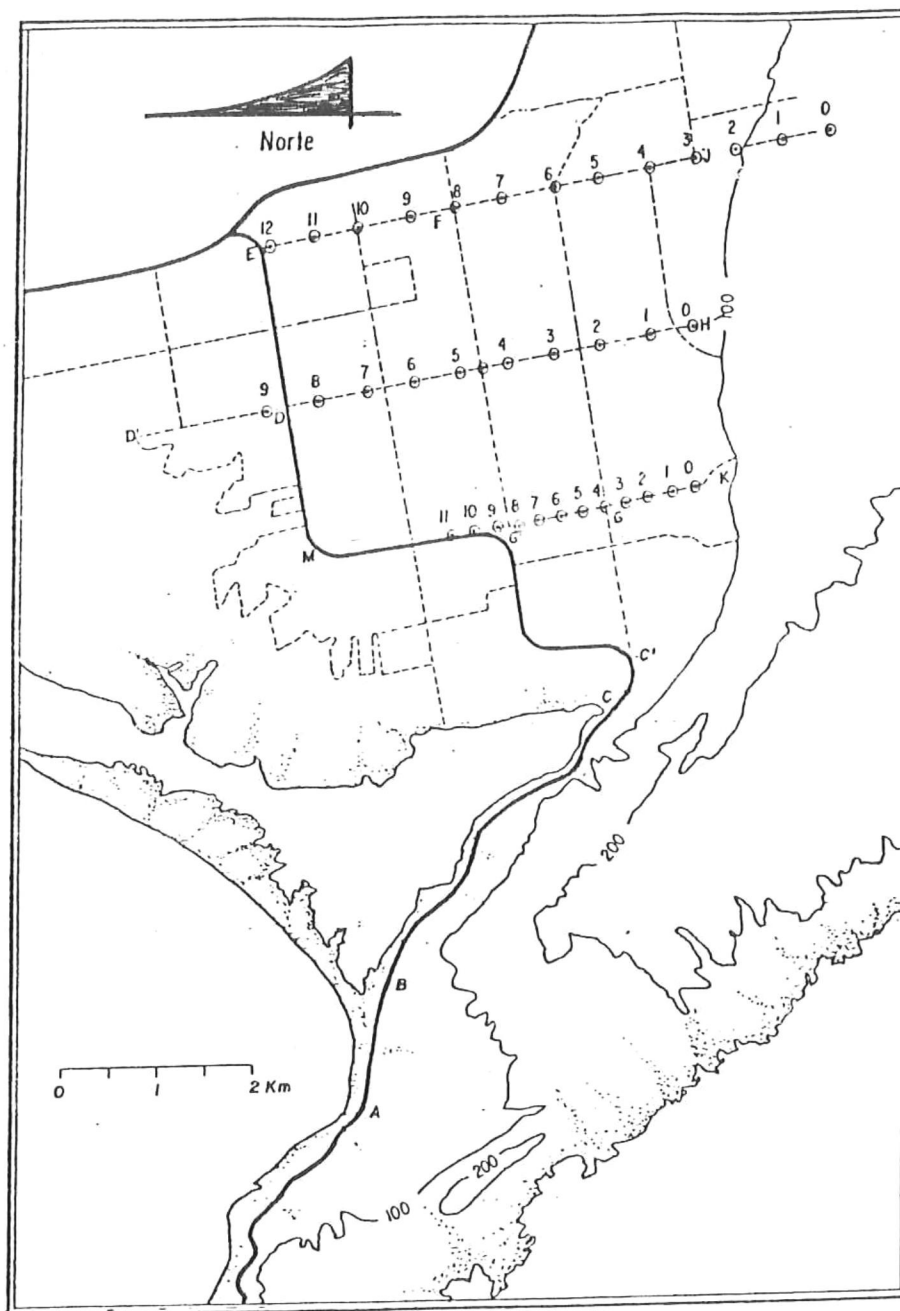


Fig. 18. Localización de perfiles de medición de campo telúrico (Vazquez, 1980).

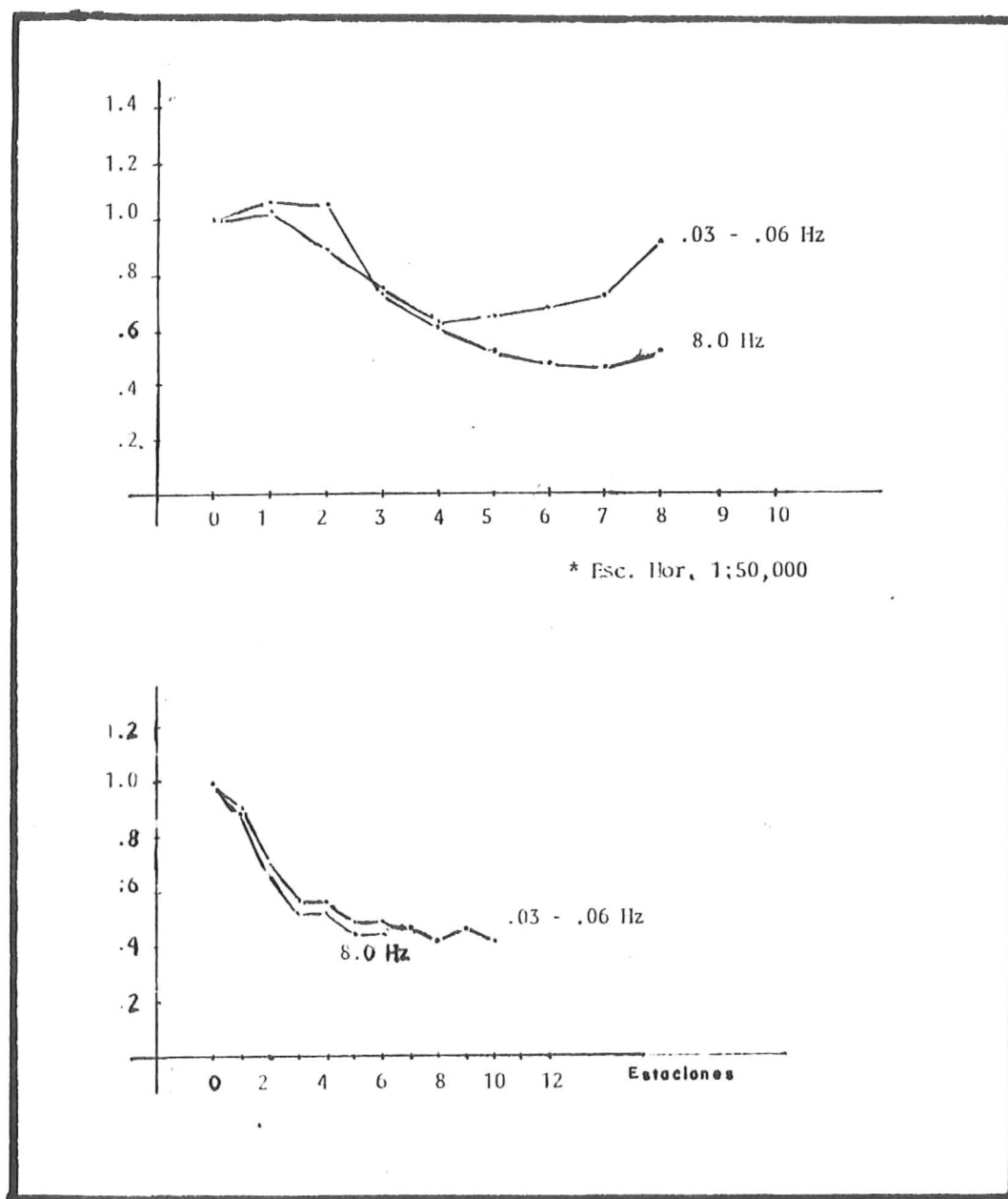


Fig. 19. Perfiles de amplitud relativa de campo eléctrico K-G (Sup.), H-D (Inf.). (Tomado de Vazquez, 1980).

