

BIBLIOTECA CENTRAL U A. B. C.

AGO 28 1979

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BAJA CALIFORNIA
ESCUELA SUPERIOR DE CIENCIAS MARINAS.

" CAMBIOS EN LA PLAYA SAN MIGUEL DEBIDOS A UN DESLIZAMIENTO Y A LA
ADICION DE NUEVO MATERIAL VERTIDO A LA LINEA DE COSTA "

BIBLIOTECA CENTRAL ENSENADA

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
JUAN FELIPE PLAZA FLORES

Universidad Autónoma
de Baja California



BIBLIOTECA CENTRAL
ENSENADA

Ensenada, Baja California
1 9 7 9

C.
30
8.42

INDICE

	Página
I. INTRODUCCION	
A) Breve descripción histórica del evento	1
B) Objetivo	1
II. DESCRIPCION DEL MEDIO AMBIENTE EN LA ZONA DE ESTUDIO	
A) Geología, Fisiografía y Litología	3
B) Condiciones Meteorológicas	4
C) Condiciones Oceanograficas	8
III. EQUIPO Y METODOS DE TRABAJO	
A) Trabajo de Campo	12
B) Diagramas de Refracción	14
IV. CAMBIOS FISICOS DEBIDOS AL EVENTO	
A) La región antes del evento	16
B) Secuencia de los deslizamientos	19
C) Arreglos en la zona del deslizamiento	21
D) Cambios en la playa	25
V. ANALISIS DE LOS CAMBIOS EN PLAYA SAN MIGUEL	
A) Perfiles de playa	40
B) Diagramas de Refracción y el Transporte Litoral	43
C) Cambios físicos debidos al Oleaje	45
VI. RESULTADOS Y DISCUSIONES	58
VII. CONCLUSIONES	61
VIII. RECOMENDACIONES	62
IX. BIBLIOGRAFIA	63

LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
1	La zona de estudio San Miguel, B. C.	2
2	Descripción Geológica de la zona de estudio San Miguel, B. C.	5
3	Localización de la estación "A" para la obtención de datos de Oleaje	9
4	Condiciones de marea en Sicíguas en Enero de 1978	11
5	Distribución de sedimentos, localización de las excavaciones en la playa San Miguel y la distribución de perfiles.	13
6	La zona de San Miguel, antes del deslizamiento en Agosto de 1976	17
7	La playa antes del deslizamiento	18
8	La laguna que se formó como consecuencia del deslizamiento	20
9	Zona de depositación del material removido de la superficie de fractura	22
10	Escarpe principal del deslizamiento	23
11	La zona de desequilibrio al "Este" del deslizamiento	24
12	Material atrapado por el espigón Oct., 1977	26
13-15	Perfiles de playa	27-29
16-17	Laminado de la playa San Miguel	30-31
18	La laguna antes de que se rompiera la barra arenosa Enero 1978	32
19	Salto de las olas sobre la barrera rocosa en mareas de Sicíguas en Enero de 1978	34
20	Canal transportando agua de la laguna y arena de la playa al Océano, Enero 1978	35
21	Rocas preexistentes en la base de la playa	36

Figura		Página
22	Espigón de San Miguel, y el crecimiento de la nueva berma con material del arroyo.	37
23	Regeneración de la playa con material <u>trans</u> portado por el arroyo	38
24	Material del arroyo rodeando el espigón	39
25	Pérdida de arena en todos los perfiles	42
27	Erosión de la sección seis	44
28-35	Diagramas de Refracción	47-54

LISTA DE TABLAS

Tabla		Página
1	Promedios mensuales de precipitación (mm) D.G.G.M., SAG. 1976.	7
2	Promedios mensuales de temperatura (°C) D.G.G.M., SAG. 1976	7
3	Precipitación mensual en Ensenada para 1977 y 1978	7
4	Alturas y períodos de las olas, en aguas pro- fundas, para las dos mayores cantidades de -- trabajo.	55
5	Las dos mayores cantidades de trabajo mensual	56
6	La razón de transporte como peso inmerso	57

I. INTRODUCCION

A) Breve descripción histórica del evento.

En agosto de 1976 cerca de San Miguel, B. C., ocurrieron algunos fenómenos geológicos denominados deslizamientos. El primer deslizamiento aconteció el 16 de agosto de 1976, durante este evento se agrietó una porción de la carretera y una parte del cerro anexo se derrumbó sobre ella. El día 23 del mismo mes ocurrió otro deslizamiento de mayores proporciones, este originó la destrucción de varias casas y que una parte de la carretera se moviera hacia la costa. También como consecuencia de este deslizamiento, una porción del fondo oceánico emergió creando una pequeña laguna en las proximidades de la costa. En el transcurso de los meses siguientes se hicieron varios arreglos para poner en funcionamiento la carretera y prevenir posteriores derrumbes. Debido a esto, una gran cantidad de tierra fue removida y vaciada al mar, llenando así, la laguna que se había formado. Esta obra originó una nueva fuente de material en la línea de costa, el cual quedó expuesto a la acción de las olas y a su consecuente erosión y transporte. Todos estos procesos han producido modificaciones apreciables a la morfología costera en la zona de San Miguel, B. C. (figura 1).

B) Objetivo.

El propósito principal de este estudio es examinar los cambios ocurridos en la playa San Miguel debidos al deslizamiento y a la adición de nuevo material vertido a la línea de costa, lo que vino a constituir una nueva fuente de arena para la playa. Los cambios se describen en cuatro etapas:

- 1o. Antes del deslizamiento.
- 2o. Inmediatamente después del deslizamiento.
- 3o. Un año después del deslizamiento.
- 4o. Un año y medio después del deslizamiento.

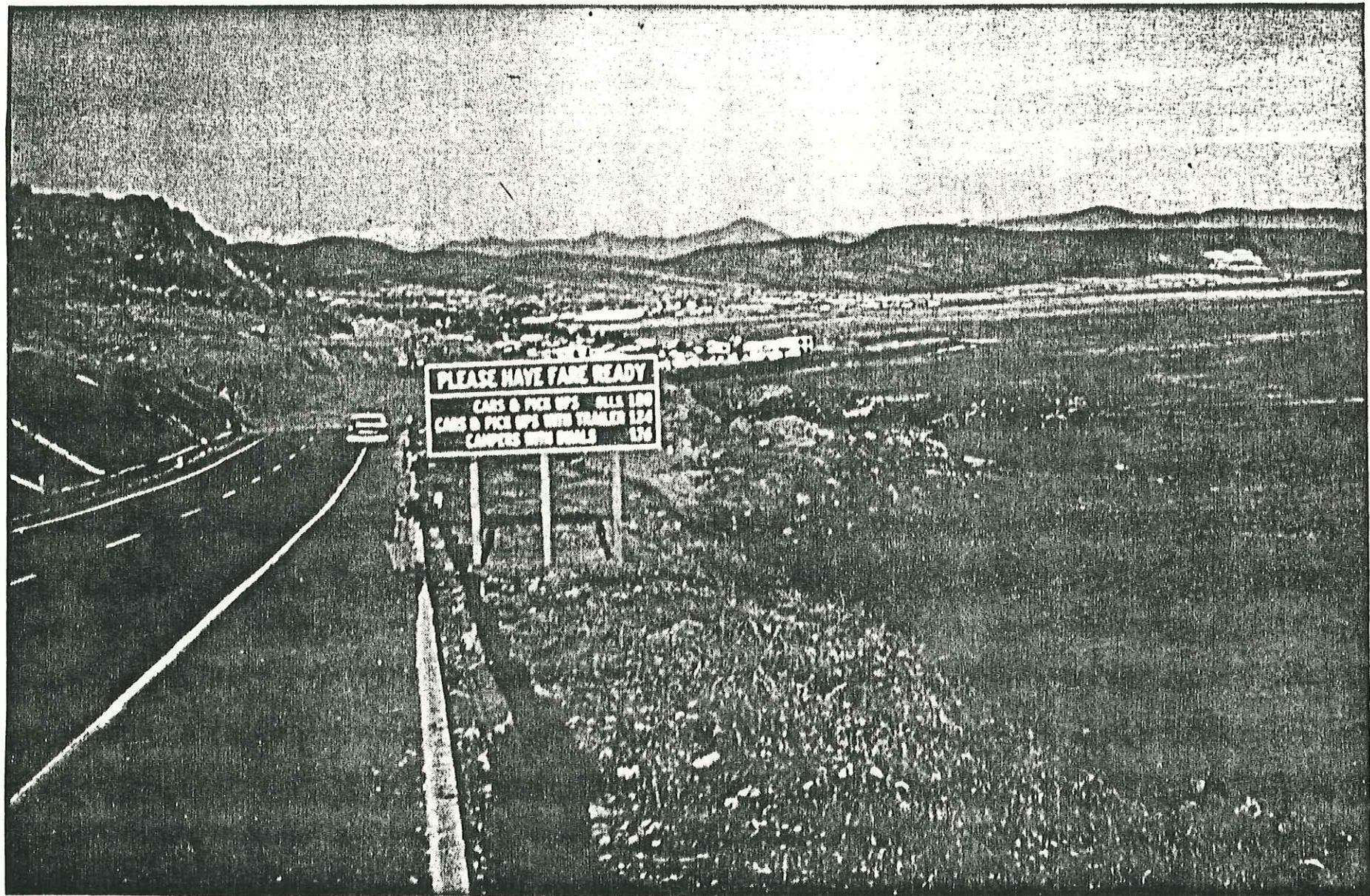


FIG. 1.- ZONA DE ESTUDIO. NOTESE EL LEVANTAMIENTO DE LA TERRAZA DE LA ANTEPLAYA, Y LA LAGUNA GENERADA COMO CONSECUENCIA DEL DESLIZAMIENTO. (FOTO DE M.K GAUGHAN)

II. DESCRIPCION DEL MEDIO AMBIENTE EN ZONA DE ESTUDIO

A) Geología Fisiografía y Litología.

La Bahía de Todos Santos ha sido descrita por varios autores (Gordon, Phillips y Allison, 1971), (Shepard, 1971), (Lizárraga, 1972). Ellos encontraron que la Bahía de Todos Santos tiene su origen netamente tectónico; y está formada por rocas ígneas y sedimentarias del Cretácico Superior. La costa Norte de la bahía ha sido clasificada como costa secundaria ya que el mar ha moldeado su línea según Shepard (1971), citado por Lizárraga (1972). Esta costa está formada por playas de bolsillo angostas, terrazas y acantilados marinos, estos últimos están cortados sobre sedimentos del terciario (Estudio Regional de Ensenada, 1974). Un poco al Norte de Punta San Miguel, se encuentran varias terrazas de origen marino formadas probablemente por los cambios eustáticos del nivel del mar durante el pleistoceno. Desde El Sauzal hasta cerca de Punta Morro, se localiza una playa angosta formada por la acción erosiva de las olas sobre los cantiles, los cuales están integrados por areniscas marinas y conglomerados de aluvial, de pie de monte, del terciario. La arena de la playa es gruesa y se encuentra mezclada con cantos rodados.

De Punta Morro a la Cd. de Ensenada, la costa está formada por roca ígnea extrusiva, principalmente de basalto y andesita, sólo interrumpida por una playa de bolsillo (playitas).

La costa Este de la bahía, la zona comprendida entre el puerto de Ensenada hasta la boca del Estero de Punta Banda, está formada por una playa ancha de arena blanca de tamaño medio bien clasificada. Esta playa está limitada en su parte posterior por dunas bajas y una meceta de pie de monte. La costa, desde la boca del Estero a la base de Punta Banda consiste de una barra arenosa, que se origina al pie de Punta Banda y se prolonga hasta la entrada del estero.

La costa Sur de la Bahía de Todos Santos está limitada --

por un cordón montañoso que corre normal a la orientación general de la Península de Baja California. Esta cadena montañosa, está compuesta de basalto y estratos de arenisca y calizas del Cretácico Superior, los cuales fueron descritos por Beale - - (1948), citado en el (Estudio gráfico Regional de Ensenada, - - 1974). La costa de Punta Banda, tanto en su lado Norte como - Sur, es muy irregular y rocosa con cantiles cortados casi verticalmente, interrumpidos sólo localmente, por pequeñas playas de bolsillo (Estudio gráfico Regional de Ensenada, B. C., 1974).

La zona de San Miguel está formada por tres clases de rocas sedimentarias (figura 2). En esta figura observamos médanos del cuaternario (Qd) los cuales cubren la desembocadura -- del arroyo y la playa de San Miguel. Más al Oeste se encuentran un conjunto de rocas sedimentarias pertenecientes a la formación del grupo Rosario Marino (Krm) (Gordon et al, 1971). - También en esta zona se observa una gran variedad de estructuras geológicas, mismas que están integradas por diferente material y muestran una estratigrafía horizontal bien definida: de areniscas, canto rodado, conglomerados y lutitas, todas pertenecientes a la formación Rosario. En la parte superior de estas formaciones encontramos Basalto del Mioceno (Allison et al, 1970).

La playa San Miguel está formada por arena, la cual comprende tres tamaños: Gruesa, mediana y fina. También se observa la presencia de rocas del tamaño de canto rodado en la parte inferior de la misma y no presenta material calcáreo. - Es notable la presencia de material oscuro basáltico de dimensiones mayores a un milímetro.

B) Condiciones Meteorológicas

El clima de Ensenada es del tipo semi-seco ó Mediterráneo y está caracterizado por fuertes brisas especialmente de mayo a julio. La temporada de lluvias es en la época de invierno,-

BAJA CALIFOR

Reconocimiento Geológico preparado por los
Universidad Autónoma de Baja C.
y San Diego State College.

COMPILADA POR:

R. Gordon Gastill

Edwin C. Allison

1971

LEYENDA

ROCAS

**Roca Sedimentaria
POST-BATOLITICA**

Roca
BATOLITICA

CUATERNARIO
si
Us

ad
granularità

Of	fluvial
Of	lacustrine

! tonal re
gration

PLIOCENO	
tpm	marine
tpf	fluvial

gabro
diabaso

mm	MIocene
mf	marine
	fluvial

Ka **total use**

Terciario Inf.
 recana paleoceno
 marino fluvial
 conglomerado

Keb	kelembaban udara
Kem	kelembaban
Ket	ketahanan

CRETACICO SUP.	
Kr Kiri	Formación Rasio, marino
Kil Kus	Formación Redondo. Turista

At	Artistas
por	votados
	no diferenc

Roca Volcánica
POST-DATOLITICA

Qu
Tf.
Tml

Cuaternario
plioceno
mioceno, basito y andesita

ph	meta sedimentaria	
phs	sequencia Paleozoica	
el	plazirg	
arn	amfibolita	
sch	esquistos	
gn	gneiss	
pl-q	quartzito	comum
ph	na diferenciado	gn
mp	plutônica	
	metamórfica	metatita

Typ Time	Proceno, Micoano
100 100	100 100

Typ	Time	Notes

FIGURA.-2 DESCRIPCION GEOLOGICA DE LA ZONA DE ESTUDIO SAN MIGUEL. B.C.

(FOTO DE J. FELIPE PLAZA)

de diciembre a marzo, con valores superiores a los 40 mm de precipitación. El promedio anual de precipitación es de 176.1 mm. La tabla 1 muestra los valores promedio mensual de precipitación en un período de 19 años (1941 a 1970). La temperatura media anual es de 16.5° C con un rango de 7° a 25° C. La tabla 2 muestra los valores promedio de temperatura en un período de 20 años (1941 a 1970) (Servicio Meteorológico Nacional, 1976).

