

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BAJA CALIFORNIA  
ESCUELA SUPERIOR DE CIENCIAS MARINAS

TRANSPORTE LITORAL EN LAS BARRAS DE LAS LAGUNAS OJO  
DE LIEBRE Y SAN JOSE EN BAHIA VIZCAINO

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
OCEANOLOGO

Presenta:

SILVIO GUIDO LORENZO MARINONE MOSCHETTO

DEDICATORIA

A MIS PADRES

Sr. Silvio Marinone

Sra. Piera Moschetto

Con amor y gratitud

A MI ESPOSA E HIJOS

Ma. Lucila, Bruno y Paula Teresa

Con gran cariño y amor

A MIS HERMANOS

Pedro Bruno y Olga Olivia

Con todo cariño

A MIS SUEGROS

Sr. Silviano Lares

Sra. Augusta Reyes

Con cariño y respeto

A TODOS MIS PARIENTES

A MIS MAESTROS

En reconocimiento a sus enseñanzas

A MIS AMIGOS

Con estimación

## AGRADECIMIENTOS

Expreso mi sincero agradecimiento a:

El Maestro en Ciencias Román Lizárraga A., por su dirección y consejo en la elaboración de esta Tesis.

Los Maestros en Ciencias Luis Gustavo Alvarez y Francisco Suárez, por su ayuda y comentarios.

Las Sritas. María Martha Vidal E., y Martha Guadalupe Muñúzuri Rodríguez, por su valiosa colaboración en la escritura del presente trabajo.

Los compañeros: P. Ocean. Héctor Estrada A., Consuelo Mondragón y Francisco Hernández, por su colaboración en el dibujo de las figuras de esta Tesis.

## INDICE

- I. Título
- II. Introducción
  - 2.1. Localización y descripción del área
  - 2.2. Antecedentes
  - 2.3. Objetivos
  - 2.4. Hipótesis
  - 2.5. Asunciones
- III. Métodos y materiales
- IV. Resultados y discusiones
- V. Conclusiones
- VI. Recomendaciones
- VII. Bibliografía

I. TRANSPORTE LITORAL EN LAS BARRAS DE LAS LAGUNAS OJO DE LIEBRE Y SAN JOSE EN BAHIA VIZCAINO.

II. INTRODUCCION.

2.1. Localización y Descripción del Area.

Las lagunas Ojo de Liebre y San José, junto con Laguna Manuela, forman parte de un complejo lagunario en la costa Pacífico de Baja California en el interior de Bahía Vizcaíno aproximadamente a 600 km al Sur de la frontera con EE.UU. Las lagunas se encuentran entre los  $27^{\circ}35'$  y  $28^{\circ}15'$  de latitud N y  $113^{\circ}50'$  y  $114^{\circ}20'$  de longitud W (fig.1). La Laguna Guerrero Negro es pequeña comparada con la Ojo de Liebre y están separadas por un campo de dunas de origen eólico, tipo barchan (Inman, Ewing & Corliss, 1966). Las lagunas tienen una barra de dunas que es la misma para ambas, esta se extiende desde la boca de la Laguna Ojo de Liebre hasta la de Guerrero Negro por 27 km de largo por un ancho promedio de 4.5 km. Esta barra se encuentra formada de arena fina de cuarzo. Las lagunas se encuentran en el límite W del desierto Vizcaíno entre la Sierra de San Borja al NE y la Sierra Vizcaíno al SE.

El clima es árido, la precipitación es generalmente muy baja con un promedio de 3 cm/año por lo que no existen escurrimientos a las lagunas; la temperatura tiene una variación máxima de  $0 - 40^{\circ}\text{C}$ .

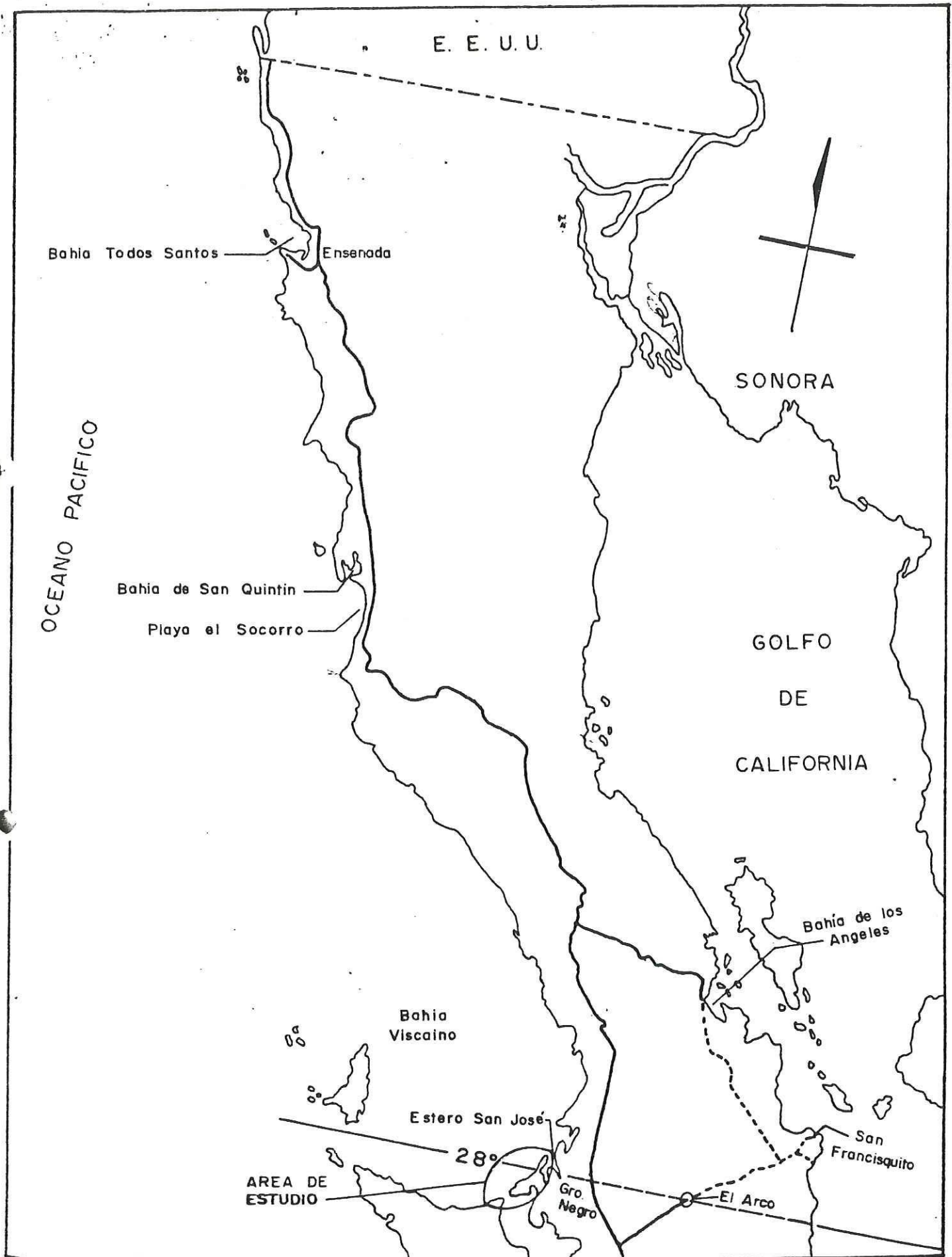


FIG. N° 1

LOCALIZACION AREA DE ESTUDIO

Los vientos en la Bahía son estacionales. En verano son unidireccionales de mar a tierra con una velocidad máxima de 12 m/seg a mediodía y en invierno es bidireccional, de tierra a mar con una velocidad máxima en la madrugada de 5 m/seg y hacia tierra con 9 m/seg a la mitad del día. El motivo de que en verano la brisa sea unidireccional parece estar asociado a un centro permanente de baja presión en el desierto que causa aún en la noche esta brisa. (Inman, Ewing & Corliss, 1966).

Respecto a las condiciones oceanográficas de la Bahía, Wyllie (1961), define siete "masas de agua" por su origen dentro de Bahía Vizcaíno (fig.2), estas masas de agua no presentan algunas características definitivas; pero algunas en que los procesos por las que ocurren son más o menos permanentes, hacen que se distingan de las otras masas de agua. Ahora, estas masas de agua no deben ser confundidas con las grandes masas de agua como están definidas en "The Oceans" por Sverdrup, -- pues éstas sólo son usadas por conveniencia de separación e identificación de las condiciones locales en la Bahía y su vecindad. Estas "Masas de agua" son:

- 1). Aguas de la corriente de California,
- 2). Aguas de surgencias frente a Punta Canoas,
- 3). Agua central de la Bahía que resulta de condiciones locales,
- 4). Aguas de las lagunas.
- 5). Aguas de surgencias de Punta Eugenia,
- 6). Agua oceánica superficial del sur que se encuentra a lo largo de la costa hasta el sur de Punta Eugenia,
- y 7). Agua subsuperficial (200-300 m).