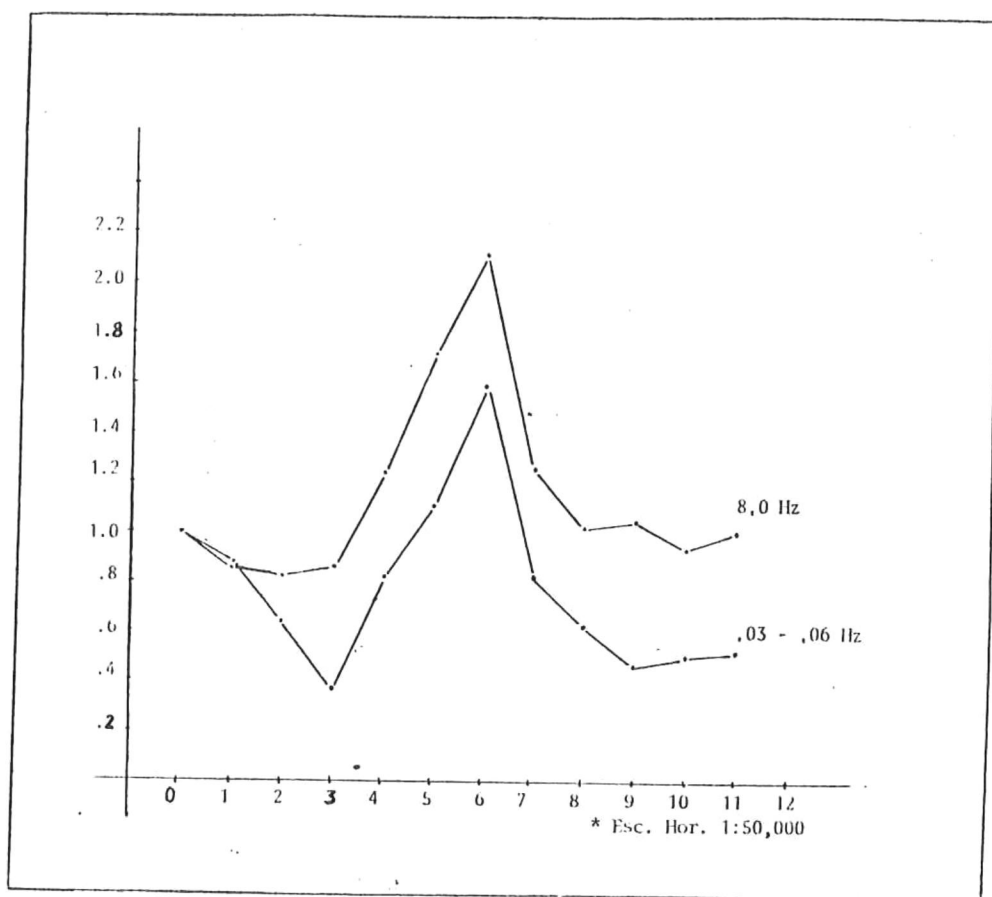


Fig. 20 . Perfil de amplitud relativa de campo eléctrico J-E (Vazquez, 1980).

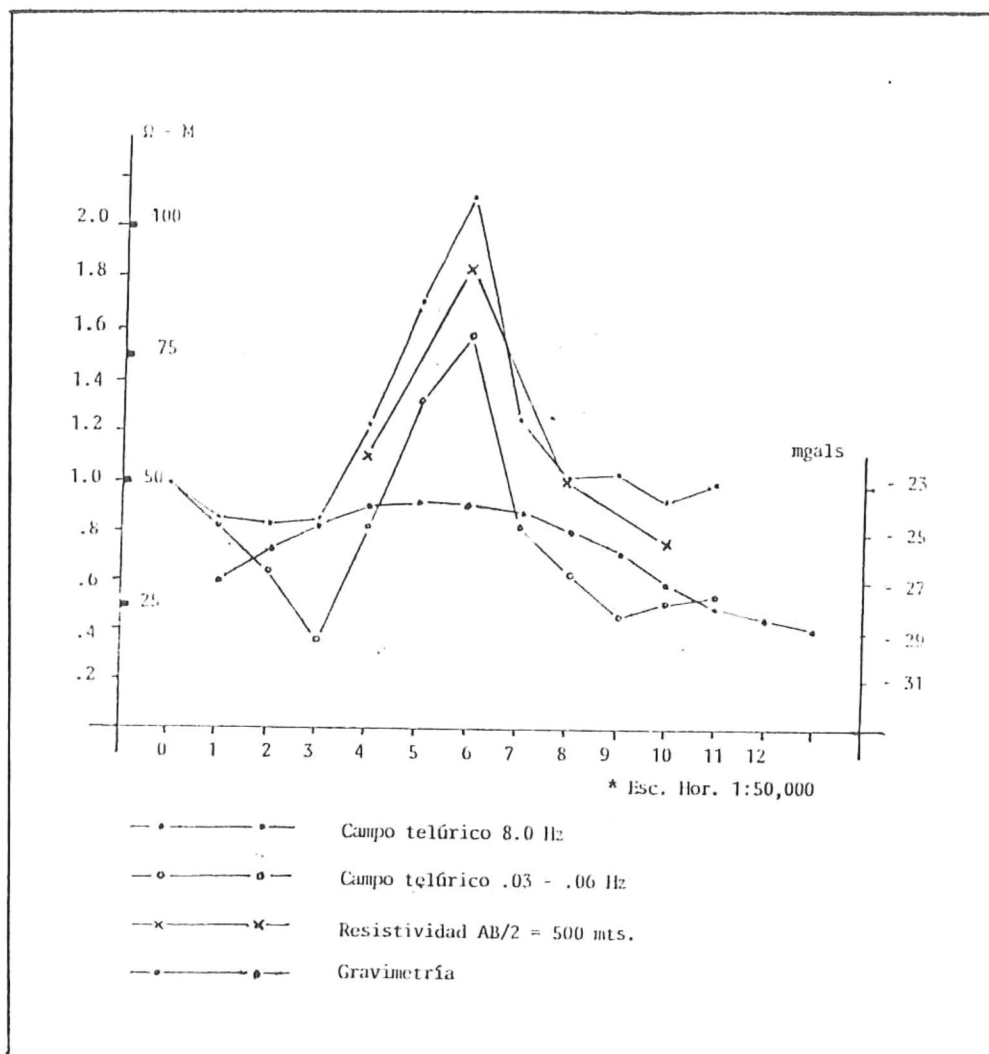


Fig. 21. Comparación de respuestas de los métodos empleados (Vazquez, 1980).

Ensenada y que es mencionada por González (1977). (fig.22).

Fabriol et al (1982), en su trabajo Mediciones Gravimétricas y Telúricas en el Valle de Maneadero, realizaron una estimación de la profundidad del basamento a partir de los valores de la anomalía de Bouguer en una zona del Valle de Maneadero, la cual se ilustra en la fig. 23, y dando como resultado las profundidades mostradas en la fig. 24; los resultados del estudio de razón de campo telúrico que en este trabajo se dan, son los mismos que obtuvo Vázquez (1980).