El 80% de las observaciones diarias durante 11 años, indican que el viento proviene del Noroeste, especialmente durante los meses cálidos del año (Alvarez, 1971). Los vientos predominantes en esta región son del Régimen de Brisas con vientos del Noroeste con intensidades promedio de 4 m/s (Boria Albin, 1943), citado por Alvarez (1971).

Alvarez (1970) también observó vientos de dirección variable de septiembre a febrero. Sus intensidades fueron moderadas de 8 a 10 m/s. Los vientos del Este y Noroeste se caracterizan por su escasa humedad y altas intensidades cerca de 20 m/s. Estos persisten durante el día y la noche por dos o tres días denominándose condición "SANTANA" y es común que se presenten en la época de otoño (Alvarez, 1971). Los datos de Alvarez (1971) sugieren que es más común observar vientos con intensidades de 4 a 6 m/s provenientes del Oeste y Noroeste durante el resto del año.

La clase de tormentas que afectan a Ensenada son del tipo denominado Ciclones de Invierno y Tormentas Tropicales (Chubascos). El origen de los primeros, es en las altas latitudes durante las tormentas de invierno que ocurren de diciembre a marzo. Las tormentas tropicales tienen su origen en la costa Oeste de México. Estas ocurren casi exclusivamente durante los meses de julio a octubre produciendo lluvias en las zonas montañosas y es más común encontrarlos en el Sur de Ensenada.

TABLA #1. Promedios Mensuales de Precipitación (mm)

	Ene	Feb	Mzo	Abr	May	Jun	Jul	Ags	Sep	Oct	Nov	Dic
Total	37.6	24.3	23.2	19.3	8.0	0.2	1.1	1.6	0.2	9.8	14.3	36.4
Máxima	152.0	119.5	87.1	106.9	94.0	4.0	12.0	19.0	5.0	67.0	119.6	123.3
Mínima	2.0	2.0	1.0	3.3	1.0	0.0	0.0	1.2	0.0	1.0	1.0	1.0

TABLA #2. Promedios Mensuales de Temperatura (°C)

	Ene	Feb	Mzo	Abr	May	Jun	Jul	Ags	Sep	Oct	Nov	Dic
Prom. Max.	18.3	18.7	18.7	19.6	20.6	21.7	23.6	24.3	24.9	23.1	21.7	19.3
Prom Mín.	7.0	7.9	8.7	10.5	11.8	13.7	16.4	17.1	15.8	13.1	9.3	7.6

TABLA #3. Precipitación Mensual para 1977 y 1978 (mm)

	Ene	Feb	Mzo	Abr	May	Jun	Jul	Ags	Sep	Oct	Nov	Dic
1977	*	*	40.0	3.1	0.3	0.0	*	0.3	0.0	7.9	1.0	*
1978	155	134.7	98.6	*	*	*	*	*	*	*	*	*

* No hay datos

C) Condiciones Oceanográficas.

El arribo de las olas a la costa constituye un mecanismo muy importante para producir cambios físicos en la línea de costa. Estas erosionan los acantilados marinos, salientes y playas, transportando sedimentos de los deltas de los arroyos y los depositan en las barras arenosas y en las entradas a las lagunas costeras.

Aunque no existen medidas directas y continuas de las olas frente a las costas de Baja California, la climatología de olas para San Miguel se ha calculado del Marine Advisers (1961) de la estación "A" localizada a 250 Km al Oeste de Ensenada (figura 3) utilizando la técnica de predicción de Sverdrup-Munk-Bretschneider con el cual se obtiene la altura significativa y el período significativo. La ola significativa ($H_{1/3}$) se define como el promedio de la tercera parte más alta de un tren de olas determinado; el período significativo ($T_{1/3}$) es del período asociado con la altura de ola significativa. La tabla 4 muestra la altura y períodos de las olas significativas en aguas profundas, los que serán usados en la evaluación del transporte litoral.

En el área de San Miguel las olas que se presentan provienen del Océano Pacífico, tanto del Hemisferio Norte como del Sur. Las olas del Hemisferio Sur se originan durante las tormentas del Invierno Austral en las latitudes de Australia y Nueva Zelandia. Estas arriban a la zona de estudio durante los meses de agosto a septiembre, pero ocurren significativamente desde mayo a octubre. Las olas generadas en el Hemisferio Norte se originan durante los ciclones de invierno aproximadamente en las latitudes del Japón e Islas Aleutianas, llegando a la localidad de San Miguel durante los meses de septiembre a mayo.

La marea que se observa en San Miguel, B. C. es del tipo denominado "Marea Mixta". En la variación anual de la marea -

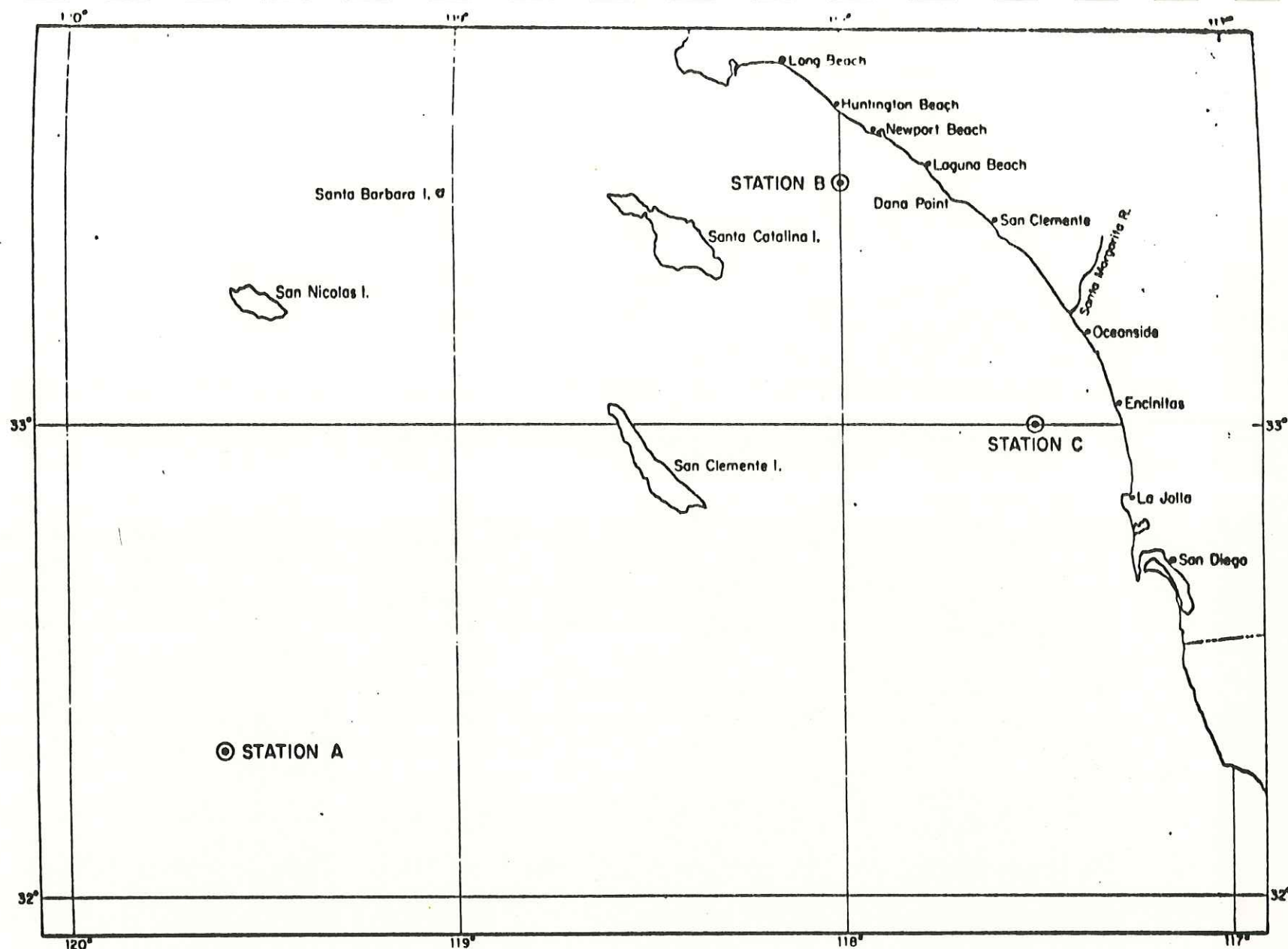


Fig. 3 Localización de la estación "A" para la obtención de datos de oleaje. (Marine Advisers, 1961)

se observan las máximas alturas en la época de invierno (mareas de Sicíguas). El rango máximo de la marea es de 2.60 m, la marea alta media anual es de 1.43 m y la marea baja media es de 0.27 m (Cárdenas Brachini, 1970).

La figura 4 muestra las condiciones de marea de sicíguas las cuales ocurrieron durante un período crítico, ya que ocurrieron en conjunción de grandes olas en el mes de enero de 1978, en el que las aguas del arroyo fueron capaces de rebasar la berma e iniciar la erosión de ésta y la playa adyacente al espigón de San Miguel.

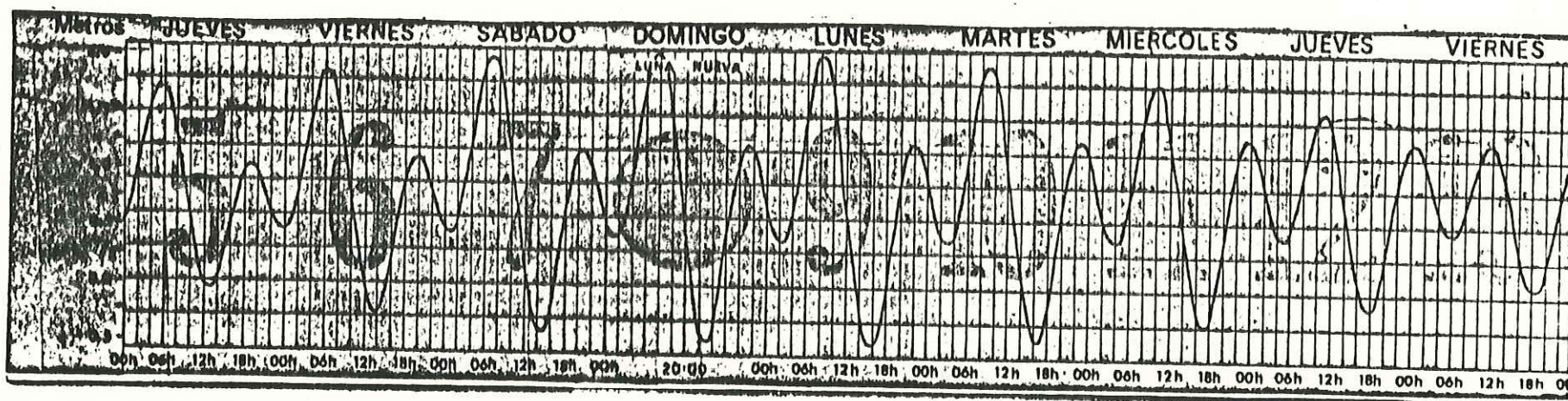


FIG. 4. - CONDICIONES DE MAREAS SICIGIAS EN ENERO DE 1978 (DEL CALENDARIO DE MAREAS PUBLICADO POR EL INSTITUTO DE GEOFISICA, U.N.A.M.)

III. EQUIPO Y METODOS DE TRABAJO

- 1 Vehículo de doble tracción.
- 1 Tránsito marca Rossbach, modelo TH-210, No. 1H872, de 1/10 de minuto de aproximación.
- 1 Nivel marca Rossbach, modelo NB-5, No. 69438
- 1 Cinta de lienzo ahulada de 50 m de longitud.
- 2 Estadales de charnela tipo dos en uno.
- 2 Balizas de 3.0 m de longitud.
- 2 Palas.

Para obtener un registro histórico de los cambios ocurridos en la playa San Miguel fue necesario realizar trabajos topográficos y fotográficos. Se tomaron varias fotografías para tener un registro completo de los cambios de la playa. El Dr. M. K. Gaughan y Rodolfo González V. generosamente ayudaron en esta parte del trabajo.

En primer término, se hizo la localización e instalación de los puntos de apoyo para el estudio en la playa de San Miguel. Para situar los puntos de referencia, se levantó una poligonal abierta siguiendo el método de medición directa de ángulos utilizando un tránsito de aproximación de un décimo de precisión. La poligonal se apoyó en los puntos R-18 y R-17 de la poligonal que la Secretaría de Marina hizo en 1976 (figura 5).

Se nivelaron todos los vértices de la poligonal iniciando esta nivelación en el punto R-18, el cual tiene una cota de -- 3.196 m sobre el Nivel de Bajamar Media Inferior (N.B.M.I.) el cual fue nuestro nivel de referencia. Para esto se utilizó el método de nivelación diferencial (tipo americano) utilizando un nivel basculante y dos estadales de charnela tipo dos en -- uno.

Se hicieron un total de seis perfiles normales a la playa; mismos que se obtuvieron en siete salidas al campo a partir -- del 30 de septiembre de 1977 al 15 de marzo de 1978. Para es-

- El Nivel de referencia es el Nivel de Baja Mar Media Inferior.
- Colas en metros.
- Fecha del levantamiento 10 de Octubre de 1977

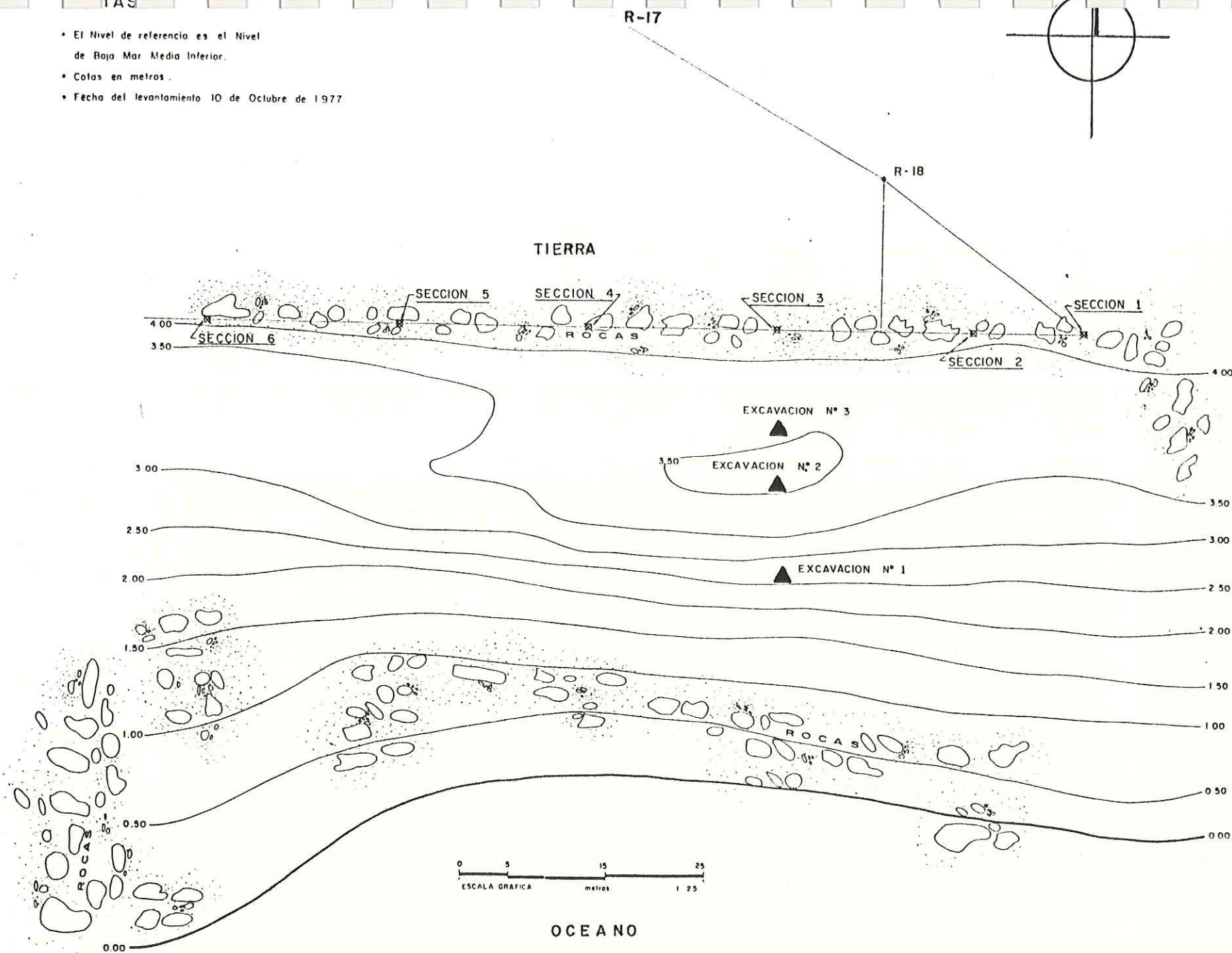


FIG. 5 - DISTRIBUCION DE SEDIMENTOS Y LOCALIZACION DE EXCAVACIONES EN PLAYA SAN MIGUEL, B.C. DISTRIBUCION DE PERFILES.