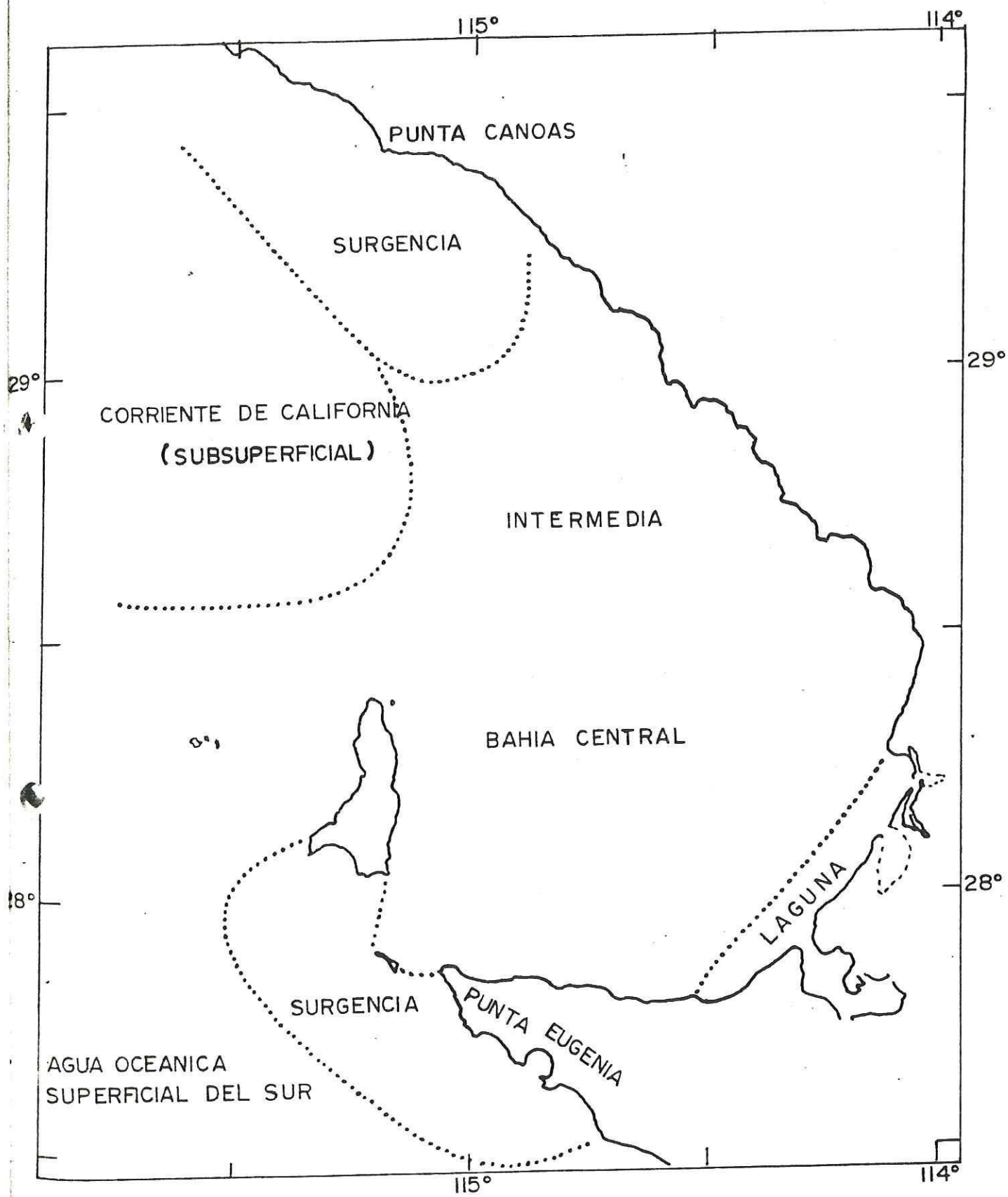


FIG. N° 2 MASAS DE AGUA DE BAHIA SEBASTIAN VIZCAINO (WYLLIE, 1961)

Las corrientes de Bahía Vizcaíno están fuertemente influenciadas por el esfuerzo del viento que juega el papel más importante en la circulación de la Bahía; el área de calma a sotavento de Isla de Cedros de los vientos predominantes (NW) es otro -- factor significativo en la circulación de la Bahía que, combinadas con las aguas profundas del W de la Bahía, contribuyen a la creación de un gran giro en sentido de las manecillas del reloj (fig.3), (Dawson, 1952).

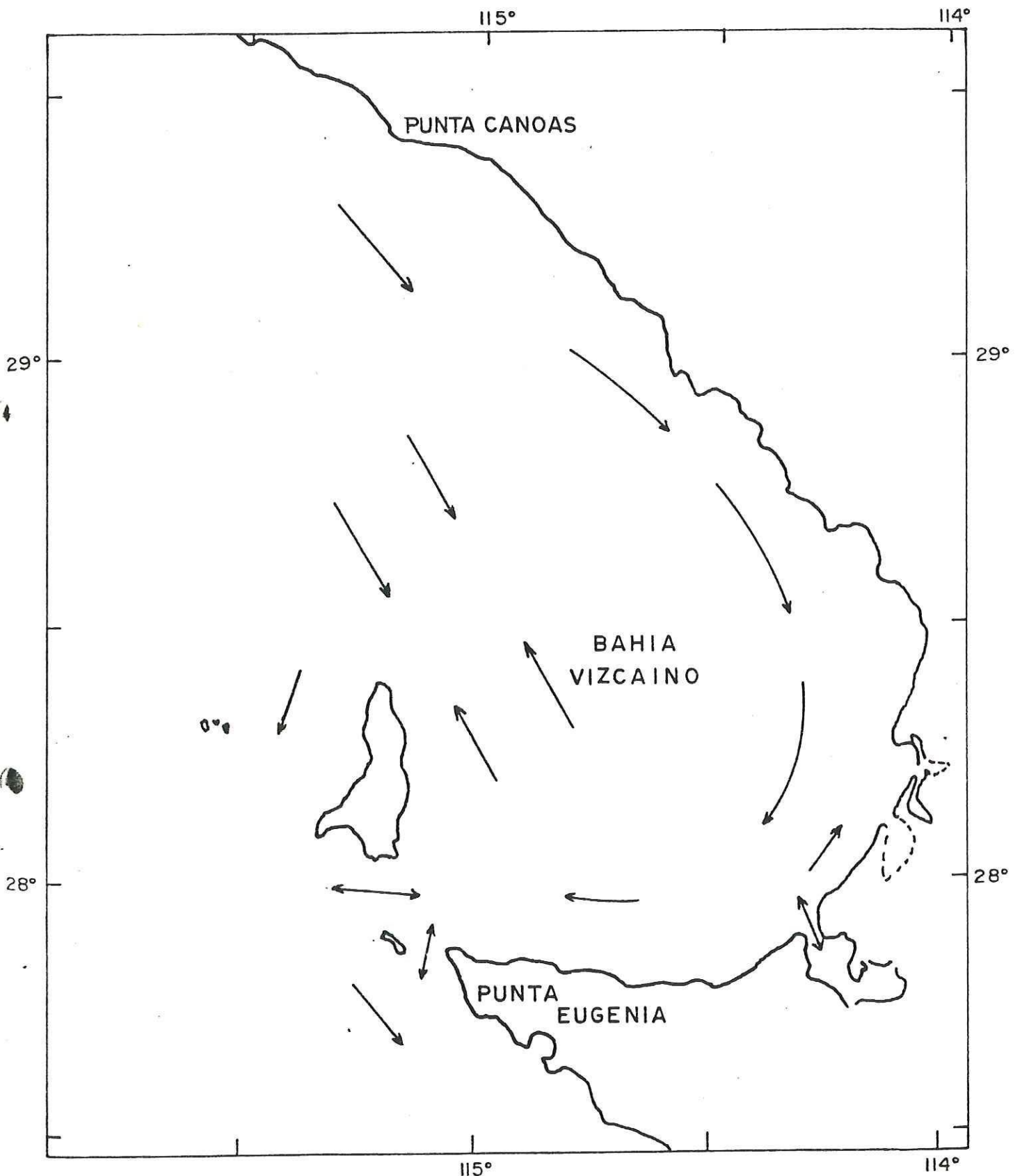


FIG. N° 3 CIRCULACION GENERAL DE BAHIA SEBASTIAN VIZCAINO (DAWSON, 1952).

## 2.2. Antecedentes.

Las playas son acumulaciones de sedimentos depositados por olas y corrientes en la zona litoral (Bird, 1970). Su origen es variado; Shepard (1973) menciona que la erosión de costas acantiladas es importante en la formación de playas cuando el cantil está formado por material no consolidado sujeto al ataque de las olas. La arena proviene además por ríos, como en las costas del sur de California, donde las playas consisten de arena de origen fluvial y en las costas desérticas, el viento proporciona gran cantidad de material (Bird, 1970).

En general la naturaleza de las playas está relacionada con la naturaleza del material derivado de acantilados, costas o mar adyacente y continente.