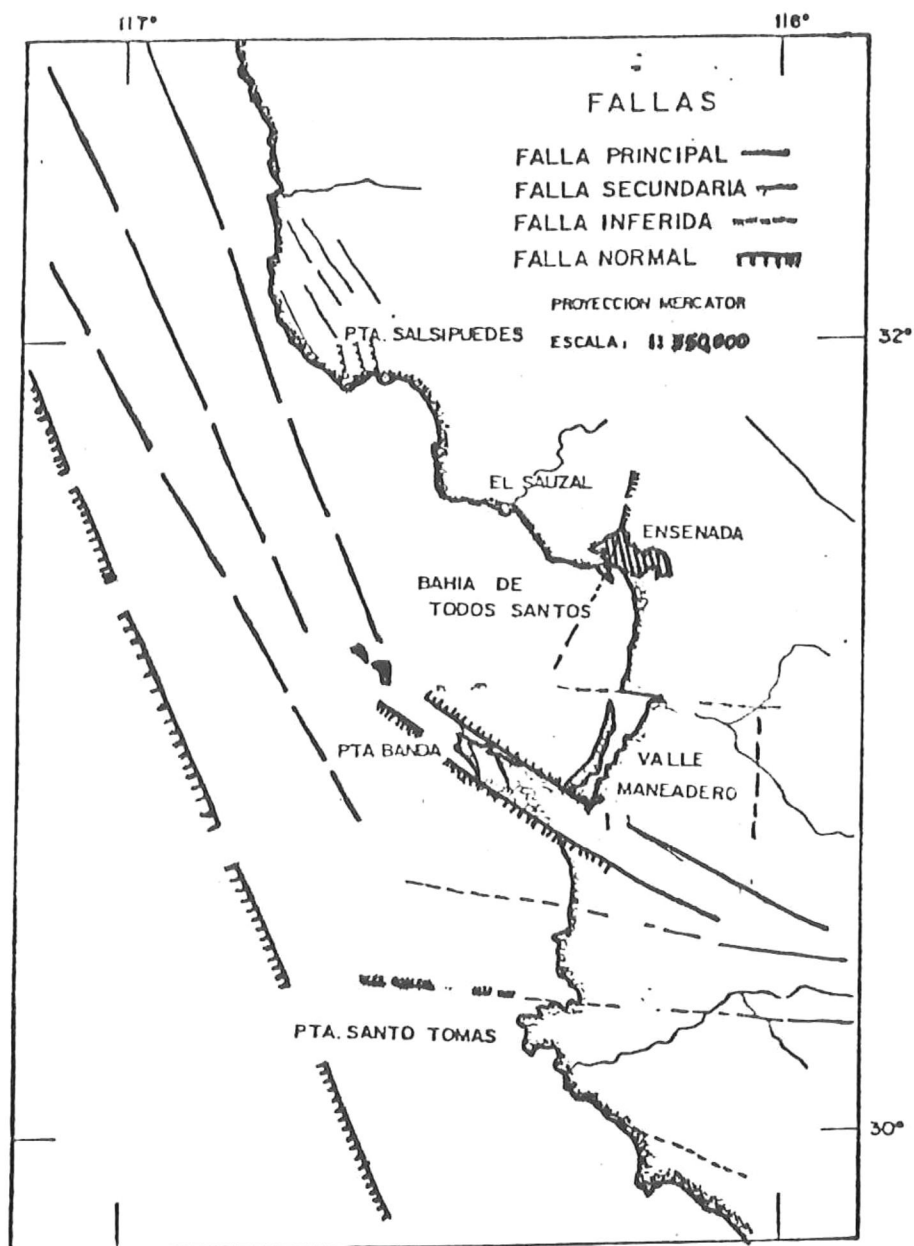


Fig. 22. Sistema de Fallas del área
(Wong, 1980).

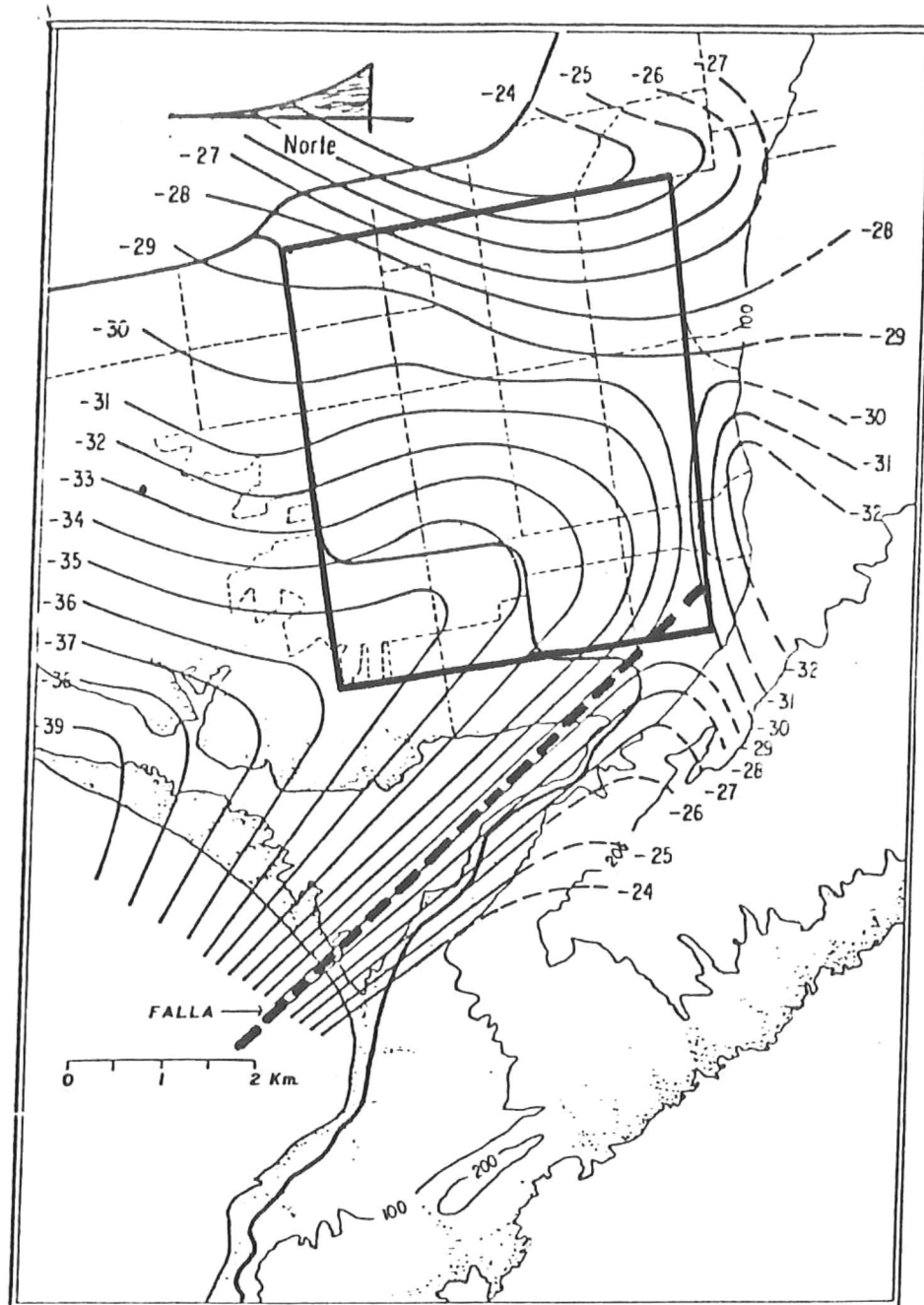


Fig. 23 . Plano de anomalías de Bouguer, el cuadro delimita la zona en la cual se han calculado profundidades del basamento (Fabriol et al 1982).