to se utilizó un tránsito para definir los azimutes de cada una de las secciones. En el levantamiento de los perfiles se utilizó un nivel basculante, un estadal y un par de balizas para guiar las enfilaciones de las mismas siguiendo el azimut previamente establecido para cada sección. La distancia entre los perfiles fue la siguiente:

Distancia entre perfiles

1o. y 2o.	11.49 m
2o. y 3o.	20.10 m
3o. y 4o.	19.19 m
4o. y 5o.	19.28 m
5o. y 6o.	19.40 m

Para la elaboración de los diagramas de refracción, se siguió el método empleado por Sollitt (Ocean Engineer Dept. Oregon State University) (Gaughan, comunicación personal, 1978). Para lo cual es necesario conocer:

1. El período y dirección inicial de la ola.
2. La batimetría del lugar.

Se inicia el diagrama en aguas profundas en donde se cumpla la relación $h/L \geq .5$. En donde h es la profundidad y L la longitud de ola. Se eligen puntos sobre la ola, los cuales serán el inicio de las ortogonales. Se escoge un intervalo de tiempo Δt para el avance de la ola entre 5 y 20 segundos. Se calcula el fondo promedio entre la posición actual de la ola y la que tendría en el intervalo de tiempo Δt elegido. Se calcula, el avance de la ola con la fórmula:

$$\Delta x = \frac{gT}{2\pi} \tanh(kh)\Delta t$$

la que nos define la nueva posición de la ola en el intervalo de tiempo escogido. Se trazan líneas perpendiculares de cada uno de los puntos elegidos en la ola, y se avanza cada uno de ellos la distancia Δx calculada, después se unen todos en su nueva posición. Se trazan nuevas líneas perpendiculares en ca

da uno de ellos y se calcula de nuevo la distancia de avance, -
continuándose así sucesivamente hasta la zona de rompientes.

IV. CAMBIOS FISICOS DEBIDOS AL EVENTO

A) La región antes del evento.

La playa San Miguel se localiza del lado Oeste del espigón, el cual sirve de barrera al transporte sedimentario unidireccional que se presenta en ese lugar, dicho transporte se origina por el rompimiento de las olas, las cuales siempre forman un ángulo agudo con la línea de costa. Esto será tratado con mayor detalle en la siguiente sección. La figura 6, muestra la zona de interés antes del deslizamiento. El arroyo localizado en el extremo Oeste de la playa es de flujo intermitente, el cual --- transporta rocas y arena hacia la línea de costa, mismos que -- son depositados en el delta. Este nuevo material de playa después es removido por la incidencia de las olas hacia el espigón; una parte de este material es atrapado por dicho espigón aumentando así la playa, y la otra porción es transportada más al Este del espigón.

El espigón se construyó entre 1960 y 1964 (Tomás Robertson, comunicación personal). El volumen del material atrapado ha variado considerablemente de acuerdo con la versión de los residentes de la localidad. La playa de San Miguel en 1976 antes de que ocurriera el deslizamiento mostraba una morfología muy distinta a la presente; la cara de la playa estaba formada por cantos rodados de 15 cm como diámetro medio, la berma se constituía de arenas en las que predominaba la presencia de material obscuro de origen volcánico. El diámetro de éstos granos era de un milímetro a milímetro y medio. El material restante era de cuarzo con un rango de 0.125 a 0.25 mm. La pendiente de la playa era de 0.13 como valor medio a todo lo largo de la misma (figura 7).

La línea de costa antes de que ocurriera el deslizamiento era bastante uniforme desde el lugar del deslizamiento hasta el espigón. Una parte de la línea de costa lo constituye una ba-rra rocosa, la cual está creciendo hacia el Este de acuerdo con el transporte unidireccional que ocurre en ese lugar.

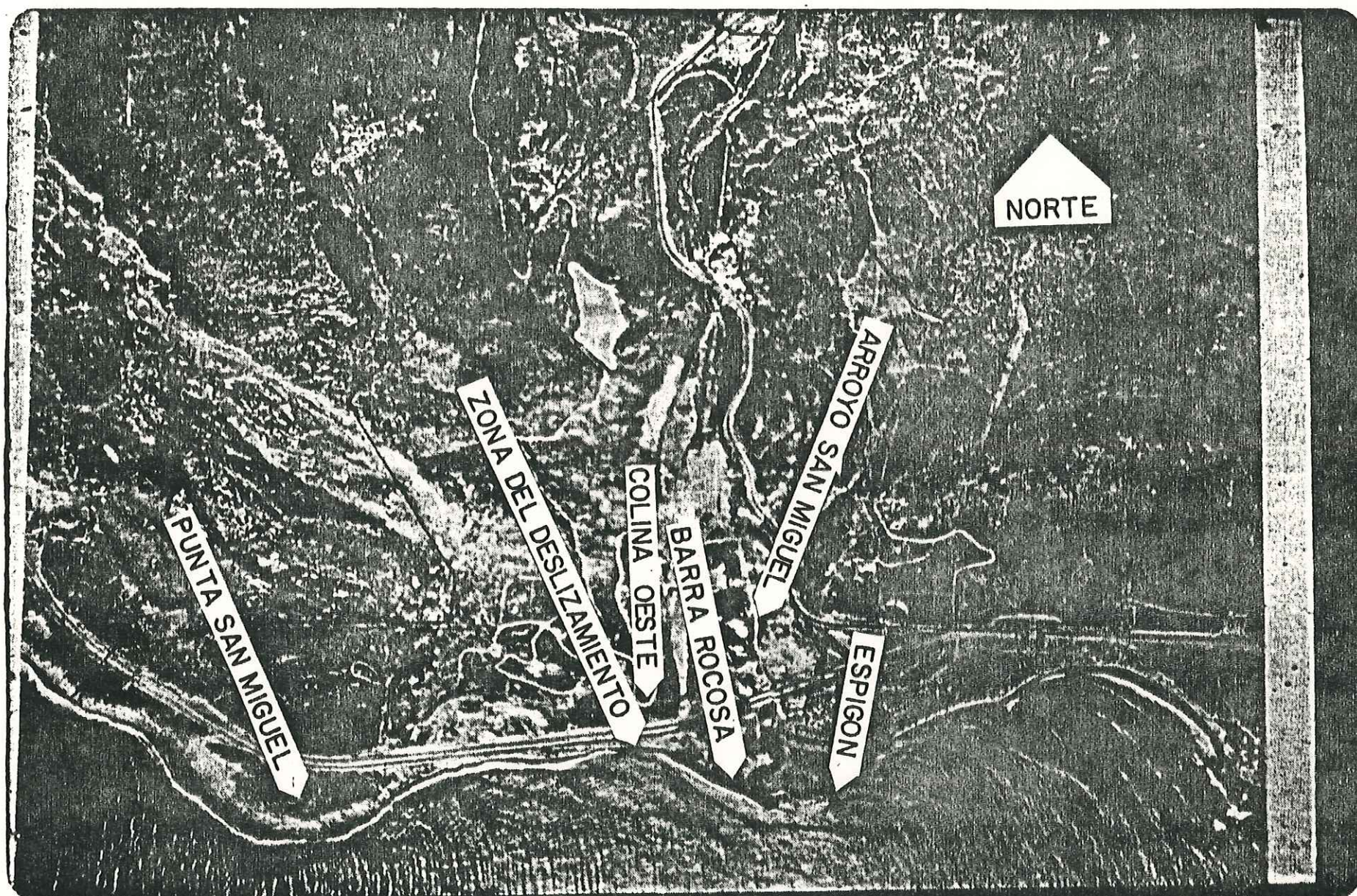


FIG. 6.- LA ZONA DE SAN MIGUEL ANTES DEL DESLIZAMIENTO DE AGOSTO DE 1976. NOTESE LA LINEA DE COSTA BASTANTE UNIFORME Y EL ÁNGULO AGUDO DE INCIDENCIA DE LAS OLAS.
(FOTO CONTRIBUIDA POR G.ROBERTSON DE VILLA DE SAN MIGUEL.)



FIG. 7.- LA PLAYA ANTES DEL DESLIZAMIENTO. NOTESE LA COMPOSICION DEL MATERIAL DE LA CARA DE LA PLAYA Y LA LONGITUD DE LA MISMA RESPECTO AL ESPIGON. (FOTO DE M.K. GAUGHAN)

B) Secuencia de los deslizamientos.

La zona del deslizamiento se localiza a 500 m al Oeste de la playa San Miguel (figura 6). Los deslizamientos ocurrieron en una secuencia de tres eventos por separado desde el 16 al 23 de agosto de 1976. El tipo de evento que dió origen a la formación de la laguna es denominado "deslizamiento de rotación". Este fenómeno alteró la línea de costa provocando un afloramiento de la terraza de la anteplaya.

Los factores involucrados en esta clase de movimientos de tierra son: El clima, agentes erosivos, composición y textura de las rocas, esfuerzos internos de corte y las fuerzas gravitacionales; los cuales tienen un comportamiento muy distinto, pero que necesitan estar interrelacionados cuando se produce un deslizamiento. En este caso de estudio las posibles causas del deslizamiento son: La aparente suavidad del material del lugar, al demasiado peso concentrado en la cabeza del deslizamiento, el cual aumento los esfuerzos de corte, la infiltración de agua dentro de la masa deslizada, todo esto aunado a los esfuerzos gravitacionales.

Debido a que esto ocurrió en un período relativamente corto y la mayoría de los cambios ocurrieron durante el último deslizamiento, el 23 de agosto, únicamente se describe la disposición final de la zona. La longitud del pie del deslizamiento en la línea de costa es de 250 m aproximadamente, la distancia vertical desde el pie hasta la parte superior del deslizamiento es de 70 m.

La figura 8 es una fotografía de la pequeña laguna que se formó por el afloramiento. En esta se observa al margen derecho un promontorio de rocas y arena, las rocas estan cubiertas con pasto marino, el cual creció antes de que ocurriera el deslizamiento cuando las rocas formaban parte del fondo marino. - Mismas que actualmente se localizan a 5 m sobre el nivel medio del mar.

Este afloramiento es una nueva característica importante



FIG. 8.- LA LAGUNA QUE SE FORMO COMO CONSECUENCIA DEL DESLIZAMIENTO EL 23 DE AGOSTO DE 1976.
NOTESE A LA DERECHA EL PROMONTORIO DE ROCAS Y ARENA, MISMAS QUE ESTAN A 5 METROS
SOBRE EL NIVEL MEDIO DEL MAR. (FOTO DE M.K. GAUGHAN)

de desequilibrio en la línea de costa, ya que ésta se recorrió aproximadamente 50 m hacia el mar en esa zona (figuras 8, 9 y 11).

La antigua forma relativamente recta de la línea de costa es ahora en extremo curva (figuras 9 y 11), hay que hacer notar que esta zona, solamente está formada por rocas del tamaño de los cantos rodados, en donde la arena y el material más fino - ha sido transportado más al Este y hacia afuera de la costa.

En agosto de 1977, un año después del deslizamiento, se tomaron varias fotografías para describir los cambios de la línea de costa de la zona. Hay que notar que durante este período de doce meses hubo poca precipitación como se observa en la tabla 3. Las lluvias fueron insuficientes para que el flujo del arroyo aportara arena hacia la playa (comunicación personal M. K. Gaughan), lo que hace que el análisis del crecimiento de la playa sea mucho más fácil.

C) Arreglos en la zona del deslizamiento.

En la zona del deslizamiento se retiraron los sedimentos inestables para disminuir el peso en la superficie de fractura. En la figura 9 se muestra el lugar de "depositación" de estos sedimentos y se observa que la laguna y el afloramiento han sido cubiertos con este material hasta alcanzar el nivel de la carretera. También en la misma figura se observan los montículos de material que serán vertidos al mar por el acantilado. Una vez que este material se encuentre al pie del acantilado será transportado por la corriente litoral hacia el Este. Apparently la zona del deslizamiento es estable excepto en los últimos 25 m del escarpe principal, en donde los sedimentos no consolidados continúan cayéndose. Al terreno se le ha dado una pendiente menor para incrementar su estabilidad; también se han hecho conductos de desagüe y perforaciones para extraer agua del subsuelo (figura 10).