El mecanismo de desarrollo de una playa surgió de estudios con experimentos en laboratorios hidráulicos y mediciones directas en la zona de rompiente estudiando las velocidades orbitales de las olas (Shepard, 1973). Se ha encontrado que la velocidad orbital de las olas sobre la cresta es mayor hacia la playa que en el valle hacia fuera de la playa, por lo que la arena tiende a moverse hacia la playa excepto en zonas de corrientes de retorno y además este movimiento se ve favorecido en olas de período largo donde tiene mas oportunidad la

arena de ser depositada, caso contrario en olas de período corto (Inman & Nasu, 1956 y Shepard, 1973). Esta situación implica un transporte perpendicular a la playa.

Cuando las olas no llegan perpendicular a la playa producen un movimiento de arena a lo largo de la playa, este fenómeno puede favorecer a la formación de la misma formando áreas de recreo lo cual sería benéfico a la comunidad y por el contrario, si cualquier estructura impide el movimiento continuo de paso de la arena, puede tener consecuencias graves sobre una playa erosionándola.

El existir un transporte de arena a lo largo de la playa por el arribo oblicuo de las olas quiere decir que el oleaje induce corrientes a lo largo de la playa las cuales transportan la arena en su misma dirección (Komar, 1976), de donde se han originado una serie de estudios obteniendo, varios investigadores, diferentes relaciones.

La relación empírica en la que se han basado varios investigadores es el parámetro  $P_1$ ,

$$P_1 = (ECn)_b \sin \phi_b \cos \phi_b \dots \dots \dots 1$$

en donde  $(ECn)_b$  es el flujo de energía evaluado en la zona de rompiente y  $\phi_b$  es el ángulo de aproximación en la rompiente

con respecto a la línea de playa. Este parámetro ha tenido algo de controversia en cuanto a su definición: Varios autores lo definen como "componente de potencia de ola a lo largo de la playa" y "componente a lo largo de la playa del flujo de energía de las olas". Esto ha tenido bastantes objeciones dado que el factor  $\cos \phi_b$  no puede ser incluido en ninguna componente a lo largo de la playa. La razón de su inclusión, es que el flujo de energía por unidad de longitud de cresta ( $EC_n$ ) se convierte a unidad de longitud de playa, por estos motivos aquí sólo se toma un parámetro  $P_1$ , tal como lo sugiere Komar (1976).

En base a este parámetro se han desarrollado varias relaciones empíricas como las siguientes:

$$\text{Watts (1953):} \quad S_1 = 0.0011 P_1^{0.9}$$

$$\text{Caldwell (1956):} \quad S_1 = 210 P_1^{0.8}$$

$$\text{Savage (1959):} \quad S_1 = 125 P_1$$

donde  $S_1$  está dado en  $\text{yd}^3/\text{día}$  y el parámetro  $P_1$  para Caldwell y Savage está expresado en millones de pie-libra/día/pie de playa contra pie-libra/día/pie de playa de Watts.

Galvin (1972) grafica  $S_1$  vs.  $P_1$ , incluye las ecuaciones de Caldwell (1956) y Savage (1962) (fig. 4). En el eje x el parámetro  $P_1$  contiene el término  $H^2$  (altura de ola) y observa que hay una relación entre el volumen transportado  $S_1$  y la altura de la

ola H y se encuentra la siguiente relación:

$$Q = 2H^2 \dots \dots \dots 5$$

donde Q está expresada en unidades de 100,000 yd<sup>3</sup>/año y H en pies (fig. 5).

Estas relaciones presentan grandes desventajas ya que dimensionalmente son incorrectas y no toman en cuenta el mecanismo de transporte.

Inman y Bagnold (1963), mencionan que la razón de transporte litoral puede ser expresado en forma más conveniente como la razón de transporte del peso inmerso I<sub>l</sub> que la razón de volumen transportado S<sub>l</sub> y relacionándose ambos entre sí,

$$I_l = (\rho_s - \rho) g a' S_l \dots \dots \dots 6$$

donde  $\rho_s$  y  $\rho$  son las densidades del sedimento y del fluido que lo contiene respectivamente, g es la gravedad y a' es un factor de corrección por espacio vacío. Si relacionamos I<sub>l</sub> y P<sub>l</sub> encontramos que dimensionalmente son correctas con unidades de trabajo por lo que se pueden expresar como sigue:

$$I_l = k P_l \dots \dots \dots 7$$

donde k es un coeficiente adimensional de proporcionalidad, además I<sub>l</sub> se relaciona a S<sub>l</sub> tomando en cuenta el contraste de densidad entre el sedimento y el agua.

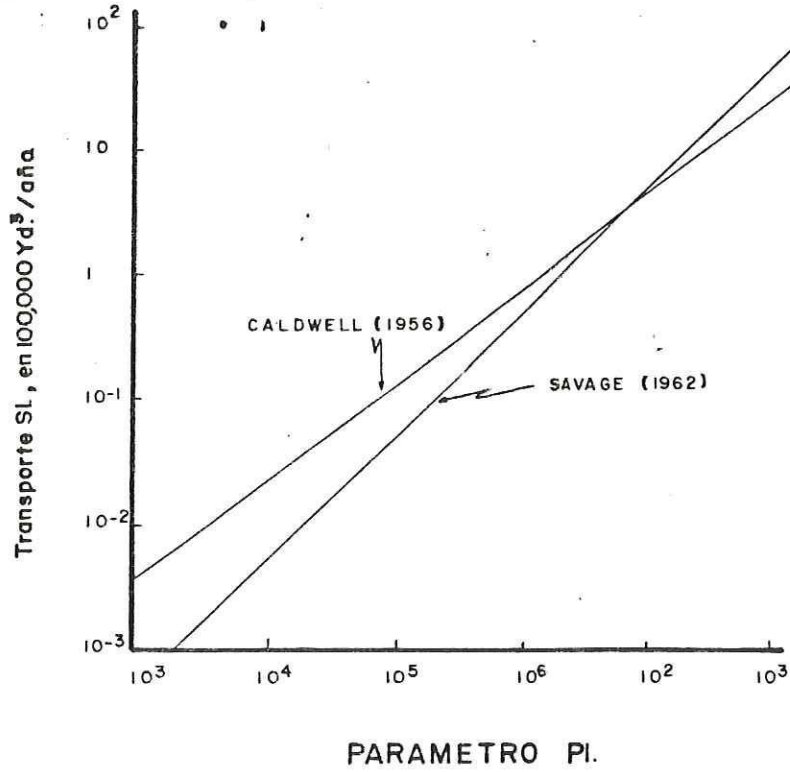


FIG. Nº 4 .— Correlación entre el parametro  $Pi$  y el volumen transportado a lo largo de la playa Caldwell (1956) y Savage (1962).

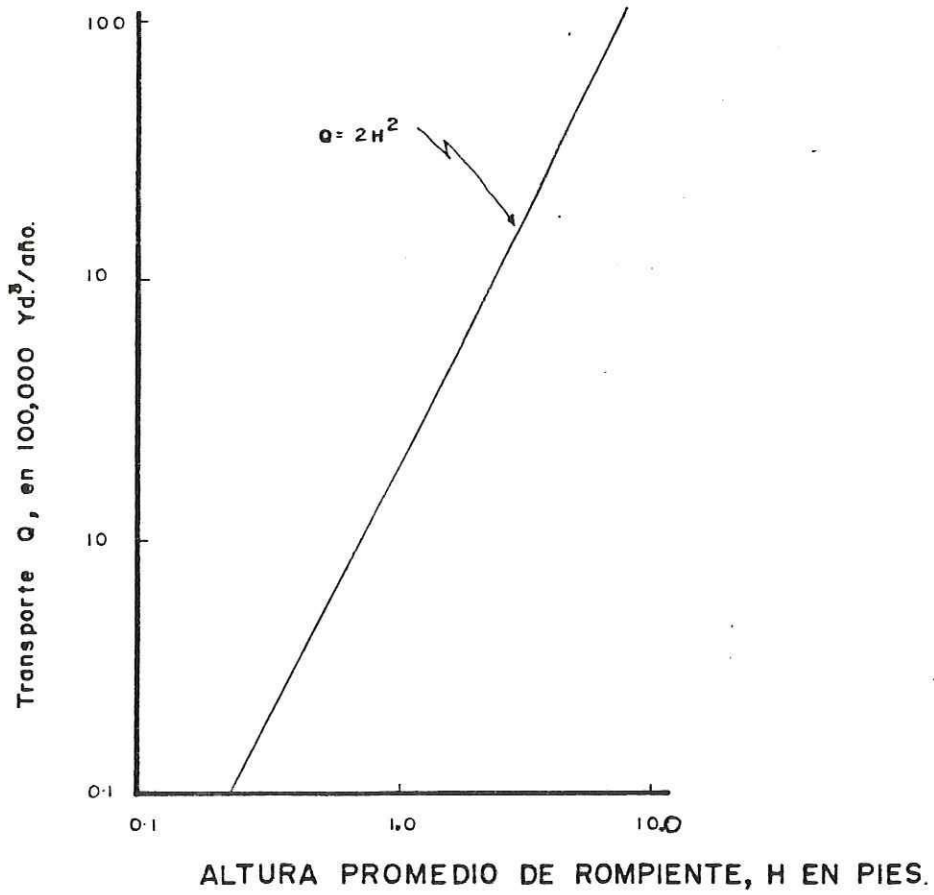


FIG. Nº 5 .— Relación y volumen transportado,  $Q$  y altura de ola,  $H$  (Galvin, 1972).