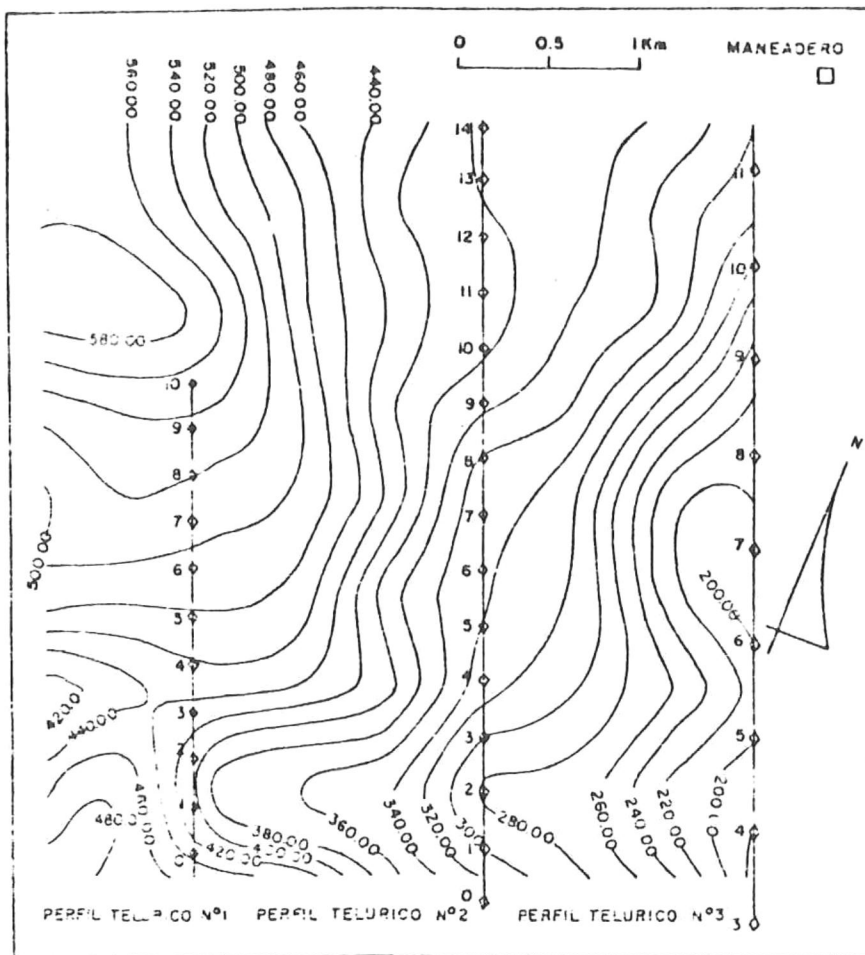


Fig. 24. Mapa de profundidades del basamento (Fabriol et al, 1982).

DISCUSIONES

Las características geomorfológicas que presenta el -- llamado Estero de Punta Banda son: Tener una barra arenosa de aproximadamente 7 km. paralela al eje mayor del mismo; - este eje también es paralelo a la línea de costa; este cuerpor de agua tiene sólo una boca natural por la cual se efectúa el intercambio de agua con el mar, debido únicamente al flujo y reflujo de marea (Pritchard et al, 1978): La pro-- fundidad mayor es de aproximadamente 7.5 m. y se encuentra en el canal principal cercano a la boca y de ahí disminuye hacia el interior (cabecera), hasta 1 m.lo que denota un lugar somero. El aporte de agua dulce derivada del drenaje - continental es mínimo y sólo en los meses de lluvia. Debi- do a las características antes mencionadas y apegándose a - las definiciones dadas por Cameron y Pritchard (1963); y -- Phleger (1967) de estuarios y lagunas costeras respectiva-- mente, podemos postular que el denominado Estero de Punta - Banda es por sus características geomorfológicas actuales - una Laguna Costera.

Con los datos de profundidad obtenidos por Fabriol et al (1982), se modeló de una forma aproximada, el basamento del Valle de Maneadero (fig. 25). En esta figura se obser- va el basculamiento del basamento con una tendencia Este- - Oeste; es posible que éste se deba a que la estructura for- mada por el basamento sea un medio graben (Suárez, comunicau

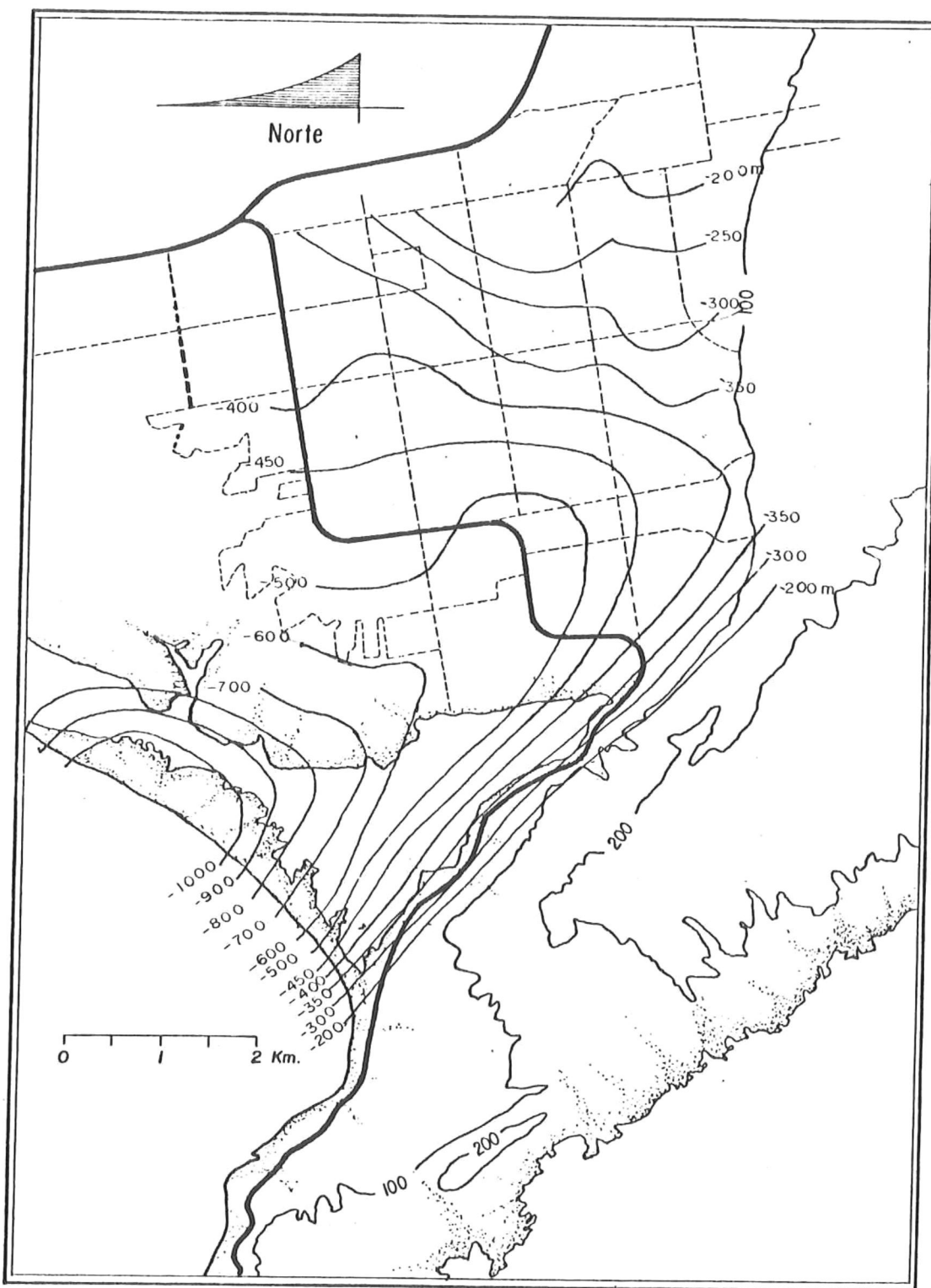


Fig. 25. Configuración del basamento en el área de estudio.