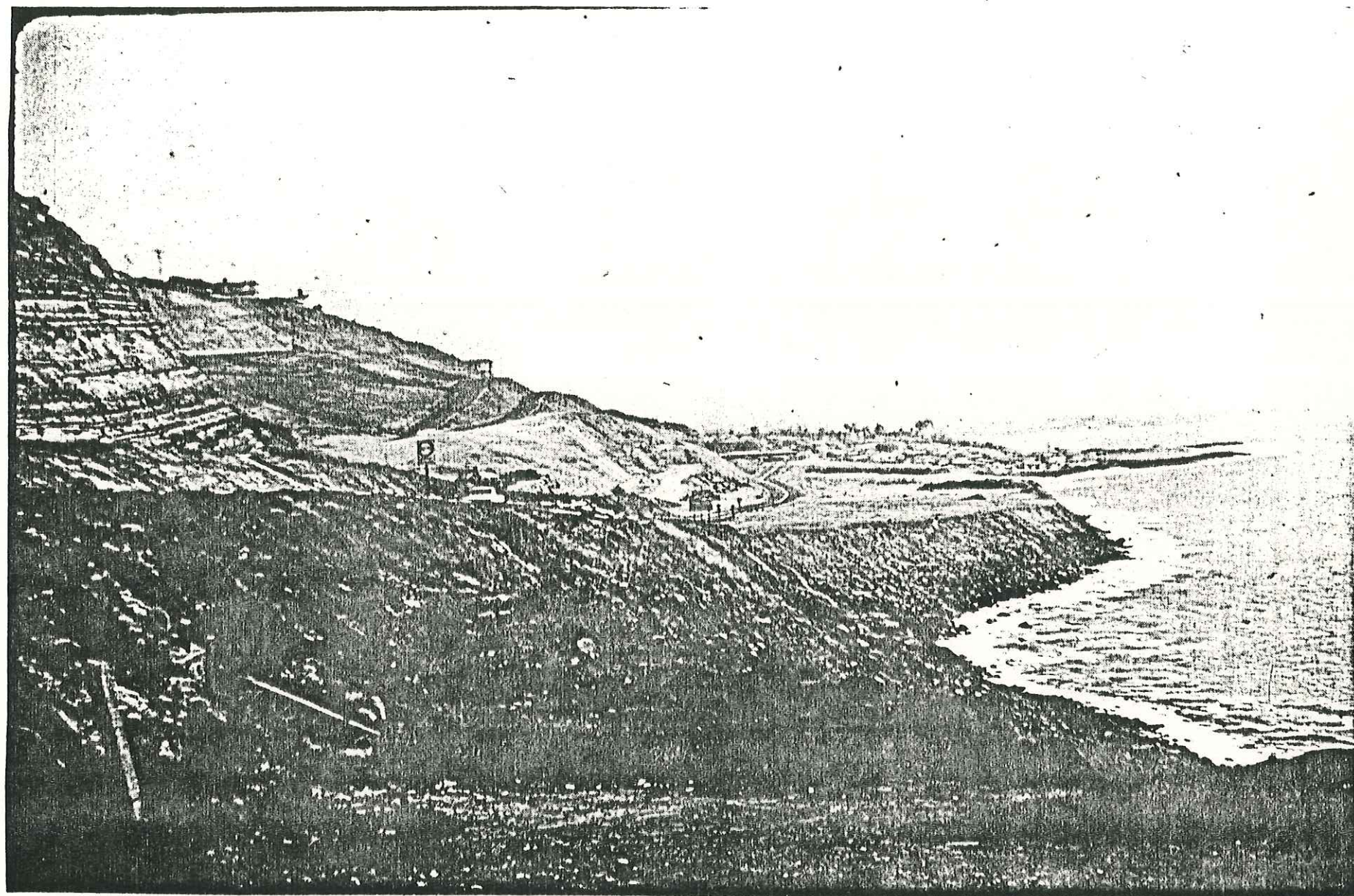


FIG. 9- ZONA DE DEPOSITACION DEL MATERIAL REMOVIDO DE LA SUPERFICIE DE LA FRACTURA. NOTESE QUE SE CUBRIERON CON DICHO MATERIAL, LA LAGUNA Y EL LEVANTAMIENTO DE LA TERRAZA DE LA ANTEPLAYA (FOTO DE M.K. GAUGHAN)

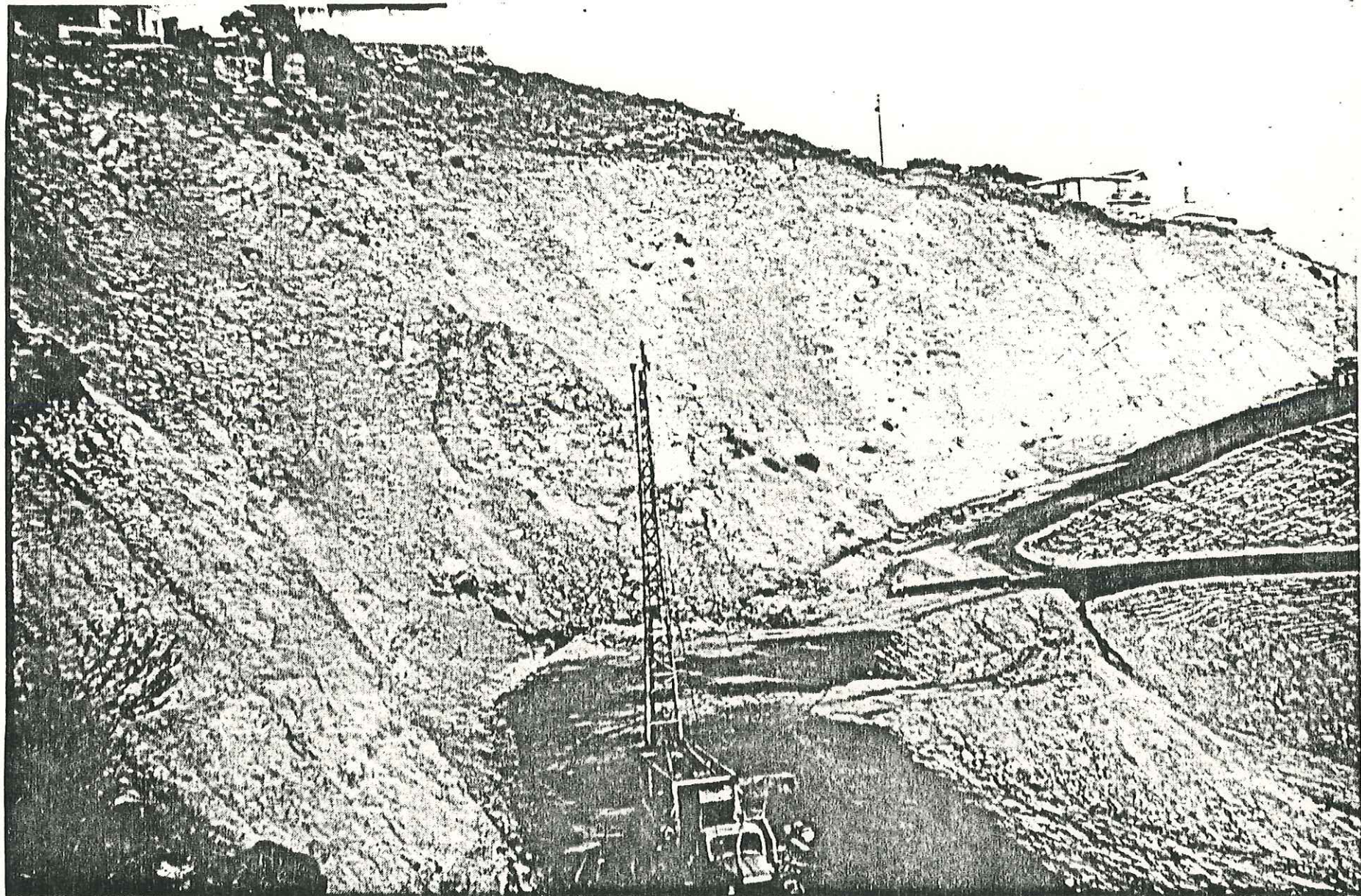


FIG. 10-ESCARPE PRINCIPAL DEL DESLIZAMIENTO. NOTESE LA CAIDA DE LOS SEDIMENTOS DEL
ESCARPE; TAMBIEN LAS NUEVAS PERFORACIONES Y LA NUEVA PENDIENTE DEL TERRENO
(FOTO DE M.K GAUGHAN)



FIG. II.- ZONA DE DESEQUILIBRIO AL ESTE DEL DESLIZAMIENTO. NOTESE LA AUSENCIA DE ARENA
Y DE MATERIAL MAS FINO, TAMBIEN OBSERVENSE LAS DOS BERMAS. (FOTO DE M.K. GAUGHAN)

D) Cambios en la playa.

La playa ha sufrido varios cambios litológicos y morfológicos como consecuencia del material atrapado por el espigón - desde la zona del deslizamiento (figura 12). Cuando se compara esta fotografía con la figura 7 se observa el crecimiento - de la playa con material arenoso. Este crecimiento también se observa en las laminaciones de las tres excavaciones realizadas en la playa de estudio (figuras 16 y 17), en las que se observa la diferente clase de material claro de cuarzo-feldespas to y oscuro basáltico que las forman, lo cual confirma nuestra hipótesis de los cambios observados en la playa San Miguel, de bidos a la nueva fuente de material. También este crecimiento se observa comparando las secciones transversales levantadas - del plano tipográfico de la Secretaría de Marina en abril de - 1976, con las realizadas en septiembre y octubre de 1977 (figu ras 13, 14 y 15).

Los cambios finales de la playa San Miguel ocurrieron en el período de enero a marzo de 1978, debido a fuertes tormen-- tas.

La tabla # 3 muestra la precipitación mensual del período de enero a marzo de 1978, la que marcó los mayores cambios de la playa:

- 1.- Cuando el flujo del arroyo destrozó la barrera de -- arena de la playa.
- 2.- La casi completa erosión de la arena de la playa.
- 3.- La regeneración de la misma, con grandes y pequeñas rocas que se depositaron durante la fuerte tormenta del mes de marzo de 1978.

El rompimiento de la barrera arenosa, se debió a la gran acumulación de agua en la laguna que se formó en la desemboca- dura del arroyo. En la figura 18 se observa la laguna y la -- playa antes de que ocurriera el rompimiento de la barra areno- sa. La laguna se llenó hasta alcanzar un valor muy cercano a su capacidad total debido a las siguientes fuentes:

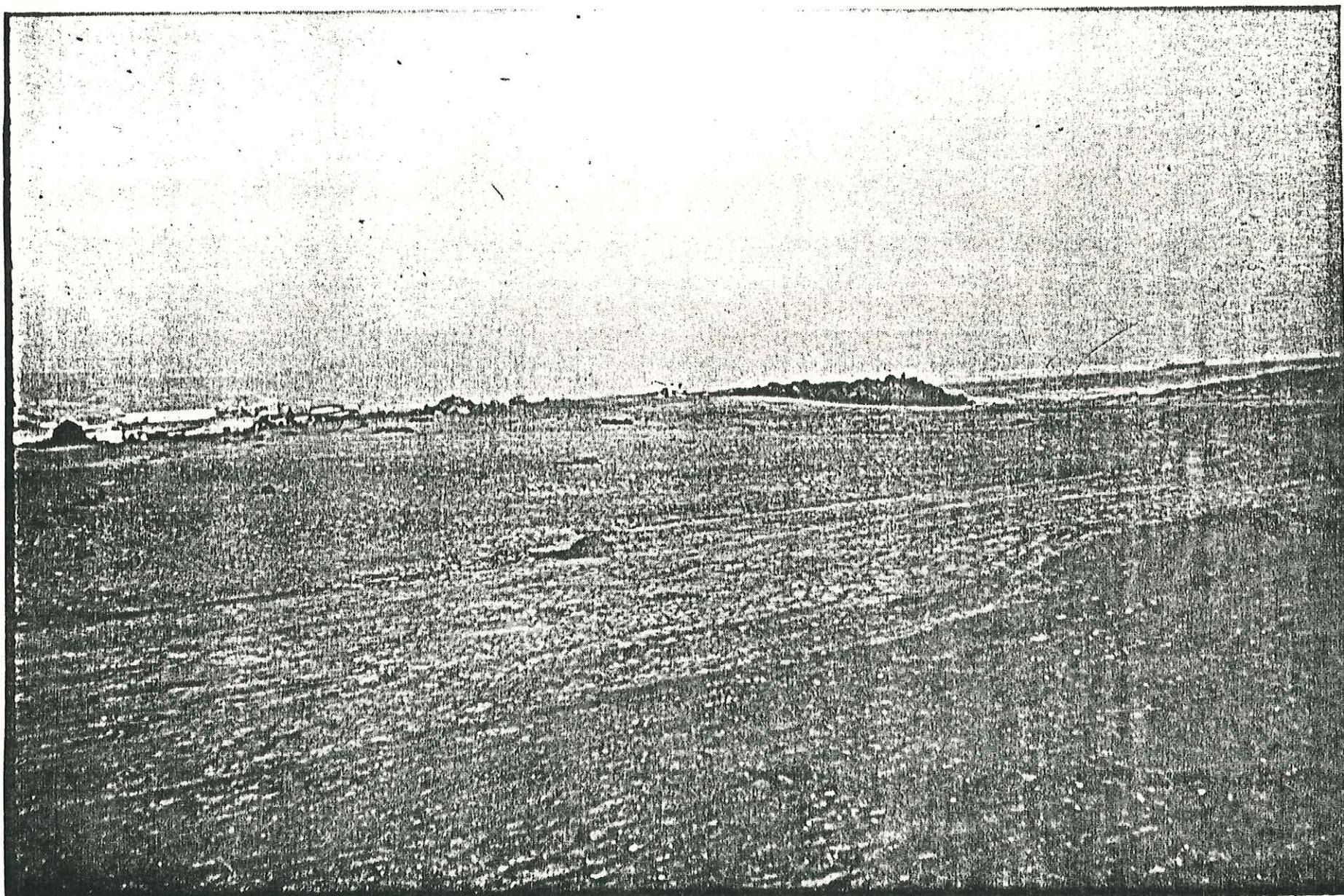
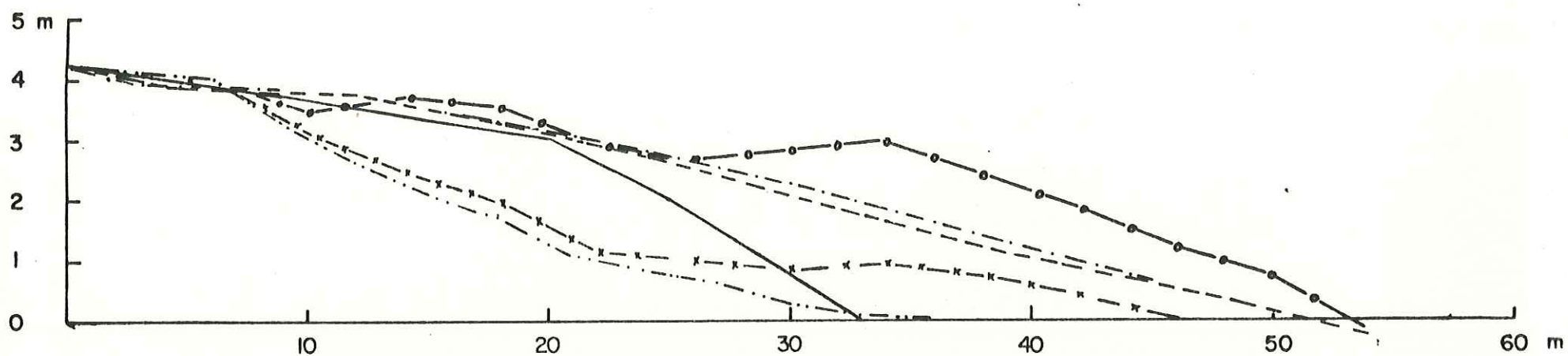
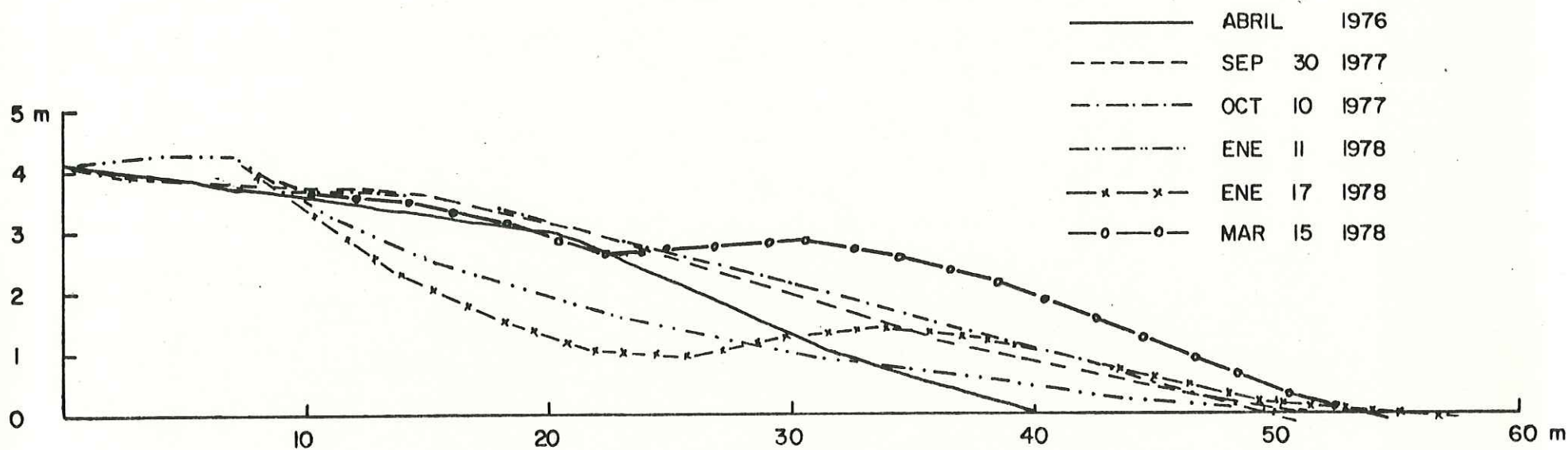


FIG. 12- OBSERVESE LA GRAN CANTIDAD DE ARENA ATRAPADA POR EL ESPIGON, OCTUBRE 1977.
NOTESE LA LONGITUD DE LA PLAYA RESPECTO AL ESPIGON. (FOTO DE M.K.GAUGHAN)



PERFILES DE LA PLAYA SAN MIGUEL, B.C.