De varios estudios de transporte litoral, Komar e Inman (1970) tomaron los datos y graficaron  $I_l$  vs.  $P_l$  y mediante un análisis de regresión encontraron que el coeficiente  $k$  tiene un valor de 0.77, de modo que la ecuación 7 queda:

$$I_l = 0.77 P_l = 0.77 (ECn)_b \text{ sen } \phi_b \text{ cos } \phi_b \dots \dots \dots 8$$

de aquí podemos obtener el volumen transportado de arena que es el que nos interesa. El volumen transportado  $S_l$  esta dado por

$$S_l = (6.85 \times 10^5) (ECn)_b \text{ sen } \phi_b \text{ cos } \phi_b \dots \dots \dots 9$$

que se deriva de la ecuación 8, asumiendo que la arena está compuesta de cuarzo, o sea  $\rho_s = 2.65 \text{ g/cm}^3$  y  $a' = 0.6$ ,  $(ECn)$  esta dado en  $\text{ergs/cm-sec}$  y  $S_l$  resulta en  $\text{m}^3/\text{día}$ . De esta relación se obtendrá el transporte litoral del cual es motivo este estudio.

Por otro lado, se han hecho varios estudios de transporte litoral y se han encontrado que existe bastante movimiento de arena sobre las costas de California y Baja California. Sobre estas áreas hay una marcada influencia del oleaje proveniente de los hemisferios norte y sur, así como oleaje generado por condiciones de vientos locales. Marine Advisers (1961), en base al método SMB de la ola significativa ( $H \ 1/3$ ) de predicción de oleaje, realizó un análisis estadístico de todas estas fuentes de generación de oleaje de 1956-1958 en el sur de California y encontraron que el más frecuente es el oleaje

• ,

del hemisferio N que llega también a Baja California en un alto porcentaje del año. De aquí cabe suponer que este oleaje debe ser una de las fuentes principales que ocasiona un transporte de sedimentos sobre nuestras costas que juega un papel muy importante en la sedimentología y morfología litoral, como es el caso de la boca de la laguna Guerrero Negro que ha migrado hacia el Noreste (Phleger, 1965).

### 2.3. Objetivo.

El objetivo de este estudio es calcular la dirección y el volumen de arena transportado a lo largo de la playa frente a las lagunas de Guerrero Negro y Ojo de Liebre en el interior de Bahía Vizcaíno en base a parámetros de oleaje (altura de ola,  $H$ ; período,  $T$ ; ángulo de aproximación,  $\phi$ ) cuyo origen y fuente de generación es el hemisferio norte.

### 2.4. Hipótesis.

El transporte litoral frente a las lagunas de Guerrero Negro y Ojo de Liebre, es en el mismo sentido que la migración de las bocas.

### 2.5. Asunciones.

2.5.1. El oleaje que se toma en cuenta es de una estación de estudio de Marine Advisers (1961) a 65 millas náuticas al SW de la Isla San Clemente y se asume que llega con las mismas características a Bahía Vizcaíno, esto es, igual período, altura y dirección, ya que es mar profundo.

2.5.2. El oleaje del hemisferio norte es el más importante que produce un transporte litoral en el área de estudio.

2.5.3. El oleaje del hemisferio sur entra a la bahía después de disipar un gran porcentaje de su energía debido a la presencia de Isla de Cedros, Punta Eugenia y otra isla intermedia a estos puntos, por lo que el acarreo litoral que produzca será despreciable, en comparación con el del hemisferio norte y el oleaje local (Inman, Ewing & Corliss, 1966).

2.5.4. El transporte originado por el oleaje local de la Bahía no se toma en cuenta en esta investigación por no tener los datos necesarios para su procesamiento, ni el equipo para medirlo.

### III. METODOS Y MATERIALES.

Para efectuar esta investigación se tomó el oleaje proveniente del hemisferio norte de la estación A de Marine Advisers (1961) en mar abierto (fig. 6) y fue llevada hasta Bahía Vizcaíno donde por medio de refracción se transportó hasta la línea de rompiente.

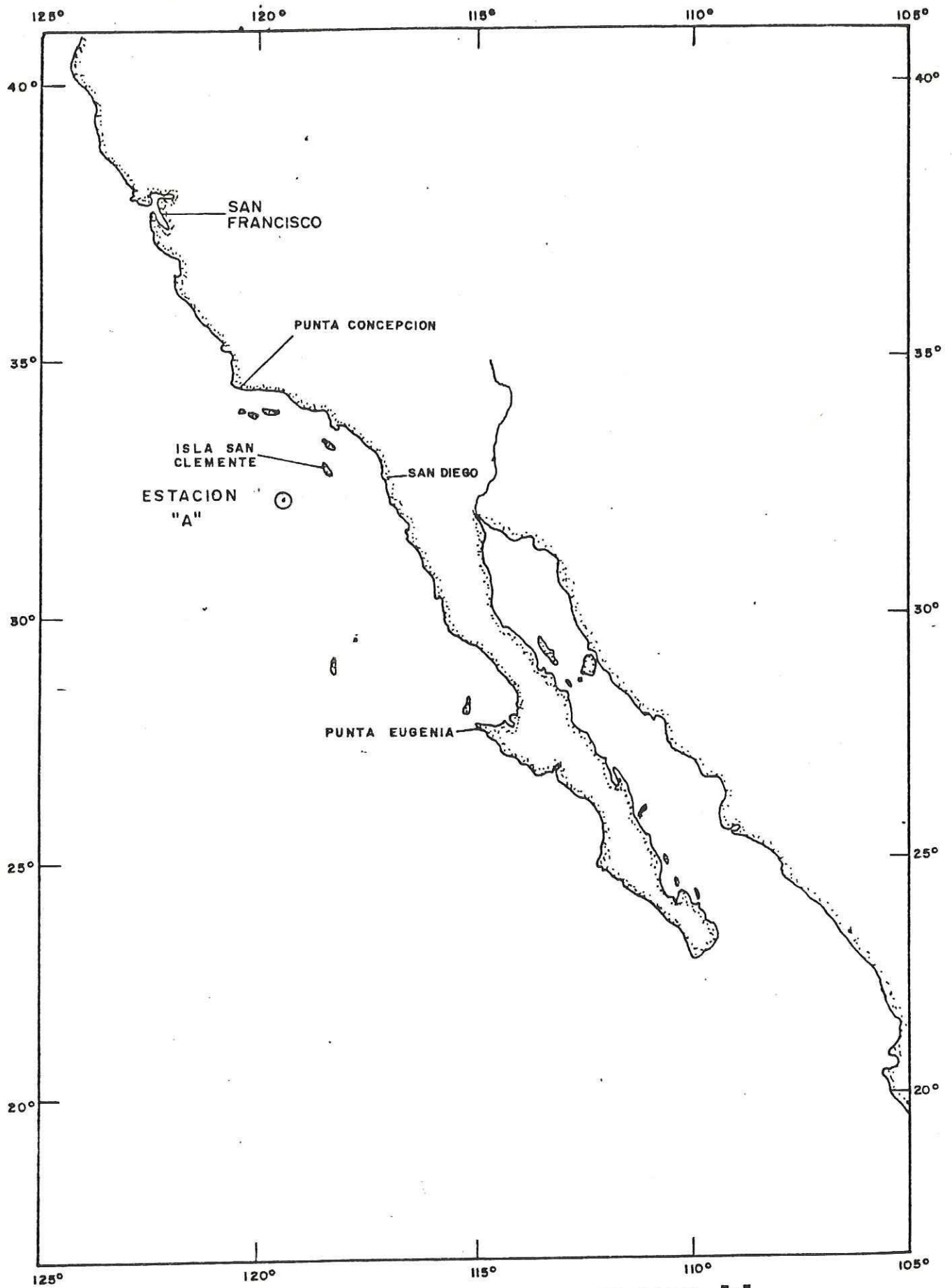
Se tomaron cuatro olas significativas ( $H_{1/3}$ ) que son las más frecuentes y estas son las siguientes:

No. de Ola	$H_o$ (m)	T(seg)	Dirección	Frecuencia (% del año)
1	0.81	13.0	295°	21.4
2	0.80	13.0	305°	25.2
3	0.80	12.3	315°	13.7
4	0.94	11.5	325°	8.3

Una vez efectuada la refracción para estas olas, se procedió a obtener los datos característicos, modificados por el efecto de refracción. Así, se determinó la altura de éstas en la rompiente con la siguiente fórmula:

$$H_s = H_o \frac{d_{lo}}{d_{ls}} \dots \dots \dots 10$$

donde  $H_o$  es la altura de ola en aguas profundas,  $d_{lo}$  y  $d_{ls}$  son las distancias entre ortogonales en aguas profundas y someras respectivamente y  $H_s$  es la altura de la ola en donde se mida  $d_{ls}$  (en este caso, en la zona de rompiente). Para determinar la profundidad a la cual rompen las olas se utiliza el criterio de rompiente de la onda solitaria.