ción personal), debido a que únicamente tres flancos son conocidos. El primero y mejor marcado es el escarpe de la falla de Agua Blanca que pasa por el lado norte de la Península de Punta Banda (Petrick, 1972; Hummel, 1972; Strandstra, 1972; Chester, 1977; González, 1977; Vázquez, 1980; Wong, 1980 y Fabriol et al, 1982); el segundo es un escarpe, de una posible falla, en el ejido Chapultepec marcada por Wong (1980) y Cruz (comunicación personal); y el tercero es la falla secundaria que atraviesa desde el Cerro del Vigía hasta la intersección, en Punta Banda, con la falla de Agua Blanca en el cañón submarino (González, 1977). Los límites de la estructura están marcados usando los mapas de anomalías de Bouguer obtenidos por Chester (1977); González (1977) y Vázquez (1980). La fig. 26 señala un cuerpo que se encuentra hundido con respecto a la Península de Punta Banda, las tierras altas del ejido Chapultepec y la parte central de la Bahía de Todos Santos. Este hecho concuerda con lo mencionado por O'Brien y Zeevaert (1968).

Los cambios en el nivel del mar han jugado un papel muy importante en la formación de las lagunas costeras y estuarios del mundo por lo que estas variaciones afectan de una manera similar a la Laguna de Punta Banda. Lankford (1976) hace una síntesis de numerosos estudios de las fluctuaciones del nivel del mar y la formación de la línea de costa. Marca tres eventos que dan origen a estos cuerpos

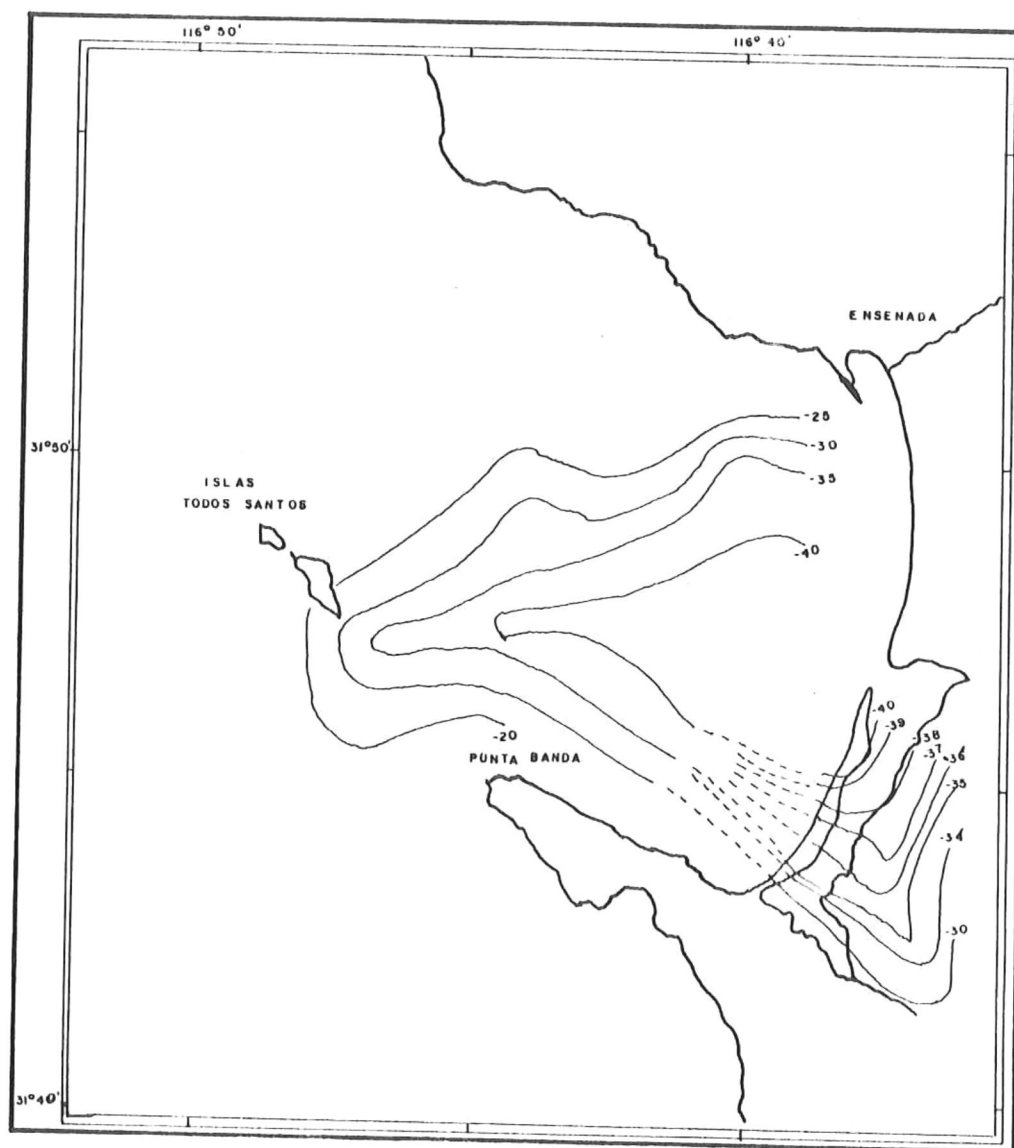


Fig. 26. Anomalías de Bouguer obtenidas de la extrapolación de los datos de Gonzalez (1977), Pohle (1977) y Vazquez (1980).

costeros; el primero es la estabilización de la línea de - costa en el Pleistoceno durante el interglaciar Sangamonia- no alrededor de 80,000 años A. C. donde el nivel del mar se encontraba entre 5 y 8 m. arriba del nivel actual. El se- gundo fué una regresión de aproximadamente 130 m. durante - la Glaciación Wisconsiniana la cual tuvo este mínimo hace - 18,000 años. Aquí se inicia una transgresión hasta su máxi- mo hace 5,000 años; el tercer evento importante comienza -- cuando la última regresión del nivel del mar crea los ele- mentos necesarios para la formación de barras y así se en- cierran las depresiones formándose de esta manera las lagu- nas, este evento se continua hasta el presente; esta histo- ria del nivel del mar se ilustra en la fig. 27.

Ordenando todos los procesos que han ocurrido en la zo- na de estudio, podemos formar su historia a través del tiem- po y así determinar su origen.