SECCION I



PERFILES DE LA PLAYA SAN MIGUEL, B.C.

SECCION 2

FIGURA 13.- MUESTRA LOS PERFILES DE PLAYA SAN MIGUEL, B.C. LEVANTADOS A DISTINTAS FECHAS.

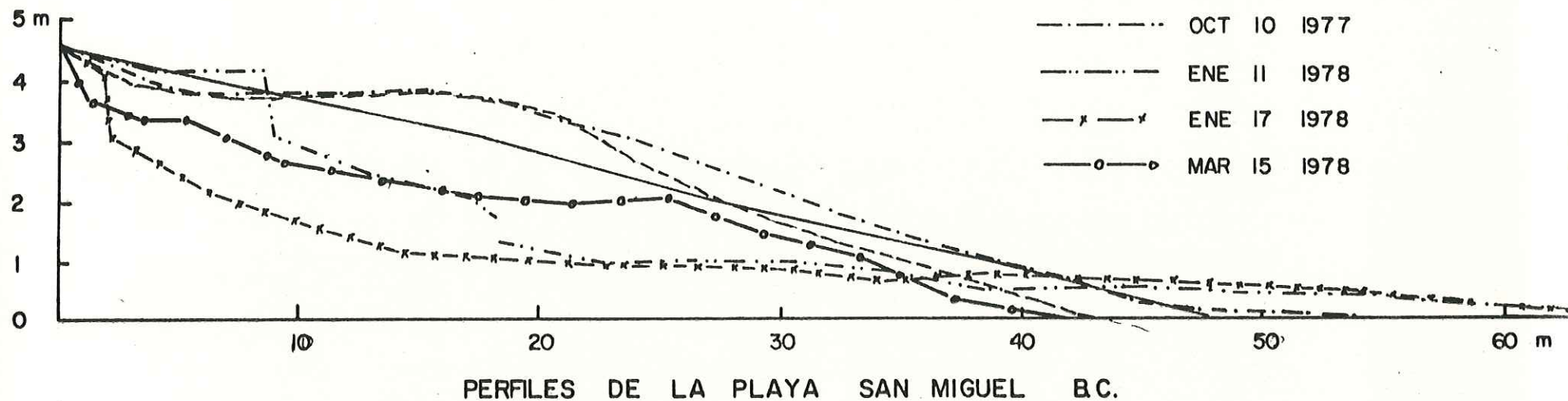
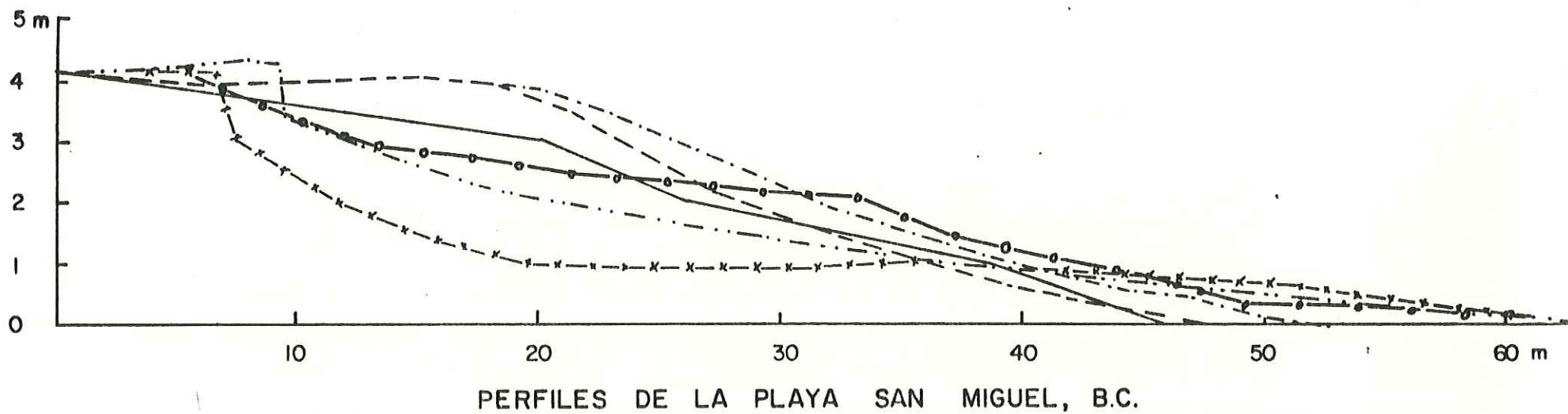
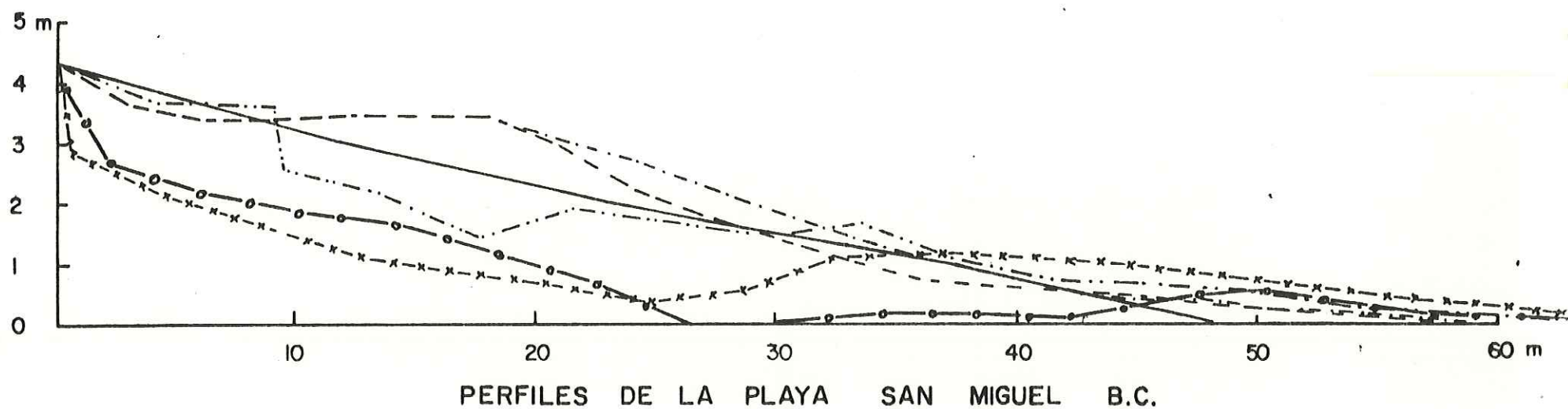
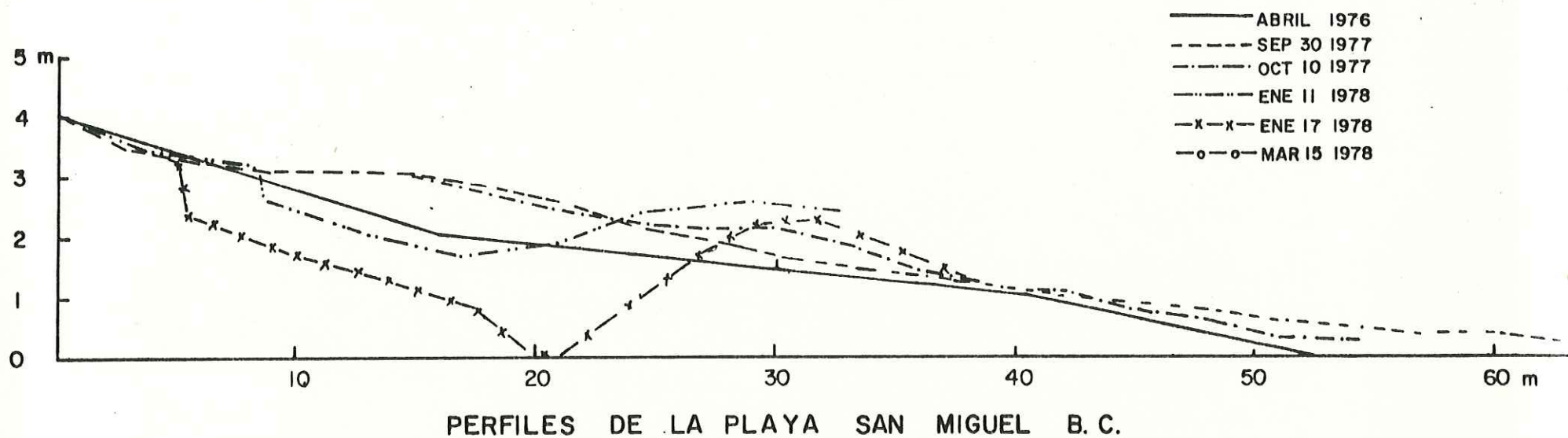


FIG. 14.- MUESTRA DE LOS PERFILES DE PLAYA SAN MIGUEL, B.C. LEVANTADOS EN DISTINTAS FECHAS



SECCION 5



SECCION 6

FIG. 15.-MUESTRA DE LOS PERFILES DE PLAYA SAN MIGUEL, B.C. LEVANTADOS EN DISTINTAS FECHAS

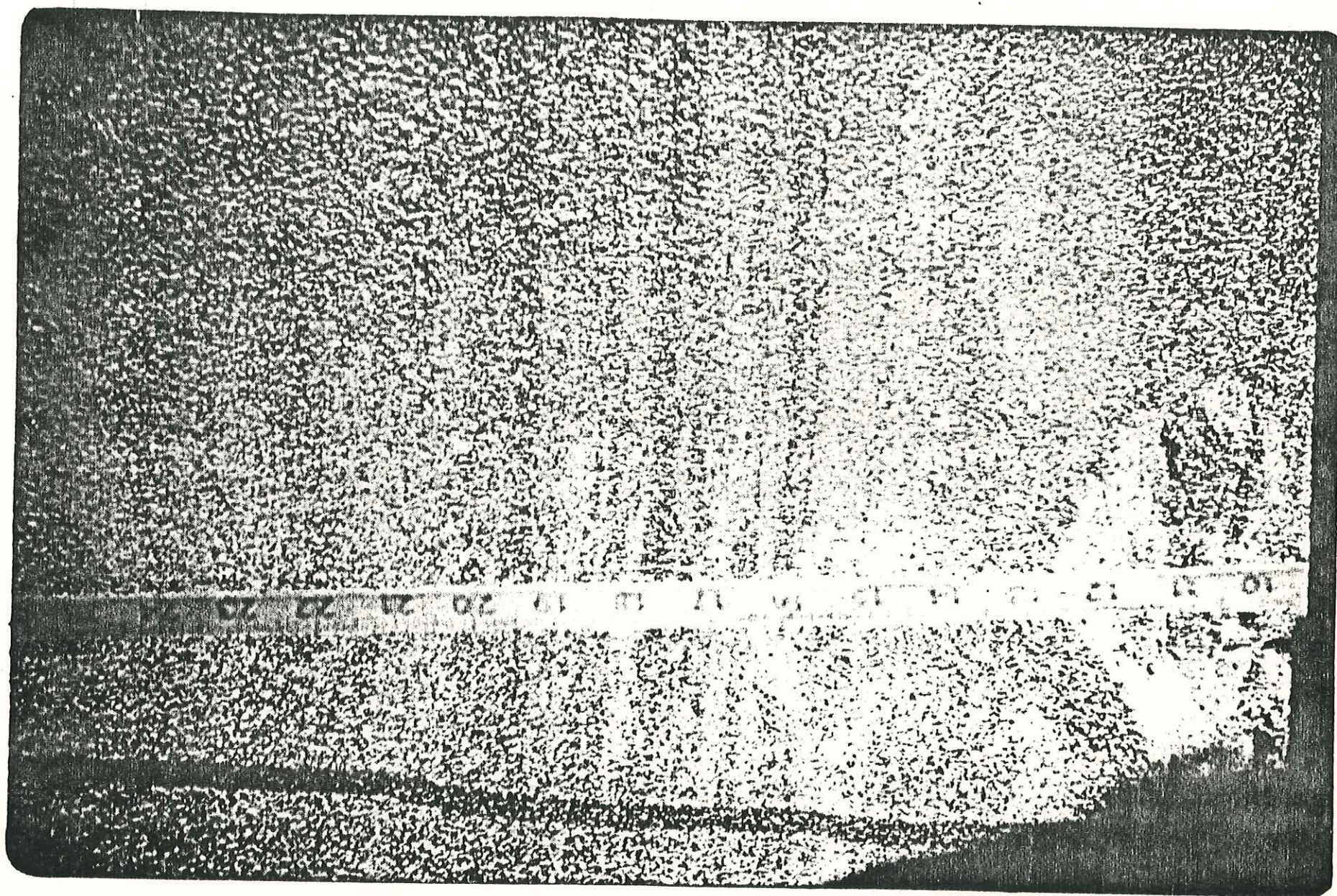


FIG. 16- LAMINACION DE LA PLAYA SAN MIGUEL, B.C. NOTESE LA LAMINACION, ESPESOR, COMPOSICION Y LA DISTINTA COLORACION DE LAS CAPAS. (FOTO DE M.K. GAUGHAM) 10 OCT 1978