**FIG. N° 6 LOCALIZACION DE LA ESTACION "A" DE MARINE ADVISERS (1961).**

$$\frac{H}{h} \quad \text{máx} = 0.78 \dots\dots\dots 11$$

donde H es la altura de la ola y h es la profundidad a la que rompe la ola (U.S. Army, CERC, 1973).

Se tomó también de los diagramas de refracción, el ángulo de aproximación  $\phi$  en la rompiente. Este ángulo es medido entre la cresta y la línea de playa. Este dato es el más importante y difícil de medir. La precisión de los ángulos en este trabajo esta delimitada a un transportador con graduaciones de medio grado, lo que viene a significar un error máximo de  $\pm 1/4^\circ$  para todas las mediciones. Se hizo uso de la teoría de Airy para obtener la velocidad de fase C para aguas someras:

$$C = (gh)^{1/2} \dots\dots\dots 12$$

Con esta información, se tomó la ecuación 9 descrita anteriormente:

$$S1 = (6.85 \times 10^{-5}) (ECn)_b \text{ sen } \phi_b \text{ cos } \phi_b \dots\dots\dots 9$$

donde  $E = \frac{1}{8} \rho g H^2$  y  $n = Cg/C = 1$  en aguas someras (Cg es la velocidad de grupo de las olas), y se obtuvo el volumen transportado por cada ola en  $m^3/\text{días}$ . Ya conocido el transporte por día se multiplica por el número de días que actúa y se obtiene el transporte anual y la suma de éstos nos dará el transporte litoral neto.

El material utilizado para este trabajo fue:

1. Batimetría del lugar (planos).
2. Plantilla de refracción.
3. Datos de oleaje (Marine Advisers, 1961)
4. Material de dibujo.

IV.- RESULTADOS Y DISCUSIONES.

Del análisis del oleaje se obtuvieron cuatro diagramas de refracción (Fgs. 7,8,9 y 10). Estos presentan todos una ligera tendencia a diverger en la costa a excepción de dos frentes de costa en que converge el oleaje; uno es en el centro de la Barra San José y otro en la de Ojo de Liebre, pero únicamente para las direcciones de  $315^\circ$  y  $325^\circ$  respectivamente (figs.9 y 10). El resto como se dijo diverge para toda el área de estudio en la bahía como era de esperarse puesto que el oleaje converge en puntas y diverge en bahías y playas convexas hacia tierra.

De estos diagramas de refracción se obtuvo la altura de ola (H), el ángulo de rompiente ( $\phi$ ) y la profundidad de rompiente (h) en la zona de rompiente; estos datos se muestran en la Tablas 1,2,3 y 4.

T A B L A 1

DIRECCION  $295^\circ$  ( $H_0=81$  cm,  $T=13$  seg.)

No, Ortogonal	$H_s$ (cm)	h(cm)	$\phi \pm 15'$
1			$-6^\circ 00'$
2	62	79	$-4^\circ 00'$
3	50	64	$-3^\circ 00'$
4			$2^\circ 00'$
5	75	97	$2^\circ 00'$
6	74	95	$2^\circ 00'$

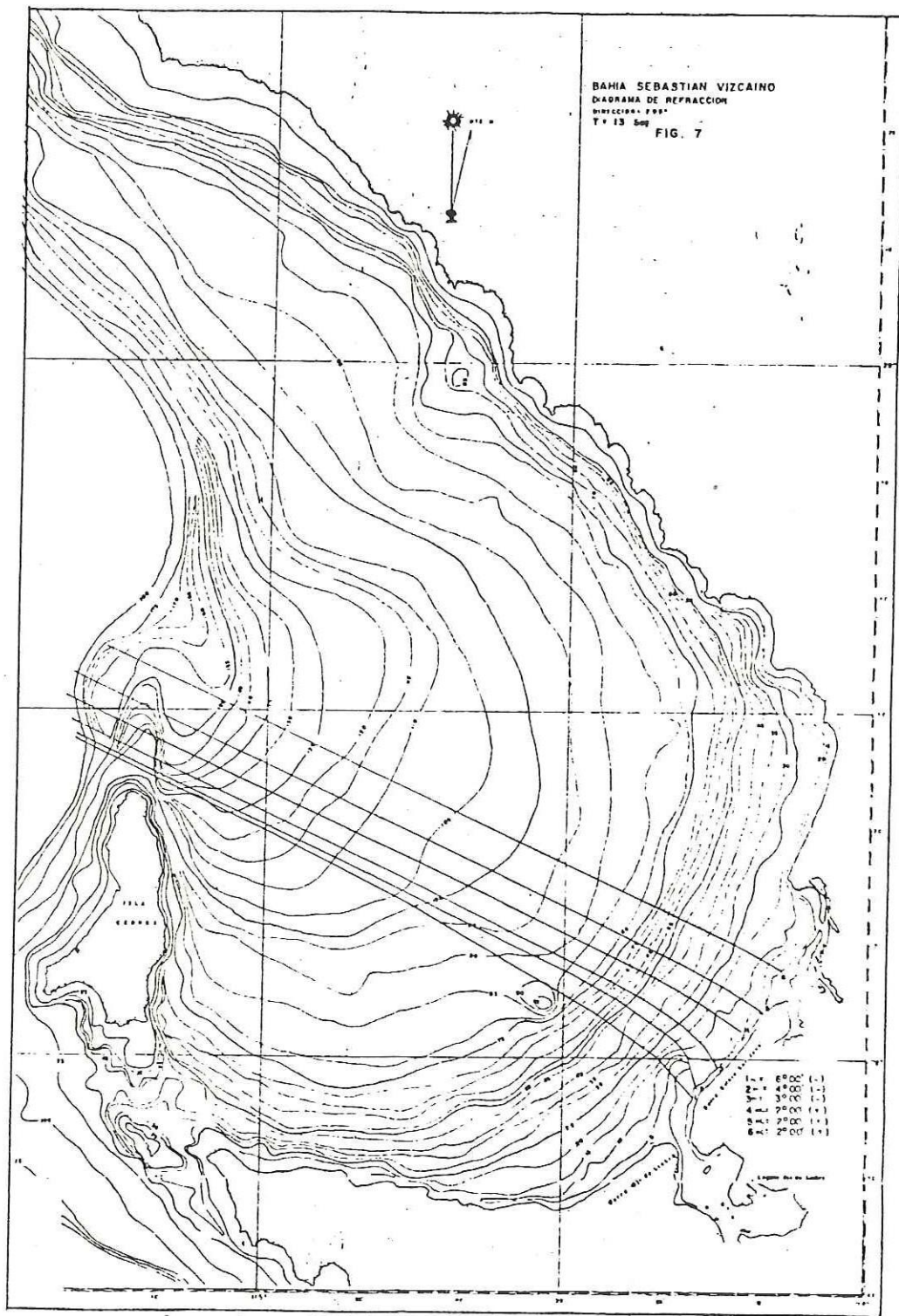


FIG. Nº 7    DIAGRAMA DE REFRACCION PARA OLAJE  
 CON DIRECCION = 295° Y    T = 13 seg.