Se menciona primero el afallamiento y caída del bloque en la parte de Punta Banda, esto aunado con el nivel del -- mar a unos 5-8 m. sobre el nivel actual, da como resultado una bahía profunda tal y como la propone O'Brien y Zeevaert (1968), en este momento se depositan los sedimentos marinos Pleistocénicos, los cuales se encuentran representados en - las terrazas en la parte alta de Punta Banda; estos sedimen- tos no se encuentran afectados tectónicamente (Pou, 1981), por lo cual se infiere que la caída del bloque fué antes -- del depósito; a continuación sigue una regresión debida a -

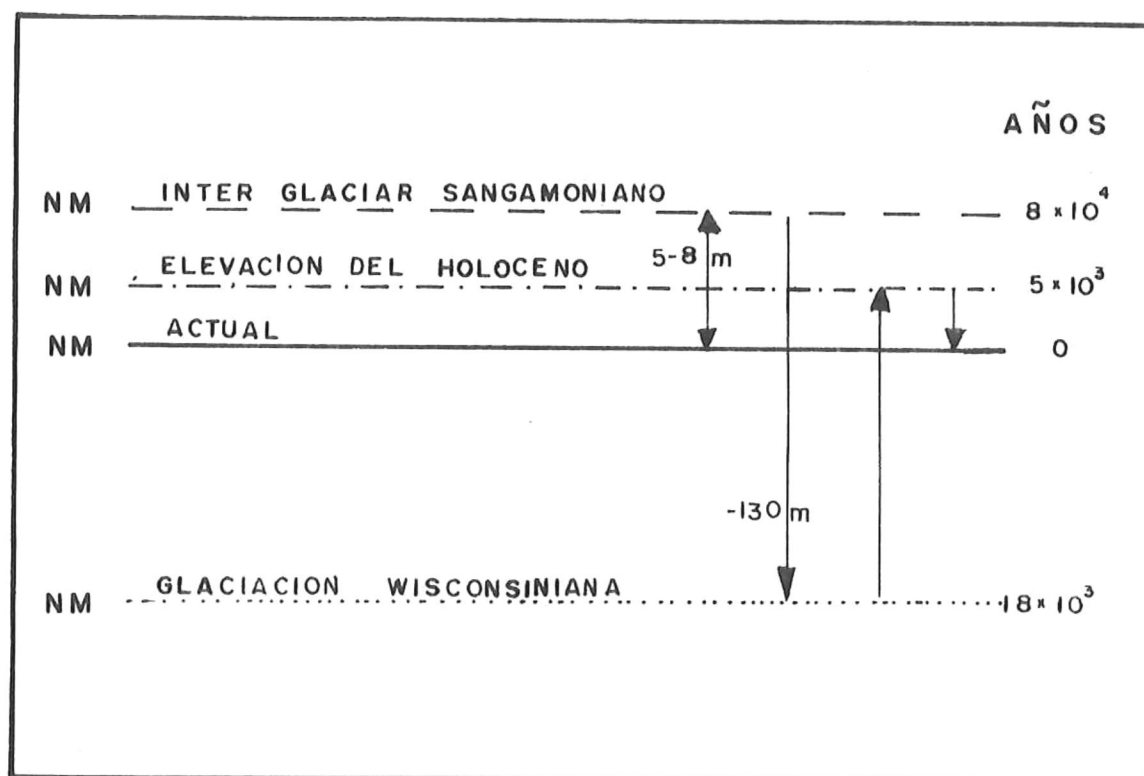


Fig. 27. Variación del nivel del mar durante la última Glaciación

la Glaciación Wisconsiniana cuyo final fue alrededor de unos 16,000 años A. C., mientras esta regresión se lleva a cabo, los sedimentos provenientes de los arroyos San Carlos y Las Animas, van llenando la cuenca formada. Inmediatamente al finalizar la glaciación, tenemos una transgresión que llega a su fin hace 5,000 años; esta rápida transgresión cubre parte de los sedimentos terrígenos de las plataformas con una capa de sedimentos transgresivos derivados del retrabajo de las planicies continentales. Al darse la última regresión, de hace 5,000 años a la fecha, el aporte de agua dulce que se tenía en el valle pudo dar origen a un estuario o estero en la parte cercana a Punta Banda, debido a la topografía existente derivada de la configuración del basamento. El remanente de este estuario es posible que sea el causante en parte de la configuración actual de la laguna, principalmente en la cabecera. La formación de la barra arenosa que separa a la laguna del mar abierto, es debida -- también al último cambio en el nivel del mar ya que dicha barra queda expuesta en la última regresión, y empieza a -- crecer de la base de la península de Punta Banda hacia el norte como lo menciona O'Brien y Zeevaert (1968), debido a esto la barra de la laguna es del tipo Flecha Litoral conforme a la clasificación que hace Bloom (1974), ya que es una barrera unida a tierra firme por uno de sus extremos y que se construye hacia la dirección del desplazamiento de los sedimentos por transporte litoral. Esto concuerda con

los datos de transporte litoral de arena obtenidos por Méndez (1980). El crecimiento de esta barra también se debe a la disminución paulatina del flujo de agua dulce aportada - por los arroyos, el cual es afímero y estacionario en nuestros días, y a los procesos costeros dominantes (oleaje y - transporte literal) en la región.

Es posible que el bloque estructural que conforma el - Valle de Maneadero siga en sumersión; esta suposición es de bida a que en el límite norte del bloque hundido (Ejido Cha pultepec) se ve un probable escarpe de falla el cual corta sedimentos actuales (suelo), y por tanto no es contemporánea al movimiento inicial de Agua Blanca en su expresión en Punta Banda. Este escarpe puede ser el causante de que la barra de la laguna no continúe creciendo hacia el norte, te niendo como consecuencia que la boca natural de la laguna - se encuentre en esta región y se mantenga abierta debido al flujo y reflujo de marea como lo menciona Pritchard et al - (1978). De esta manera se completan los tres flancos conocidos del medio graben. Lo anterior se ilustra en las figu ras 28, 29, 30, 31 y 32.

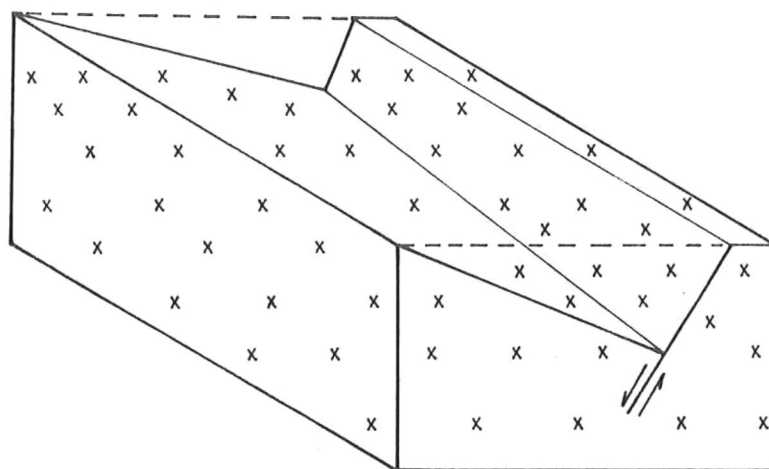


FIG. 28- AFALLAMIENTO Y HUNDIMIENTO DEL BLOQUE QUE COMPRENDE EL VALLE MANEADERO .

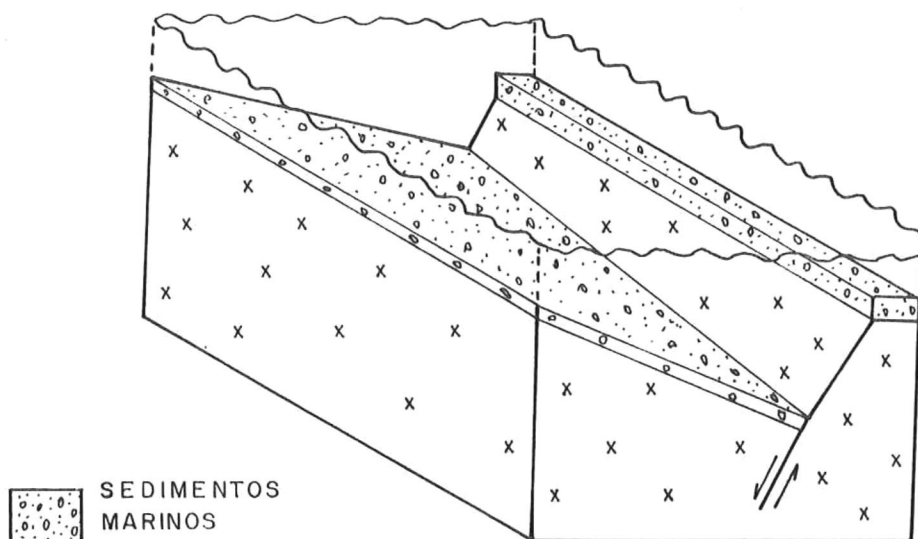


FIG. 29- ELEVACION DEL NIVEL DEL MARY DEPOSITACION DE SEDIMENTOS MARINOS EN EL PLEISTOCENO .