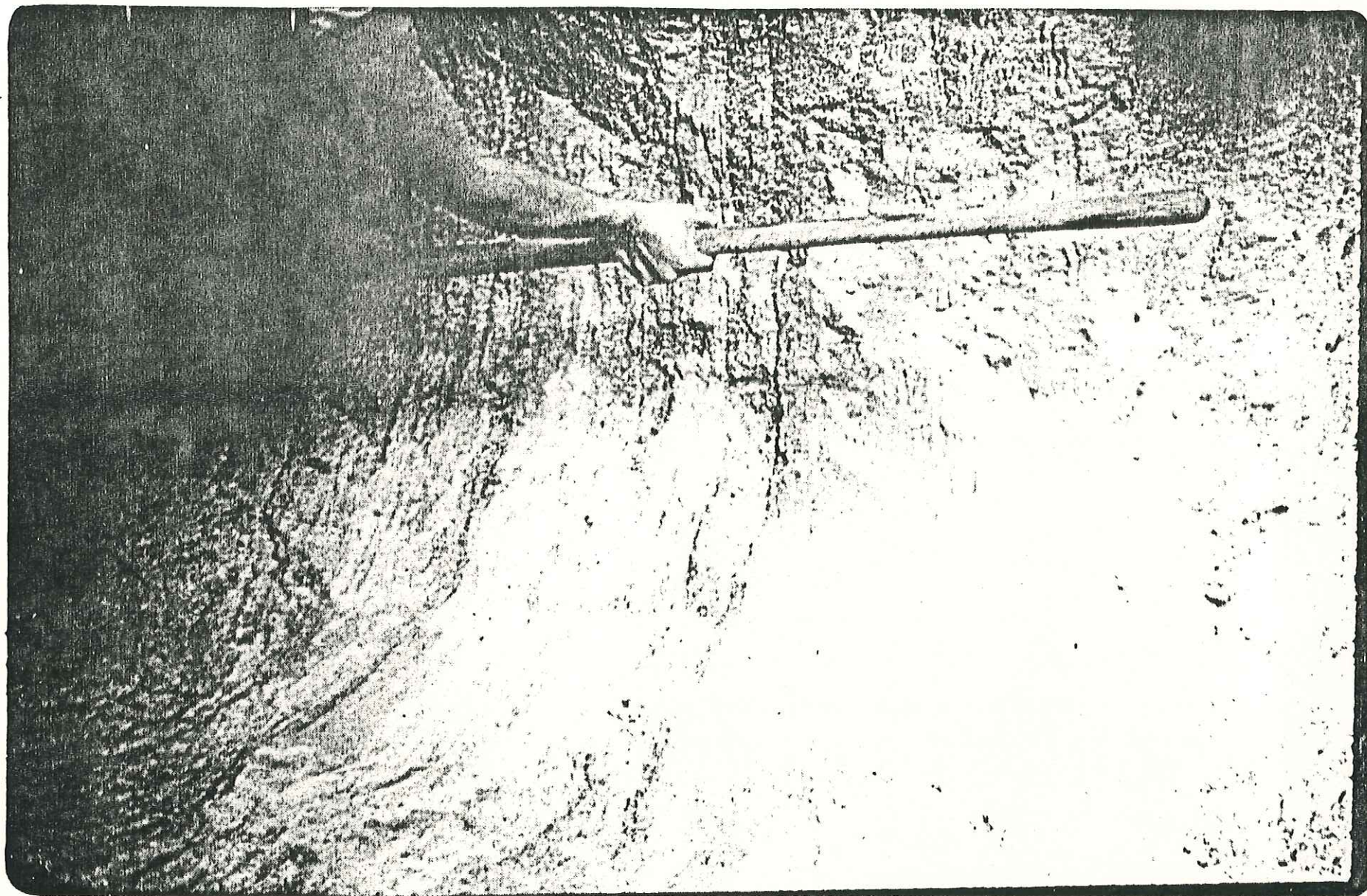


FIG.17- EXCAVACION REALIZADA EN LA PLAYA SAN MIGUEL, B.C. NOTESE LA LAMINACION, ESPESOR, COMPOSICION Y LA DISTINTA COLORACION DE LAS CAPAS. (FOTO DE M.K.GAUGHAN) 10-OCTUBRE 1978

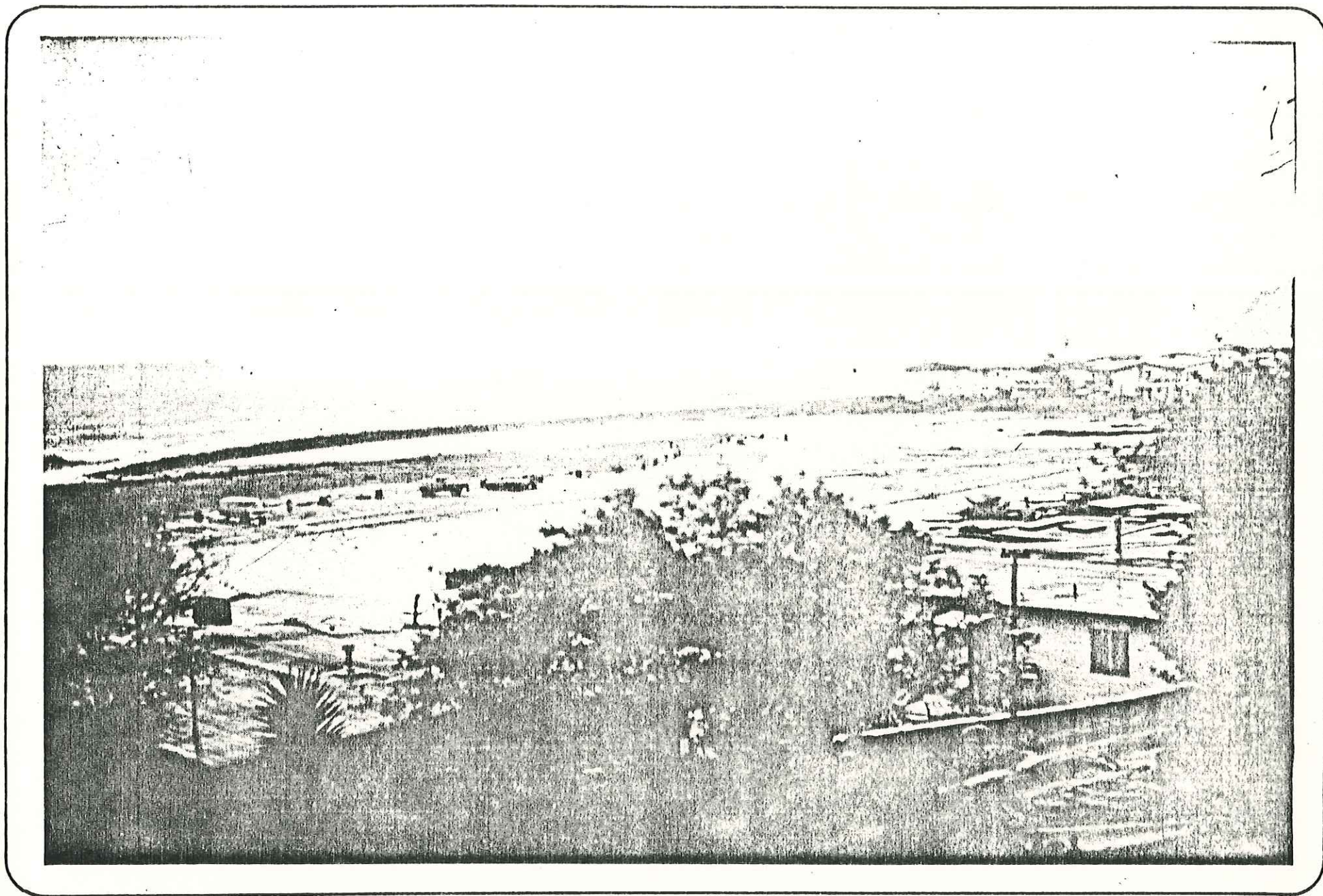


FIG.18-LA LAGUNA ANTES DE QUE SE ROMPIERA LA BARRERA ARENOSA, ENERO 1978
(FOTO DE M.K. GAUGHAN)

1. Las fuertes lluvias.
2. Las aportaciones de los escurrimientos de la cuenca -- del arroyo.
3. Al salto de las grandes olas sobre la barrera rocosa - durante las máximas mareas de sicíguas (figura 19).

Del 9 al 10 de enero de 1978 el nivel del agua de la laguna fue suficientemente grande para fluir a través de la barrera arenosa e iniciar la formación de un canal hasta la playa. Después de varias horas este canal se amplió transportando agua de la laguna y arena de playa hacia el mar (figura 20).

Las tormentas de enero y febrero continuaron manteniendo - el flujo del arroyo hacia el mar. Este flujo junto con el efecto combinado del transporte longitudinal a lo largo de la costa transportó el material sedimentario hacia el Este. Casi toda la arena de la playa fue erosionada quedando al descubierto las rocas que se encontraban en la base de la misma (figura 21).

Rocas y arena fueron transportadas hacia el Este rodeando el espigón y de esta manera formar una nueva berma temporal situada a 25 m aproximadamente en dirección al mar (figura 22). - En esta fotografía se observa que la nueva berma forma una pequeña cordillera mientras que la antigua continua en la base -- del espigón. Después, durante varios días de grandes olas este material se redistribuyó una porción a todo lo largo de la costa debido a la corriente litoral y la otra porción hacia la antigua berma.

Durante la primera semana de marzo de 1978 continuaron las fuertes lluvias y el flujo del arroyo se incrementó, hasta al--canzar la velocidad necesaria para transportar material del tamaño de los cantos rodados: El material transportado por el -- arroyo formó un gran delta en la zona de rompientes entre el espigón y la barra rocosa. Posteriormente las olas transportaron estas rocas para formar una nueva playa en las inmediaciones -- del espigón (figura 23). Parte del material del delta fue ---- transportado rodeando el espigón, dando origen a la nueva berma anteriormente citada (figura 24).

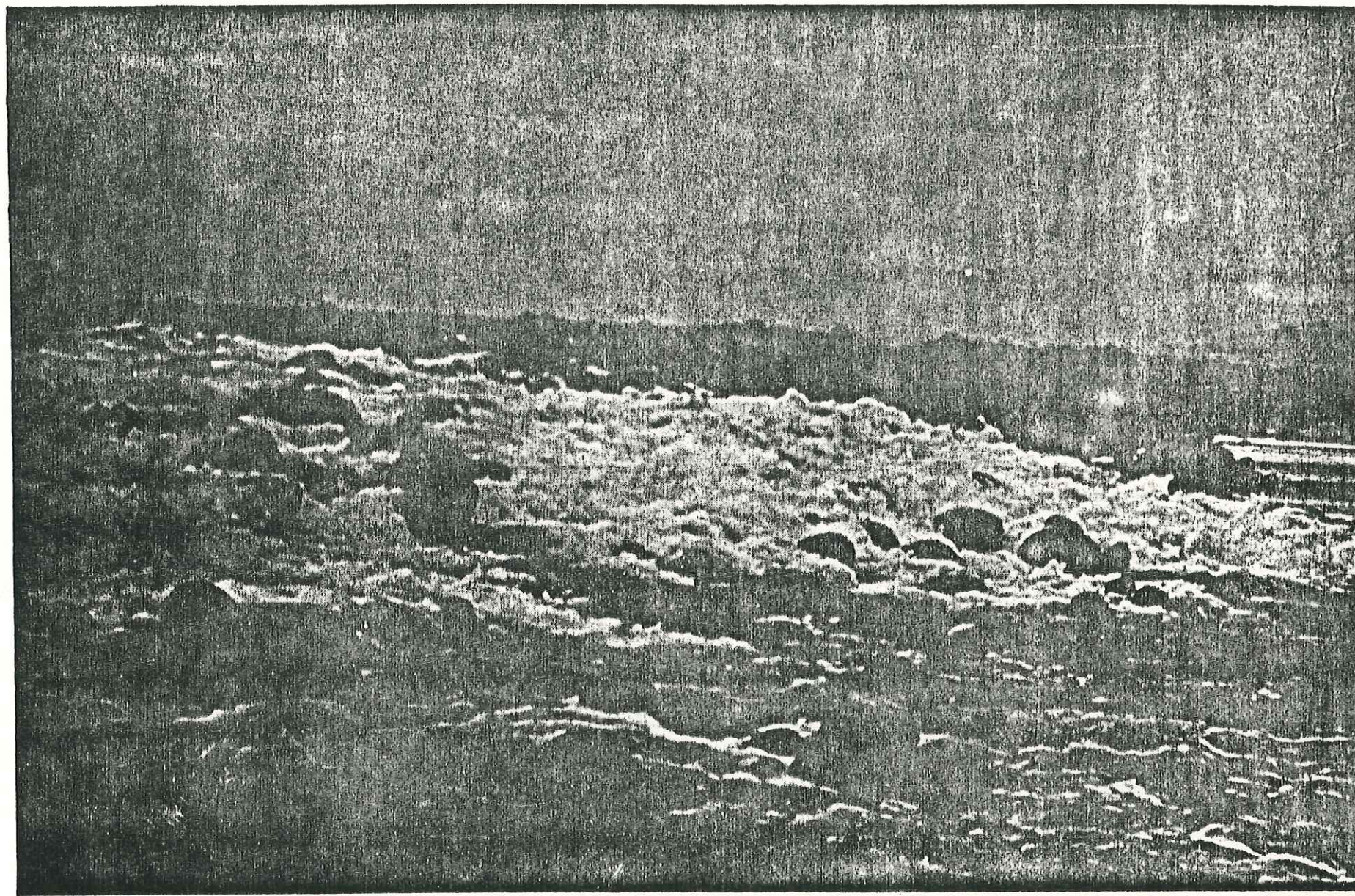


FIG.19- SALTO DE LAS OLAS SOBRE LA BARRA ROCOSA, EN MAREA DE SICIGIAS, ENERO 1978
(FOTO DE M.K. GAUGHAN)

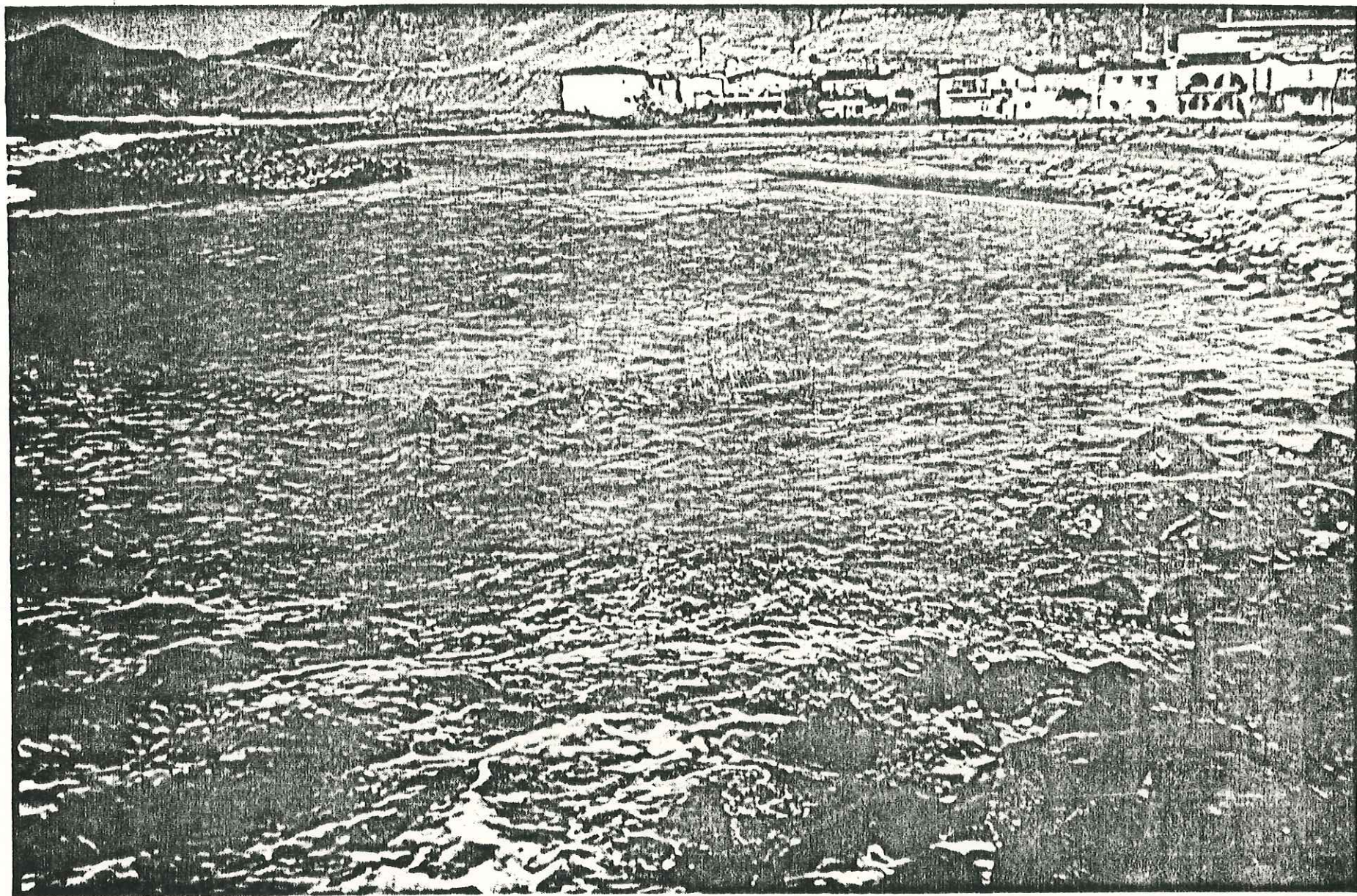


FIG. 20 - CANAL TRANSPORTANDO AGUA DE LA LAGUNA Y ARENA DE LA PLAYA AL OCEANO.
ENERO 1978 (FOTO DE M.K. GAUGHAN)