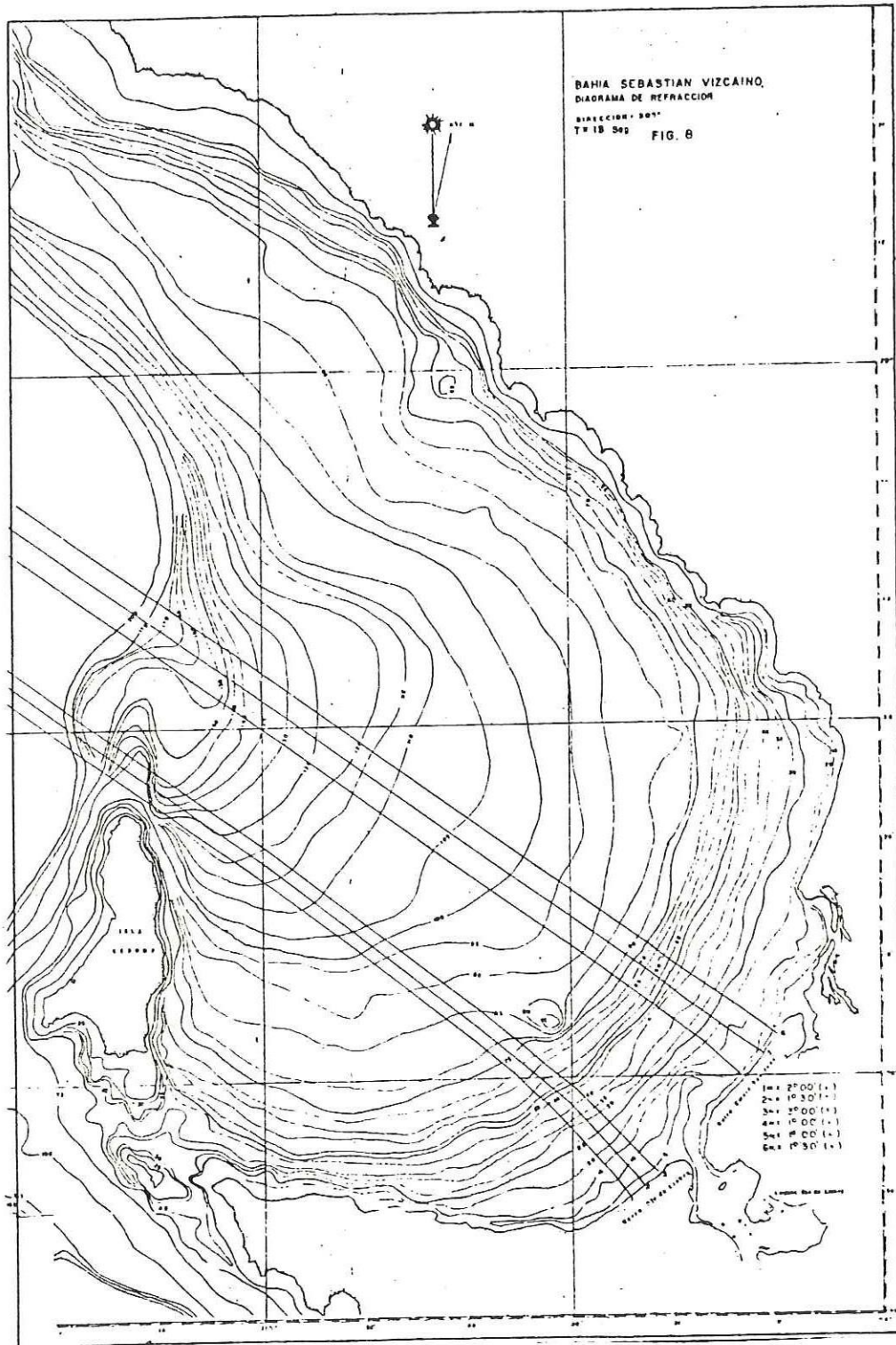


FIG. N° 8 DIAGRAMA DE REFRACCION PARA OLAJE  
 CON DIRECCION = 305° T = 13 seg.

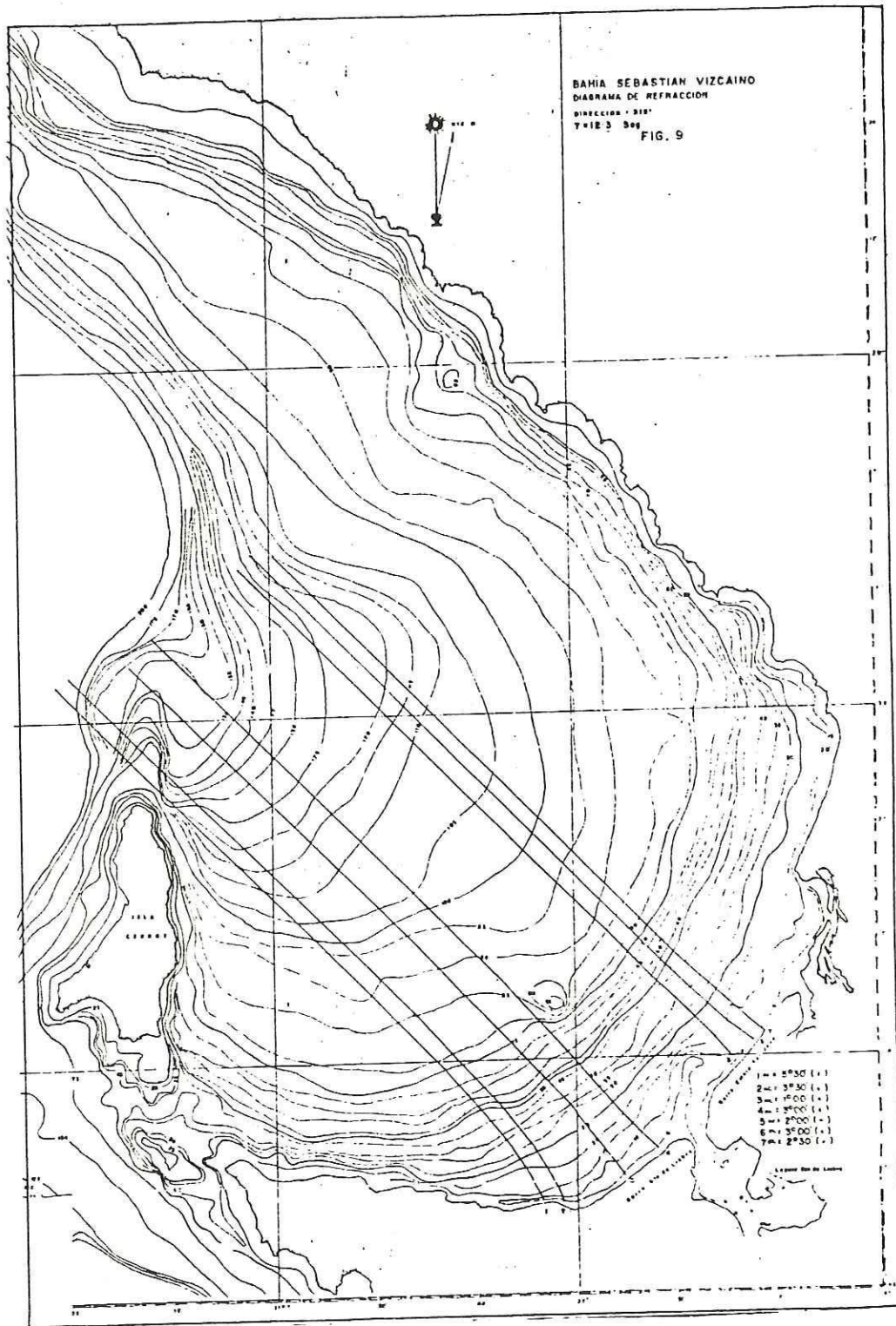


FIG. N° 9 DIAGRAMA DE REFRACCION PARA OLAJE  
CON DIRECCION = 315° T = 12.3 seg.

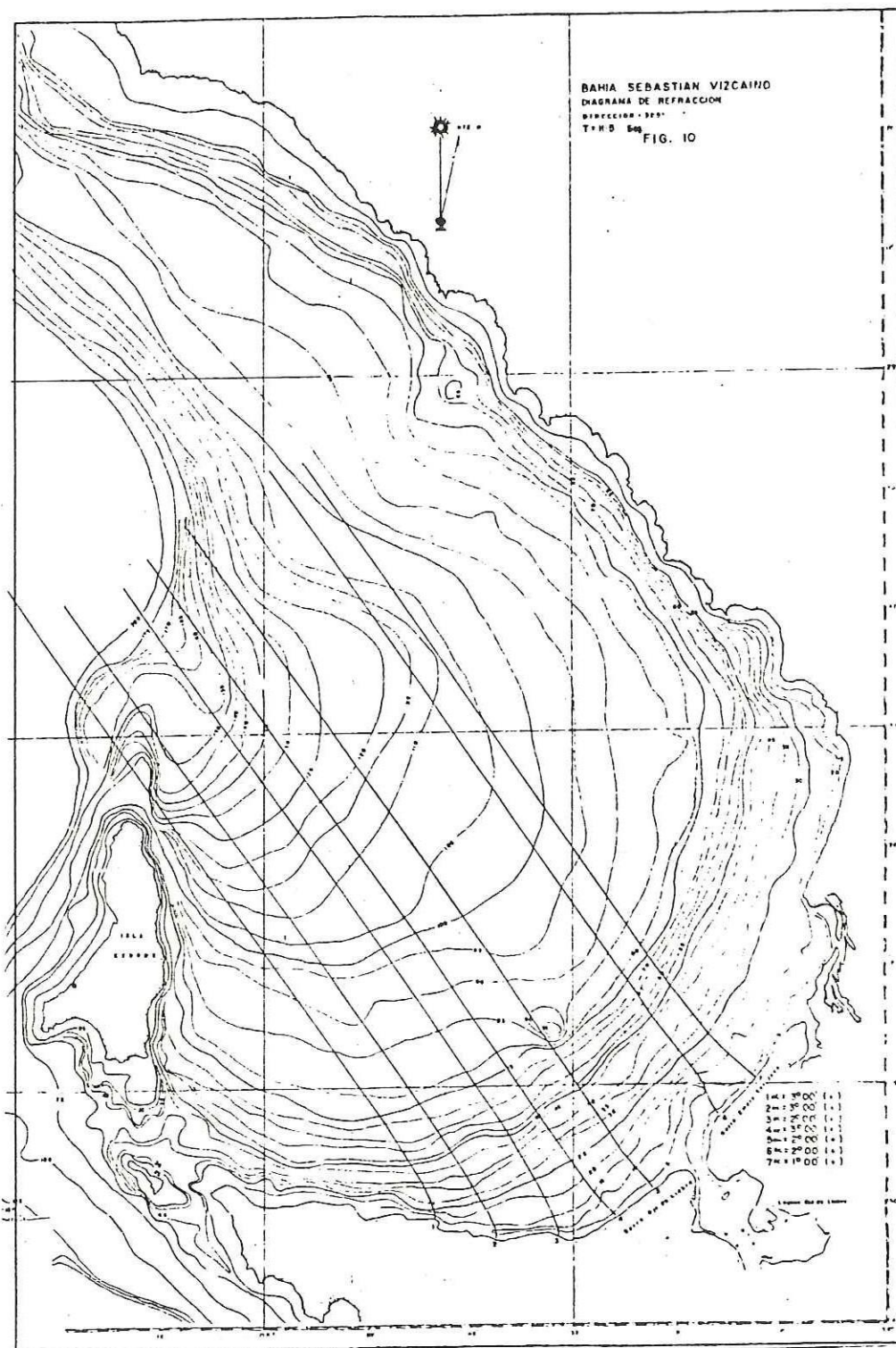


FIG. N° 10 DIAGRAMA DE REFRACCION PARA OLEAJE  
 CON DIRECCION = 325° T = 11.5 seg.