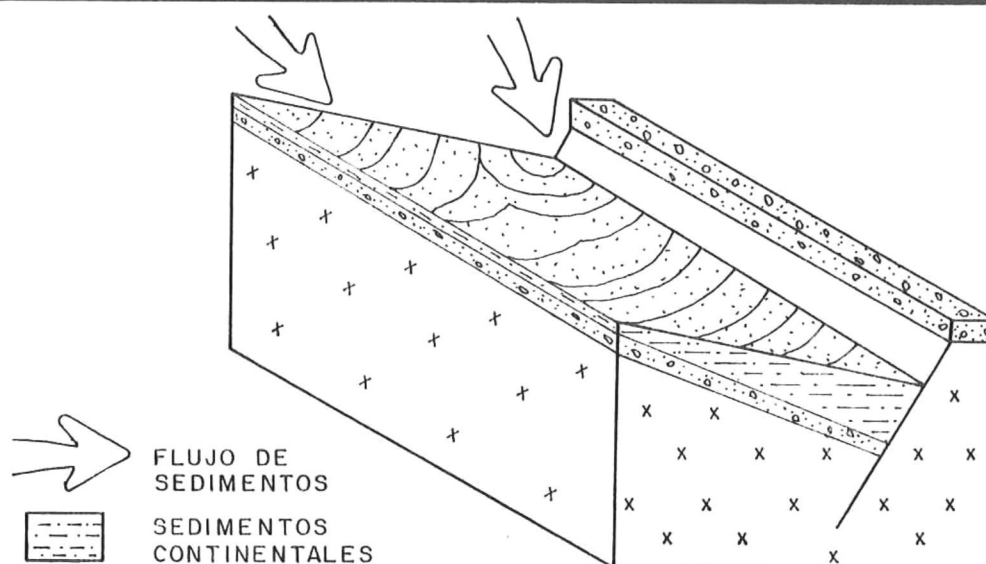


FIG. 30- REGRESION Y DEPOSITACION DE SEDIMENTOS TERRIGENOS DURANTE LA GLACIACION WISCONSINIANA.

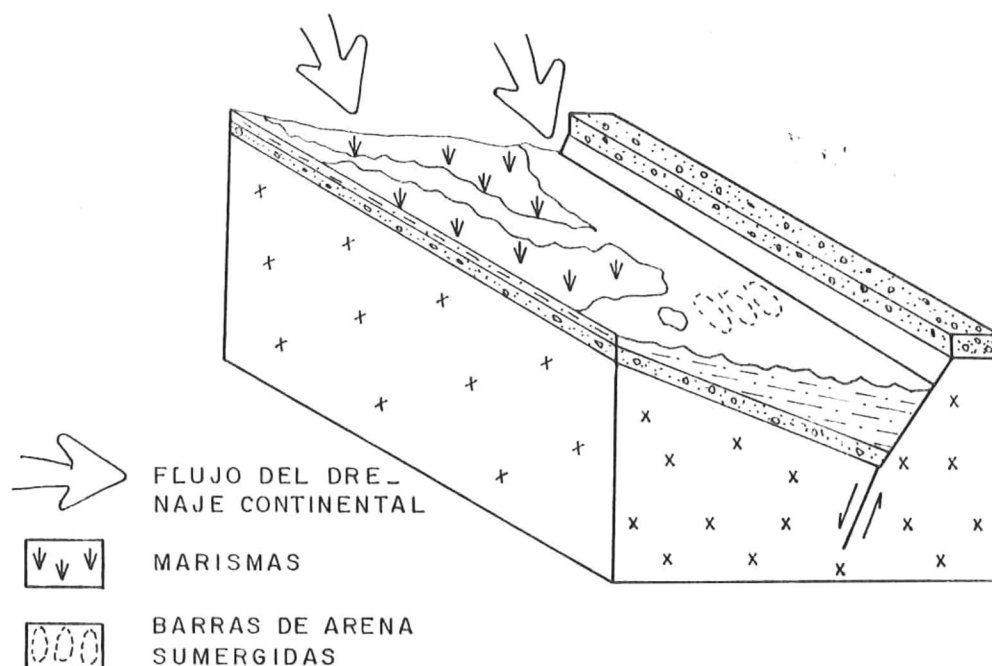
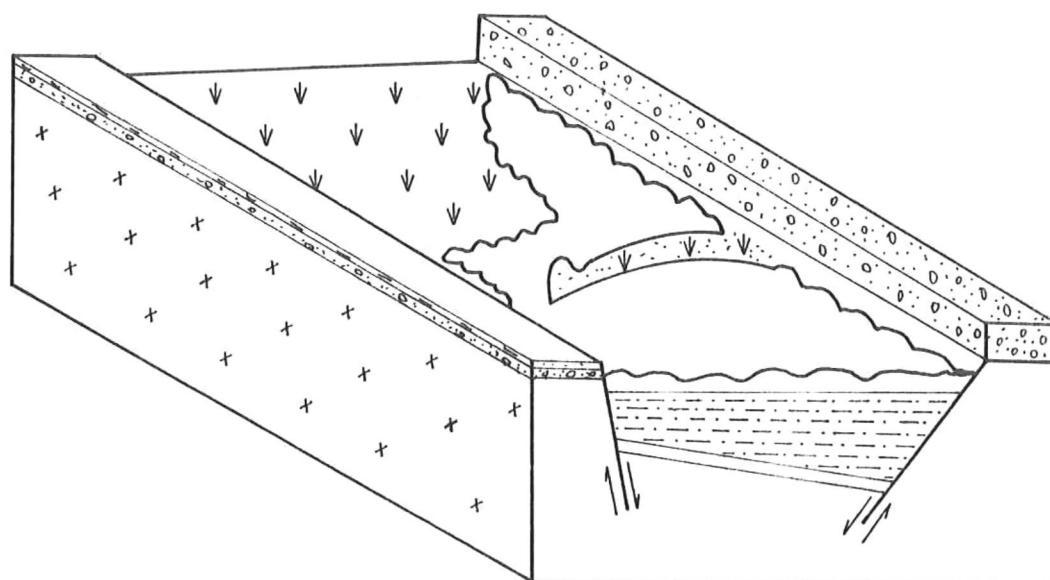


FIG. 31 - TRANSGRESION DEL HOLOCENO Y FORMACION DEL ESTUARIO DE PUNTA BANDA.



BASAMENTO

SEDIMENTOS MARINOS
DEL PLEISTOCENO

SEDIMENTOS CONTINENTALES



MARISMAS



DUNAS ESTABILIZADAS

FIG. 32 - REGRESION ACTUAL Y FORMACION DE LA BARRA DE ARENA ORIGINANDO LA LAGUNA COSTERA DE PUNTA BANDA .

CONCLUSIONES

- La formación del área de estudio es una conjugación de procesos tectónicos como son: afallamiento en Punta Banda, Ejido Chapultepec y la Bahía de Todos Santos; hundimiento del bloque que forma el Valle de Maneadero, originando un medio graben. También sedimentarios como son: variación del nivel del mar debido al último período glaciario, ejemplificado en las terrazas marinas en la Península de Punta Banda y acumulación de sedimentos del pleistoceno los cuales rellenan el Valle de Maneadero.
- Debido a sus características geomorfológicas y apegado a las definiciones entre Laguna Costera y Estuario, el denominado Estero de Punta Banda es una Laguna Costera.
- La formación de la barra de arena se lleva a cabo en la última variación del nivel del mar, en donde quedó expuesta, aunada a las condiciones de oleaje y transporte litoral existentes en la región y a la disminución proveniente de los arroyos (San Carlos y Las Animas), lo que motiva el crecimiento de la barra en dirección al Norte desde la base de la Península de Punta Banda, encerrando así el cuerpo de agua y originando La Laguna Costera.