FIG. 21- ROCAS PREEXISTENTES EN LA BASE DE LA PLAYA. (FOTO DE M.K GAUGHAM)



FIG. 22.- ESPIGON DE SAN MIGUEL, SE OBSERVA EL CRECIMIENTO DE LA NUEVA BERMA CON MATERIAL DEL ARROYO. 31 MARZO, 1978. (FOTO DE M.K. GAUGHAN)

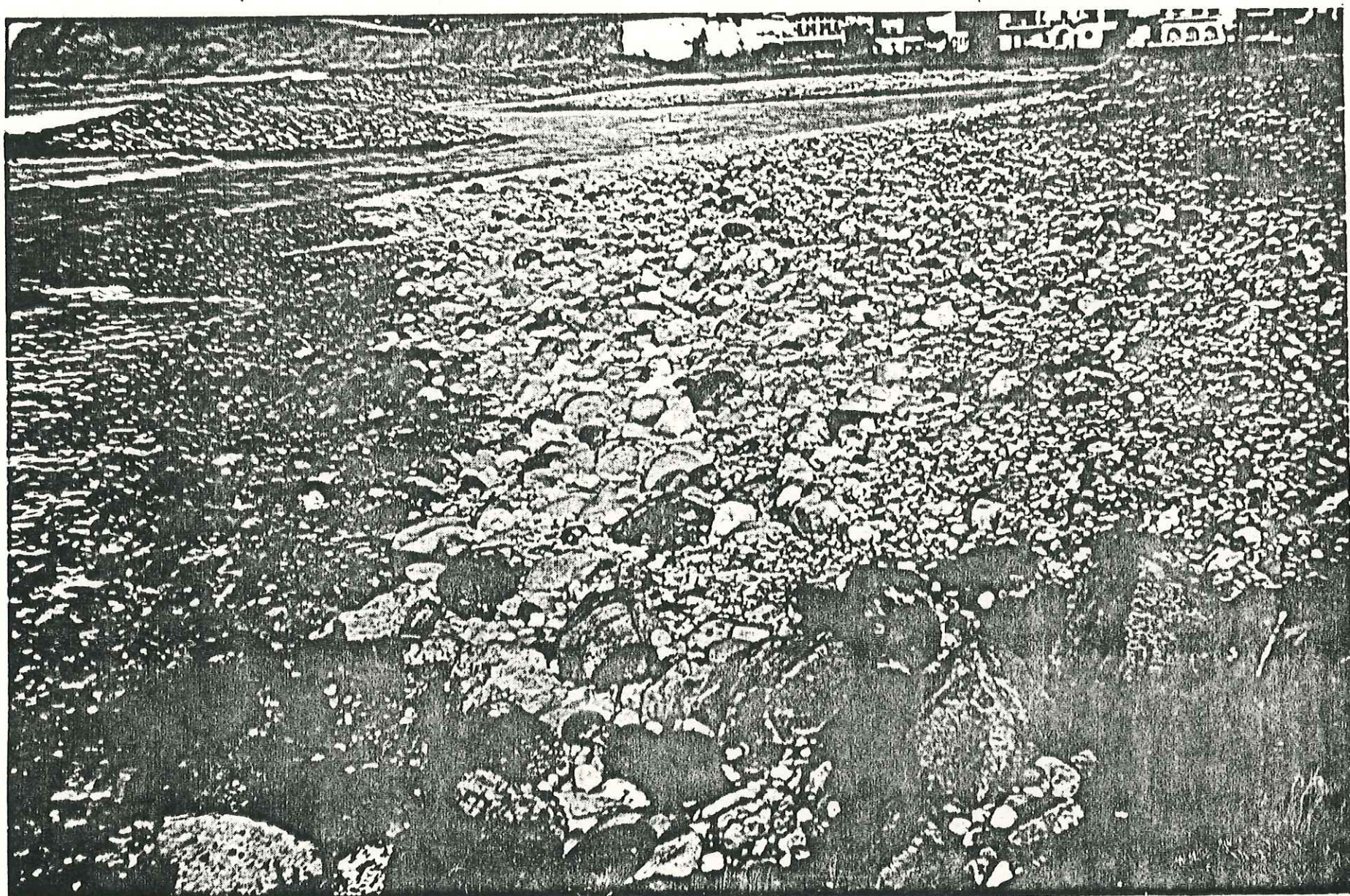


FIG.23.- REGENERACION DE LA PLAYA CON MATERIAL TRANSPORTADO POR EL ARROYO. NOTESE LA IGUALDAD DEL NUEVO MATERIAL DE PLAYA, CON EL QUE SE ENCUENTRA EN LA PARTE QUE OCUPABA LA LAGUNA. (FOTO DE M.K. GAUGHAN)

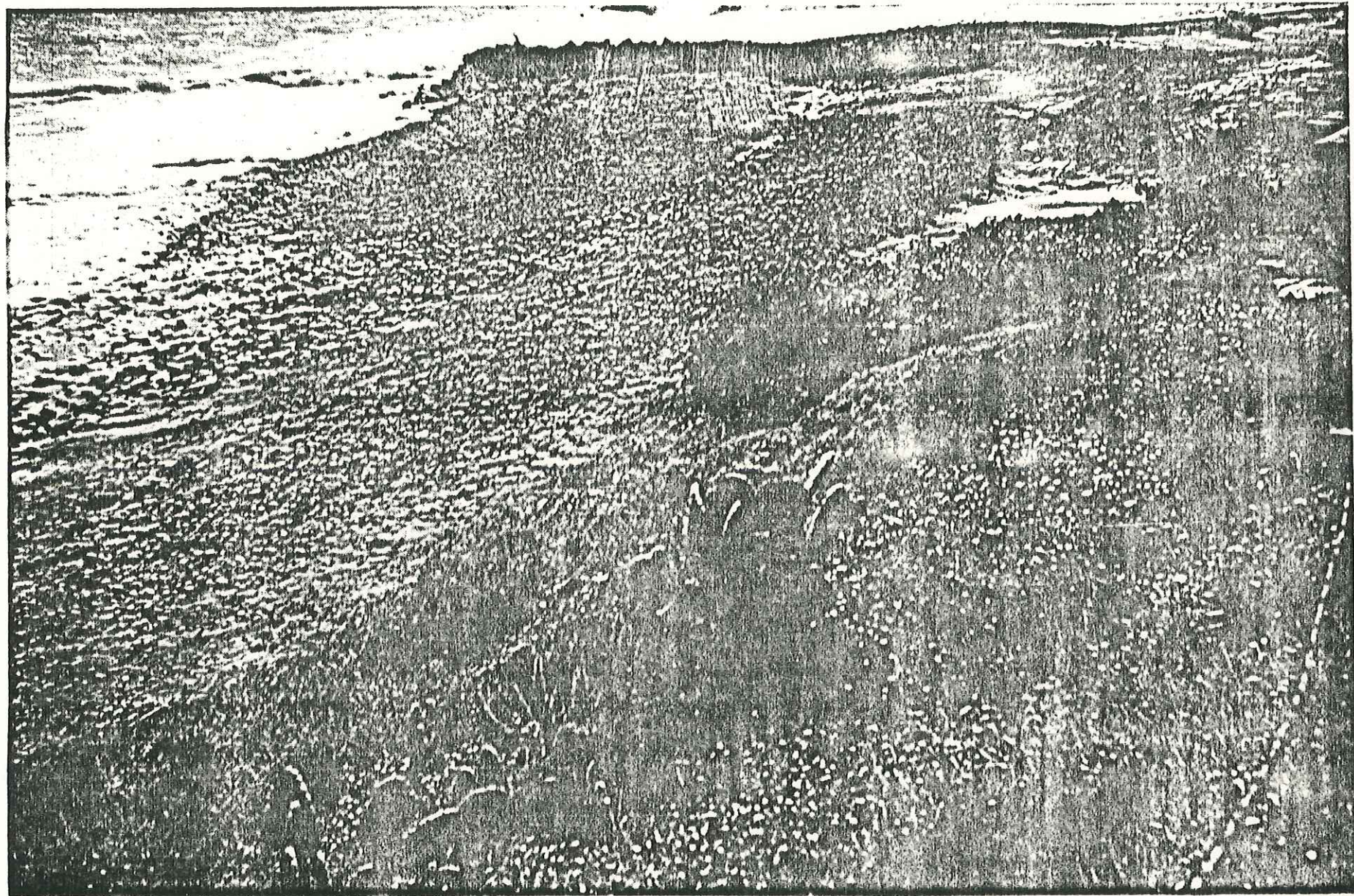


FIG. 24.- MATERIAL DEL ARROYO RODEANDO EL ESPIGON. 3 MARZO 1978 (FOTO DE M.K. GAUGHAN)

V. ANALISIS DE LOS CAMBIOS DE LA PLAYA SAN MIGUEL.

A) Perfiles de playa.

En los capítulos precedentes se hizo la descripción cronológica de los eventos que provocaron los cambios en la línea de costa, en este capítulo se discuten dichas fluctuaciones de la playa en términos históricos de los perfiles, diagramas de refracción y régimen de oleaje.

En abril de 1976, la Secretaría de Marina hizo un levantamiento topográfico de la zona de estudio el cual muestra las condiciones anteriores al deslizamiento. Desafortunadamente en dicho levantamiento se tomaron muy pocas medidas sobre la playa adyacente al espigón, por lo que se utilizaron fotografías de la playa para corregir y comprobar los perfiles que se elaboraron de dicho levantamiento. Se hizo un ajuste "neutral" de corrección a los perfiles, en donde se asumió que las áreas de erosión eran áreas sin cambio, aún cuando las fotografías indicaban cualitativamente alguna depositación.

En la figura 5 se muestra la localización de los perfiles, mismos que se levantaron en cinco ocasiones, en el período del 30 de septiembre de 1977 al 15 de marzo de 1978. Hay que notar los números de identidad: La sección No. 1 está cerca del espigón y la sección No. 6 se localiza más al Oeste hacia la barra rocosa. Los perfiles se hicieron normales a la playa.

Entre abril de 1976 y el 30 de septiembre de 1977, se agregó mucha arena a la playa desde la zona del deslizamiento. El mayor crecimiento ocurrió en la primera sección como era de esperarse, debido a los efectos de barrera del espigón (figura 13). El volumen total de arena entre el espigón y la sección No. 6 fue de $1,248.8 \text{ m}^3$, siendo esta una estimación muy baja de la depositación total debido al uso del ajuste neutral.

Diez días después, el 10 de octubre de 1977 se hizo otro levantamiento el cual muestra el crecimiento ocurrido en los seis perfiles de la playa; en diez días se agregó 828.2 m^3 a la misma. Desafortunadamente, no se hicieron más levantamientos -

sino hasta que ocurrió un segundo evento, el cual se produjo - la casi total erosión de la playa por las aguas de la laguna, - las cuales formaron un canal hacia el Océano. Observaciones esporádicas de los residentes de la localidad indicaron que sucedió un continuo crecimiento de la playa, desde el 10 de octubre de 1977 hasta poco antes del rompimiento de la barra arenosa -- ocurrido el 10 de enero de 1978. Al siguiente día del rompi--- miento, se hizo un levantameinto de la playa el cual mostró la drástica pérdida de arena en todas las secciones (figuras 13, - 14 y 15). La pérdida total de arena de la playa en solo 24 horas fue de aproximadamente $2,260.3 \text{ m}^3$. Hay que hacer notar el escarpe formado en la parte superior de la playa debido al flujo del arroyo (figura 25).

Del 15 al 17 de enero de 1978 ocurrió otra fuerte tormenta la cual produjo grandes olas (5 m de altura) y un gran flujo -- del arroyo, la combinación de estos dos agentes transportadores de sedimentos continuo alterando la playa. Entre las secciones No. 2 y No. 6 ocurrió una gran erosión (figura 25) al mismo --- tiempo algo de depositación ocurría en la parte inferior de la playa entre las secciones No. 2 y No. 5 a medida que el arroyo formaba un delta en la zona de rompientes.

El canal del arroyo corrió paralelo a la línea de costa -- hasta que fue desviado hacia el mar por el espigón; la erosión causada por este canal fué de $2,159.5 \text{ m}^3$ mientras que la deposi- tación en la desembocadura fué de 381.1 m^3 la erosión neta de la playa fué de $1,778.4 \text{ m}^3$.

Durante el período del 17 de enero de 1978 a fines de fe-- brero del mismo año, la playa continuá siendo erosionada por el flujo del arroyo y por la acción de las grandes olas, originadas por las frecuentes tormentas. A principios de marzo otro - período de tormentas incrementó el flujo del arroyo hasta alcanzar una velocidad desconocida, pero suficiente para transportar grandes rocas del tamaño de los cantos rodados.