T A B L A 2

DIRECCION 305° (H<sub>0</sub>=80 cm, T=13seg)

No. Ortogonal	H <sub>s</sub> (cm)	h(cm)	$\beta \pm 15'$
1			2°00'
2	73	94	1°30'
3	68	87	3°00'
4			1°00'
5	70	90	1°00'
6	75	96	1°30'

T A B L A 3

DIRECCION 315° (H<sub>0</sub>=80 cm, T=12.3 seg)

No. Ortogonal	H <sub>s</sub> (cm)	h(cm)	$\beta \pm 15'$
1			5°30'
2	73	93	3°30'
3	68	87	1°00'
4	73	93	3°00'
5			-2°00'
6	65	84	3°00'
7	82	105	2°30'

T A B L A 4

DIRECCION 325° (H<sub>0</sub>=94 cm, T=11.5 seg)

No. Ortogonal	H <sub>s</sub> (cm)	h(cm)	$\phi \pm 15'$
1			3°00'
2	65	83	3°00'
3	89	114	2°00'
4	72	93	3°00'
5	96	123	2°00'
6			2°00'
7	74	95	1°00'

De estos datos se obtuvieron promedios de la altura de oleaje ( $H_{1/3}$ ), profundidad de rompiente y ángulo de incidencia para cada dirección en cada barra, para luego obtener el transporte litoral promedio en cada una de ellas. Estos promedios se muestran en la Tabla 5.

T A B L A 5

DIRECCION	RAYOS PRO- MEDIADOS.	Hs (cm)	h (cm)	$\phi^{\pm}$ er.	ZONA
295°	1,2,3	56	71.5	-4°20'±9'	Boca Ojo de Liebre en Barra San José.
295°	4,5,6	75	96	2°00'±9'	Barra San José.
305°	1,2,3	70	90	2°10'±9'	Barra Ojo de Liebre.
305°	4,5,6	72.5	93	1°10'±9'	Barra San José
315°	1,2,3,4,	71.3	91	3°15'±8'	Barra Ojo de Liebre
315°	5,6	65	84	-2°00'±15'	Boca Ojo de Liebre en Barra San José
315°	6,7	82	105	2°45'±10'	Barra San José
325°	1,2,3,4,5	80.5	103	2°36'±7'	Barra Ojo de Liebre
325°	6,7	74	95	1°30'±10'	Barra San José

Como se puede observar, el ángulo de aproximación  $\phi$  es siempre positivo (hacia el norte) a excepción de la zona cercana a la boca de la Laguna Ojo de Liebre, sobre la Barra San José. Estos datos satisfacen la ecuación No. 9, por la cuál, podemos encontrar el volumen de arena transportado:

$$SI = 6.85 \times 10^{-5} (ECn)_b \text{ sen } \phi_b \text{ cos } \phi_b \dots \dots \dots 9$$

y sustituyendo los valores de la Tabla 5 en el mismo orden obtenemos:

DIRECCION	SI(m <sup>3</sup> /día )	No. Días	SI(m <sup>3</sup> /año)
295°	-540	78.16	-42,210 <sup>±</sup> 4%
295°	520	78.16	40,640 <sup>+</sup> 8%
305°	480	92.04	44,180 <sup>+</sup> 7%
305°	280	92.04	25,770 <sup>+</sup> 14%
315°	740	50.04	37,030 <sup>+</sup> 4%
315°	-360	50.04	-18,010 <sup>+</sup> 13%
315°	890	50.04	44,540 <sup>±</sup> 6%
325°	810	30.32	24,560 <sup>+</sup> 4%
325°	380	30.32	11,520 <sup>+</sup> 10%

Estos valores son transportes de arena por cada dirección, para ver cuanto es el volumen neto que se mueve en cada barra se hace una sumatoria. Esto se hará para cada zona esquematizado en la figura 11. Como se observa en esta figura, existe un movimiento casi igual en cada barra y cerca de la Boca de Ojo de Liebre, un volumen de más o menos la mitad de lo que se mueve en las Barras es transportado en sentido contrario.

DIRECCION	SL M <sup>3</sup> /AÑO
295° —	0
305° —	44,180
315° —	37,030
325° —	24,560

DIRECC. SL M <sup>3</sup> /AÑO
295° - 42,210
315° - 18,010

DIRECCION	SL M <sup>3</sup> /AÑO
295° —	40,640
305° —	25,770
315° —	44,540
325° —	11,520

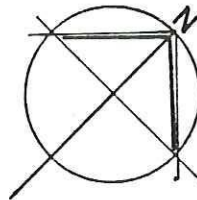
SLneto = 105,770



SLneto = -60,220



SLneto = 122,470



(+) = NORESTE  
 (-) = SUROESTE

NOTA : Esquema fuera de escala

FIG. N° II ESQUEMATIZACION DEL AREA DE ESTUDIO Y TRANSPORTE LITORAL NETO PARA CADA ZONA.

Phleger (1965) encuentra que la boca de la Laguna Guerrero Negro se ha movido 150 metros hacia el Noreste en cuatro años.

La boca de la laguna Ojo de Liebre es muy cercana a la de Guerrero Negro (aproximadamente 23 kilómetros), la barra Ojo de Liebre esta expuesta al oleaje en la misma dirección que la Barra San José, la batimetría del área muestra que frente a la boca de la laguna Ojo de Liebre existe una gran depositación del lado suroeste de la boca y al otro lado de la boca no, y lo observado en la figura No. 11 permite suponer que la boca de la laguna Ojo de Liebre también migra al Noreste.

Phleger y Ewing (1962) determinaron que la barra San José ha crecido hacia el mar 1.6 kilómetros en  $1800 \pm 200$  años (fig. 12).

Inman, Ewing y Corliss (1966) obtuvieron un transporte eólico de  $23 \text{ m}^3$  de arena por metro de ancho del campo de dunas por año en las barras hacia tierra y a las lagunas, con una descarga total anual de toda la barra de  $450,000 \text{ m}^3$ .

Como se observa, se han manejado tres ideas ó hechos muy relacionados entre sí: 1) migración de las bocas al Noreste, 2) crecimiento de la barra hacia el mar y 3) transporte eólico hacia tierra y lagunas. Respecto al primer hecho Komar (1976), menciona que en la entrada de un estuario, río o laguna costera, al existir un transporte en algún sentido se origina la