BIBLIOGRAFIA

- ACOSTA Ruiz M. de J. y S. Alvarez Borrego, 1974. Distribución de algunos parámetros hidrológicos físicos y químicos en el Estero de Punta Banda, B.C. en el otoño e invierno. Ciencias Marinas, 1 (1): 16-45.
- AMES Sigala L., 1985. Distribución de los ambientes sedimentarios en el Estero de Punta Banda, B.C.-México. Tesis de Licenciatura, E. S. C. M.
- AGUILAR Rosas R., 1980. Algas bentónicas y foraminíferas - del Estero de Punta Banda, B.C., durante verano y otoño. Tesis de Licenciatura E. S. - C. M.
- ARELLANO García M. E. y P. M. Ruiz Guzmán, 1985. Comparación de la colonización de estados experimentales en el Puerto de Ensenada y el Estero - Punta Banda (primavera; 1983). Tesis de Licenciatura E. S. C. M.
- AVILA Serrano G., 1983. Volumen de sedimentos aportados - anualmente a la Bahía de Todos Santos, B. C. por los arroyos; El Carmen, Ensenada, El Gallo, San Carlos y Las Animas 1972-1983. Tesis de Licenciatura E. S. C. M.
- BLOOM L. A., 1974. La Superficie de la Tierra. Ediciones Omega, S. A. Barcelona.
- BUSTOS Serrano H., 1983. Características físicas, químicas y morfológicas de la zona hidrotermal marina de la Jolla, Punta Banda, B. C. México. Tesis de Licenciatura E. S. C. M.
- CABELLO Pasini A., 1984. Trasplante de Zostera marina en - el Estero de Punta Banda, B. C., México durante el verano de 1983 y su comportamiento a través del otoño e invierno. Tesis de Licenciatura E.S.C.M.
- CAJAL Medrano R., 1979. Concentraciones de DDT y sus metabolitos en los cultivos de ostión (Crassostrea gigas y Ostrea edulis) en el Estero de Punta Banda y la Bahía de San Quintín, B.C. Tesis de Licenciatura E. S. C. M.

- CAMERON W. M. & Pritchard D. W., 1963. Estuarios, in the - sea (ed. M. N. Hill), vol. 2. John Wiley & Sons. New York, 306-324.
- CELIZ Ceseña R., 1975. Distribución superficial de algunos parámetros hidrológicos, físicos y químicos en el Estero de Punta Banda, B. C. Durante primavera y verano. Tesis de Licenciatura - E. S. C. M.
- CONTRERAS Rivas I., 1973. Influencia termohalina de las - aguas del Estero de Punta Banda en la Bahía de Todos Santos, B. C. Tesis de Lic. E.S.C.M.
- CUPUL Magaña A. L. 1984. Paleogeografía de la Bahía de Todos Santos, B. C., para el Cretácico Superior. Tesis de Licenciatura E. S. C. M.
- CRUZ Falcón A. Tesis de Maestría en Geofísica (en preparación) C.I.C.E.S.E.
- CHESTER R. P., 1977. A gravity survey along the north side of Agua Blanca fault, B. C.: undergraduate - research report, S. D. S. U. V 30 pt 3.
- FABRIOL H., M. Martínez y R. Vázquez, 1982. Mediciones gravimétricas y telúricas en el Valle de Maneadero, Ensenada, B. C. Geofísica Internacional 21 (1): 41-56.
- GASTIL, R. G., R. P. Phillips and E. C. Allison, 1975. Reconnaissance Geology of the state of Baja California. Geol. Soc. Am. Mem. 140, Boulder, Colorado.
- GONZALEZ Calvillo A., 1980. Estabilidad y habilidad de autodragado de la boca del Estero de Punta Banda, B. C. Tesis de Licenciatura E. S. C. M.
- GONZALEZ Serrano A., 1977. Anomalías gravimétricas y magnéticas de la Bahía de Todos Santos. Tesis de Licenciatura E. S. C. M.
- GUTIERREZ Gutiérrez C., 1985. Reconstrucción tectónica de la región que ocupa la falla de Agua Blanca en la Bahía de Todos Santos, B. C. Tesis de Licenciatura E. S. C. M.
- HUMMEL P., 1972. Geothermal investigation along the Agua - Blanca fault: undergraduate research report S. D. S. U. V. 21.

- JAIME Silva D., 1974. Cultivo de ostión Japonés (Crassostrea gigas thumberg (molusca: Eulamelibranchia) en el Estero de Punta Banda de la Bahía de Todos Santos, B. C. Tesis de Licenciatura E. S. C. M.
- LANKFORD R. R., 1976. Costal lagoons of Mexico their origin and clasification. Estuarine Environments. 2: 181-215.
- MENDEZ Arriaga M. A., 1980. Determinación del transporte litoral predominante en la Bahía de Todos Santos B. C. Tesis de Lic. E. S. C. M.
- O BRIEN M. P. & L. P. ZEEVAERT, 1968. Design a small tidal inlet. Procc. of the Nth. Conf. on Coastal Engineering pp 1244-1257.
- PARRA Valdez F., 1976. Variaciones diurnas de la clorofila *a* y estimación de productividad orgánica primaria de dos antiestuarios de B. C. - en otoño e invierno. Tesis de Lic. E.S.C.M
- PEREZ De Lebrija A., 1984. Análisis de algunas características para la construcción de una marina en el Estero de Punta Banda, B. C. Tesis de Licenciatura E. S. C. M.
- PETRICK R., 1972. A self-potential survey of the Agua -- Blanca geothermal Zone; undergraduate research report, S. D. S. U. V 20 pt. 3.
- PHLEGER F. H., 1967. Some general features of costal lagoons. Mem. Simp. Inter. Lagunas Costeras. UNAM-UNESCO, pp 5-26.
- POU Albero S., 1981. Estudios de la tectónica de las Islas de Todos Santos, B. C. México. Tesis de Licenciatura E. S. C. M.
- PRITCHARD D. W., R. V. de la Paz, H. M. Cabrera, S.S. Farreras y E. Morales, 1978. Hidrografía física del Estero de Punta Banda. Ciencias - Marinas 5 (8): 1-23.
- SANCHEZ Hernández J., 1978. Distribución superficial de nutrientes en un ciclo anual en el Estero de Punta Banda, B. C. Tesis de Lic.E.S.C.M.

- STRANSTRA R., 1972. Self potential survey of part of the Agua Blanca geothermal zone: undergraduate - research report, S.D.S.U. V20 pt. 3.
- SECRETARIA DE MARINA, Dirección General de Oceanografía y - Señalamiento Marítimo, 1974. Estudio Geográfico de la Región de Ensenada, B. C.
- SUAREZ Vidal F., C. Gutiérrez y S. Pou. Evolución Tectónica de la Península de Punta Banda. C.I.C.E. S.E. (en preparación)
- VAZQUEZ González R., 1980. Estudio de métodos potenciales con aplicación a geohidrología del Valle de Maneadero, B. C. Tesis de Maestría CICESE, Ensenada, B. C.
- WONG Ortega V., 1980. Implicaciones tectónicas de la falla de Agua Blanca en la Bahía de Todos Santos, B. C. Tesis de Maestría CICESE, Ensenada, - B. C.