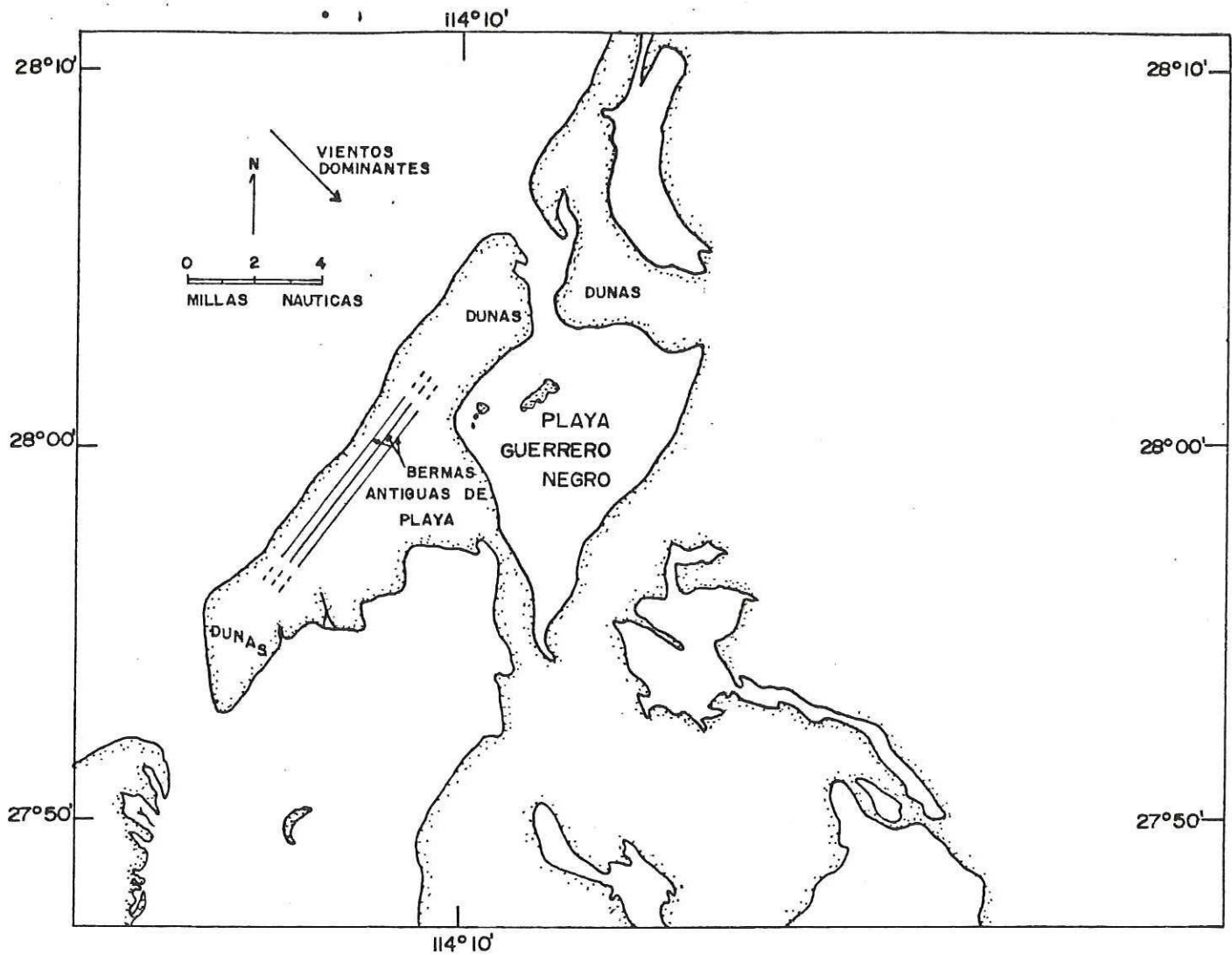


FIG. No. 12      DIAGRAMA QUE MUESTRA EL CRECIMIENTO DE LA BARRA. (PHLEGER, 1965)

migración de estas bocas en la misma dirección del transporte litoral puesto que de un lado ocurre depositación y del otro erosión.

Para que se desarrolle una barra (segundo hecho) es esencial:  
a) un gran aporte de material, b) un fondo con pendiente suave, que de acuerdo a Phleger y Ewing (1962) existe en estas lagunas y c) que exista una acción del oleaje a lo largo de la costa para la distribución del material, situación que se ve que existe de acuerdo a los resultados antes presentados, y referente al transporte eólico, es también obvio la necesidad del aporte de material y de la presencia del agente que la transporte (viento).

En este trabajo se encontró un transporte litoral a lo largo de la playa de un poco mas de  $100,000 \text{ m}^3/\text{año}$  hacia el noreste a excepción de una zona cercana a al boca Ojo de Liebre (fig. 11). Como se puede observar, la dirección del transporte es en el mismo sentido que la migración de la boca, lo que viene a demostrar la hipótesis antes planteada (inciso 2.4.).

Ahora, si existe un transporte eólico hacia tierra y la barra creció hacia el mar, cabe suponer que existe un transporte litoral abundante hacia tierra. por el oleaje, que nivele esa pérdida por viento y además, de lugar a la formación de la

barra por el transporte a lo largo de la playa, distribuyendo la arena en toda la barra. En este trabajo como se menciona anteriormente, este transporte es de  $100,000 \text{ m}^3/\text{año}$  a lo largo de la playa y el eólico es de  $450,000 \text{ m}^3/\text{año}$  (Inman, Ewing & Corliss, 1966), hecho aunado a que la barra ha crecido hacia el mar (Phleger & Ewing, 1962) podría hacer pensar que se subestimo el volumen transportado en este estudio, pero hay que tomar en cuenta que el transporte a lo largo de la playa no es el que va a dar lugar al desarrollo de una barra, sino el perpendicular a la misma, siendo ambos componentes del transporte litoral en general.

Por otro lado, Phleger (1965) menciona que existe una abundante entrada de sedimento a las lagunas por el transporte eólico y por acción del oleaje, en la fig. No. 11 se puede observar que en realidad si existe éste, esto también significa una pérdida de arena a la línea de playa que favorece la migración de la boca y en general a la variación de sus canales en cuanto a su estabilidad, aunque para esto tendría que compararse el transporte litoral con el prisma de marea (Brunn, 1967 y Cervantes Castro, 1967).

## V. Conclusiones.

Con los datos de oleaje obtenidos de Marine Advisers (1961) se pudo comprobar que existe un transporte litoral neto frente a las lagunas de Guerrero Negro y Ojo de Liebre, debido a la exposición al oleaje del hemisferio norte.

El transporte litoral neto obtenido fue de 100,000 m<sup>3</sup>/año con dirección noreste.

El transporte litoral es en la misma dirección de la migración de las bocas de las lagunas Ojo de Liebre y Guerrero Negro.

## VI. Recomendaciones.

Este trabajo representa una primera aproximación en la determinación del transporte litoral, debido a que no se cuenta con datos de oleaje de la localidad, ni con el equipo necesario para efectuar este estudio a lo largo de un año. De aquí, se recomienda la instalación de un oleógrafo para la obtención de datos locales y actuales de la región, para encontrar el acarreo litoral que existe con una mayor aproximación con mediciones programadas directamente en el campo para corroborar los resultados obtenidos en este trabajo que fueron por métodos de predicción.

## VII. BIBLIOGRAFIA

1. Bird, E.C.F., 1970. Coasts. The M.I.T. Press. Massachusetts Institute of Technology Cambridge, Massachusetts, and London, England.
- 2.- Brunn, P.M., 1967. Tidal Inlets on Alluvial Shores Lagunes Coastals, Un Simposio. UNAM-UNESCO pp. 349-366.
- 3.- Caldwell, J.M., 1956. Wave Action and Sand Movement Near Anaheim Bay, Calif. U.S. Army Corps of Engrs., Beach Erosion Board Tech. Memo. No. 68, 21 pp.
4. Cervantes-Castro, 1967. Estabilidad del Acceso a la Laguna del Mar Muerto, Chiapas, México. Lagunas Costeras, Un Simposio. UNAM-UNESCO pp. 367-376.
5. Dwsen, E.Y., 1952. Circulation Within Bahía Vizcaino, B.C., and its Effects on Marine Vegetation: Am. Jour. Botany, V. 30, pp. 425-432.
6. Galvin, 1972. A Gross Longshore Transport Rate Formula. Proc. of the 13<sup>th</sup> Conf. Eng. A.S.C.E. pp. 953-970.
7. Inman & Bagnold, 1963. Littoral Processes. In The Sea, ed. M.N. Hill, 3: 529-33. Interscience, New York.

8. Inman, Ewing and Corliss, 1966. Coastal Sand Dunes Of Guerrero Negro, B.C., Mex, Geol. Soc. of American Bulletin V. 77, p. 787, 802.
9. Inman & Nasu, 1956. Orbital Velocity Associated with Wave Action Near The Breaker Zona. Beach Erosion Board, Corps of Engrs. Tech. Memo. No. 79, 43 pp.
10. Komar Paul D., 1976. Beach Processes and Sedimentation. Ed. Prntice-Hall, Inc., Engewood Cliffs. New Yersey.
11. Komar, P.D. and D.L. Inman, 1970. Longshore Sand Transport on Beaches. Journ. Geop. Res., 75, No. 30:591427.
12. Marine Advisers, 1961. A Statistical Survey of Ocean Waves Characteristics in Southern Calif. Waters. U.S. Army Corps of Engrs. Contract. No. DA-04-353. CIVENG 60-37.
13. Phleger F.B., 1965. Sedimentology of Guerrero Negro Lagoon, B.C., Mex. Contribution No. 48, Marine Foraminifera Laboratory. Contribution from the Scripps Institution of Oceanography.
14. Phleger, F.B. & Ewing G.C., 1962, Sedimentology and Oceanography of Coastal Lagoon in B.C., México. Geological Society of American Bulletin, V. 73, p. 145-182.
16. Savage, R.P., 1959. Lab. Study of the Effects of Groins in the Rate of Littoral Transport. U.S. Army Corps of Engrs., Beach Erosion Board Tech. Memo. No. 114, 55 pp.

16. Savage, R.P., 1962. Lab. Det. of Littoral Transport Rates. J. Waterways Harbors Div., Am. Soc. Civil Engrs., 88, 69-92.
17. Shepard, F.P., 1973. Submarine Geology. Third Edition.
18. U.S. Army (CERC), 1973. Shore Protection Manual, VOL, I.
19. Watts, G.M., 1953. A Study of Sand Movement at South Lake Worth Inlet, Florida. U.S. Army Corps of Engrs., Beach Erosion Board Tech. Memo. No. 42, 24 pp.
20. Wyllie, J.G., 1961. The Water Masses of Sebastian Vizcaino Bay. Contribution from the Scripps Inst. of Ocean. California Cooperative Oceanic fisheries investigations reports, Vol. VIII.