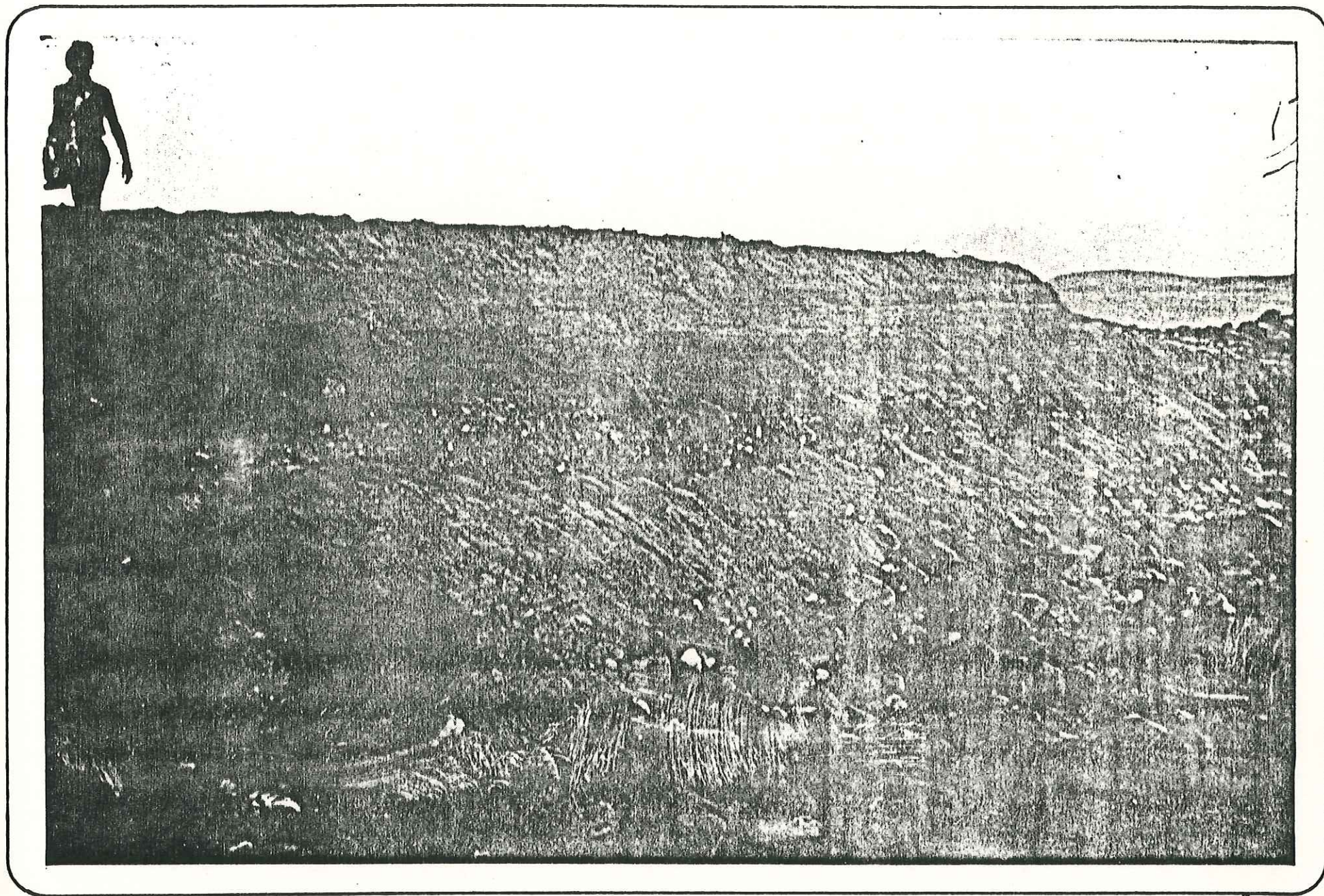


FIGURA 25.- PERDIDA DE ARENA EN TODAS LAS SECCIONES. NOTESE EL TALUD EN LA PARTE SUPERIOR DE LA PLAYA. (FOTO DE M.K. GAUGHAN)

El levantamiento del 15 de marzo de 1978 mostró claramente una gran depositación de rocas grandes y pequeñas, así como también algo de arena en la región anteriormente ocupada por el canal del arroyo. Los perfiles de las secciones No. 3, 4 y 5 mostraban erosión en la parte inferior de la playa, a medida que el arroyo era menos paralelo a línea de costa. Cuando se realizó este levantamiento la Sección No. 6 se encontraba en la cuenca del arroyo totalmente erosionada (Figura 27). La depositación total de rocas y arena del arroyo fué de $2,703.5 \text{ m}^3$, y la erosión en la parte baja de la cara de la playa por el canal del arroyo fué de $1,191.2 \text{ m}^3$.

B) DIAGRAMAS DE REFRACCION Y EL TRANSPORTE LITORAL.

En los diagramas de refracción, hechos para la zona de estudio, se observa que las crestas de las olas forman un ángulo de incidencia con la línea de costa, con un rango de 5 a 45° (Figuras 28 a 35). Estas producen una corriente litoral debido a la componente de movimiento de la ola a lo largo de la costa (Komar 1976). Las corrientes de oleaje son los principales agentes de transporte sedimentario. En las figuras 7, 12 se observa que este transporte de material vino a modificar la forma, posición y composición de la playa en San Miguel. El máximo transporte litoral ocurre cuando el ángulo de incidencia entre la cresta de la ola en su punto de rompiente y la línea de costa es de 40° aproximadamente para una esbeltez y energía de ola determinados (Timme, 1966). De los diagramas de refracción se obtuvo una burda estimación del ángulo de incidencia y se observa que el oleaje proveniente del Oeste y Noroeste forman los mayores ángulos con la línea de costa, entre los 25 a 45 grados; lo cual propicia un gran transporte de sedimentos hacia el interior de la bahía en la costa Norte, según el criterio establecido por Timme (1966).

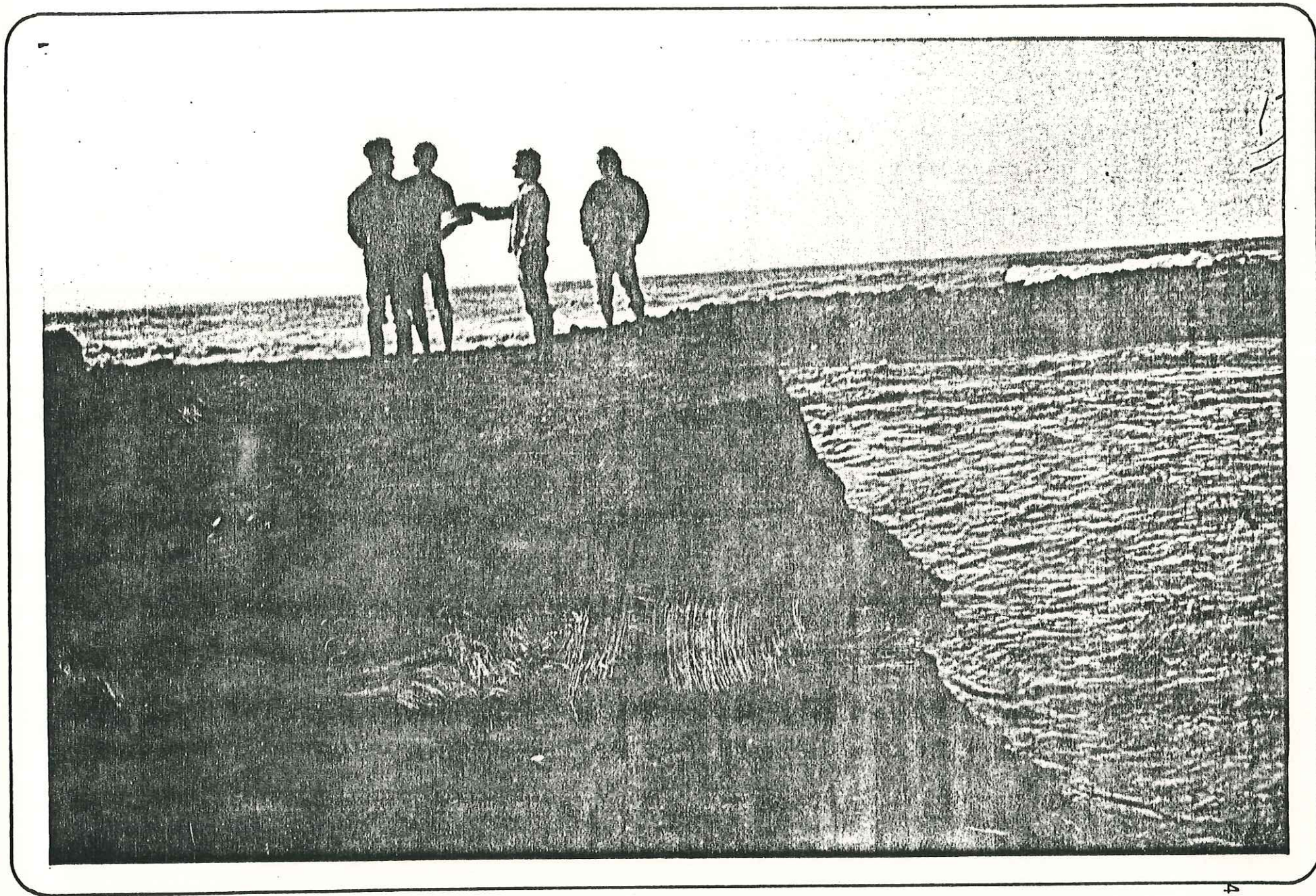


FIGURA 27.- EROSION DE LA SECCION SEIS. NOTESE EL ESCARPE DE APROXIMADAMENTE DOS METROS. (FOTO DE M.K. GAUGHAN)

C) Cambios físicos debidos al oleaje.

Un parámetro muy importante en los procesos costeros, es el trabajo (W) que se realiza sobre la costa, debido a la incidencia de las olas desde una fuente específica.

Dicho trabajo mensual (W) se define como el producto de la potencia instantánea de las olas (P), por su duración mensual para una altura de ola significativa en el período de estudio. La potencia de las olas (P), es el producto de E.Cg en donde (Cg), es la velocidad de grupo de las olas y E es la energía total de la ola por superficie unitaria:

$$P = E \cdot Cg$$

en donde E y Cg son calculados usando la teoría de ola de pequeña amplitud, ésta teoría en aguas profundas nos produce:

$$E = \frac{1}{8} \rho g H^2 \quad y$$

$$Cg = \frac{g}{4 \pi} T$$

en donde ρ es la densidad del agua, g la aceleración gravitacional, H la altura de la ola y T el período de la ola.

Por lo tanto el trabajo es $W = P.t$ en donde t es la duración mensual para un tren específico de olas.

Se calculó el trabajo total mensual (W) para cada una de las alturas y períodos significativos mensuales de la Tabla #4; para la evaluación de las dos mayores cantidades del trabajo mensual que se muestran en la Tabla 5, ya que es de gran importancia en la erosión y formación de playas.

Al aproximarse las olas a la línea de costa éstas son alteradas por los efectos de refracción y por la reducción del fondo (Ippen, 1966). Para determinar que efecto tienen estos dos fenómenos sobre las olas en la zona de rompiente en el lugar de estudio, se elaboraron diagramas de refracción para las diferentes

direcciones y períodos de arribo que se muestran en la Tabla 6. Los factores de reducción de fondo fueron calculados para las diferentes profundidades y alturas de olas para cada una de las direcciones y períodos; utilizando el criterio de aproximación de la rompiente:

$$H = h$$

en donde H, es la altura de la ola y h la profundidad local.

Si conocemos las características de las olas en la línea de rompiente, podemos calcular ó estimar la máxima razón de transporte como peso inmerso de arena que sucede a lo largo de la costa. De acuerdo con Komar (1976) la ecuación:

$$I\ell = 0.77 (ECn)_b \text{Sen}\alpha_b \text{Cos}\alpha_b$$

en donde $I\ell$ es la razón de transporte como peso inmerso, $(ECn)_b$ es el flujo de energía evaluado en la línea de rompiente. Lo que implica que:

$$(ECn)_b = \frac{1}{8} \rho g H^2 \sqrt{gH} \cdot 1$$

dado que $H_b \approx h_b$ entonces

$$(ECn)_b \approx \frac{1}{8} \rho g^{3/2} H_b^{5/2}$$

$I\ell$ es la razón de transporte "potencial" debido al hecho de que la arena no puede estar siempre presente en la zona de rompientes por no existir una fuente continua de arena. Esto es especialmente importante en San Miguel, debido a las fuertes corrientes que se presentan a lo largo de la costa y al hecho de que se profundiza rápidamente; interactuando los abastecimientos de arena del deslizamiento y del arroyo.

Por lo anteriormente expuesto es realmente importante la presencia del espigón en la zona de estudio, ya que sirve obstáculo al transporte de sedimentos; creando la playa de estudio y además influye en los cambios observados en ella.

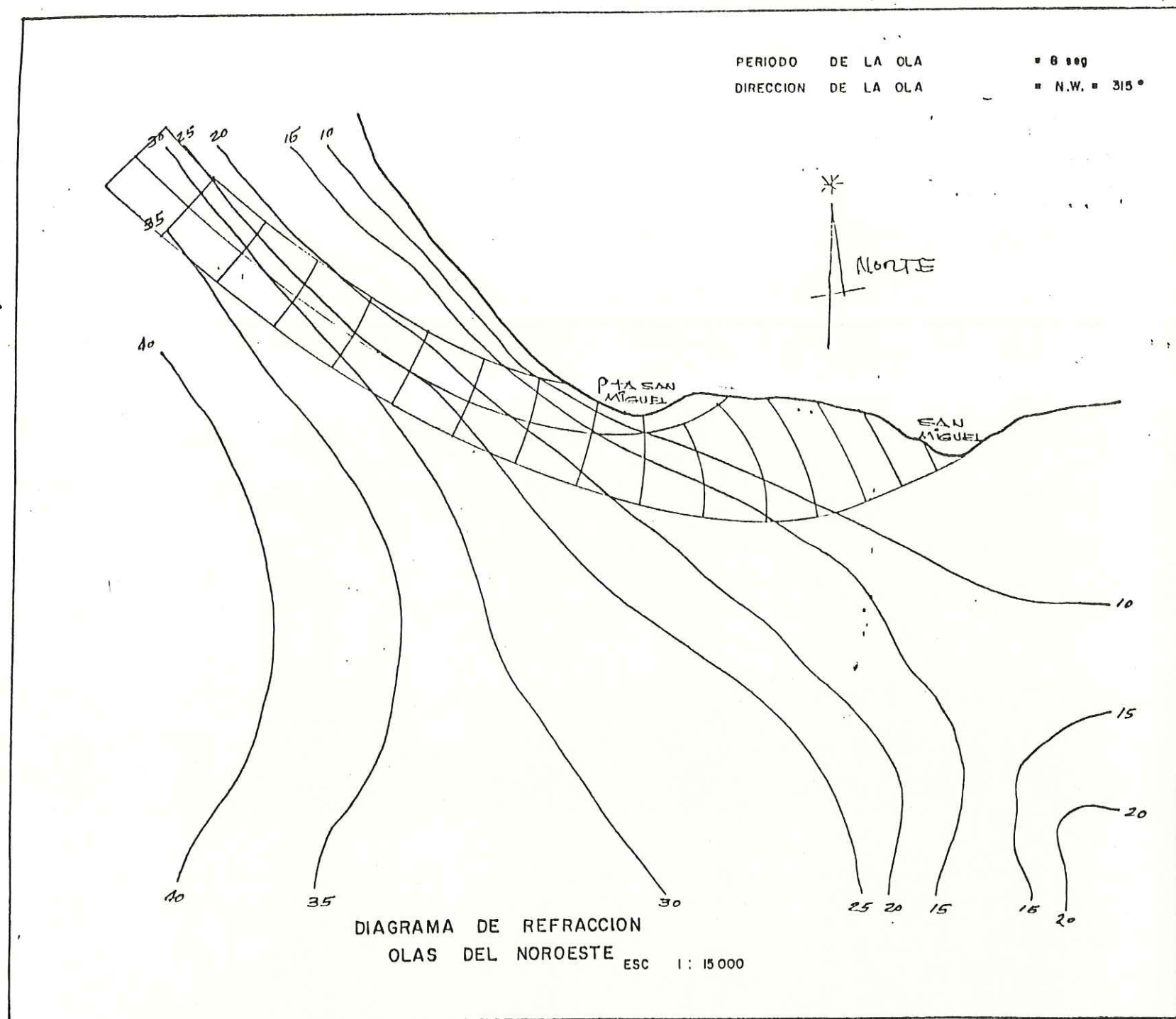


FIGURA 28 - DIAGRAMA DE REFRACCION

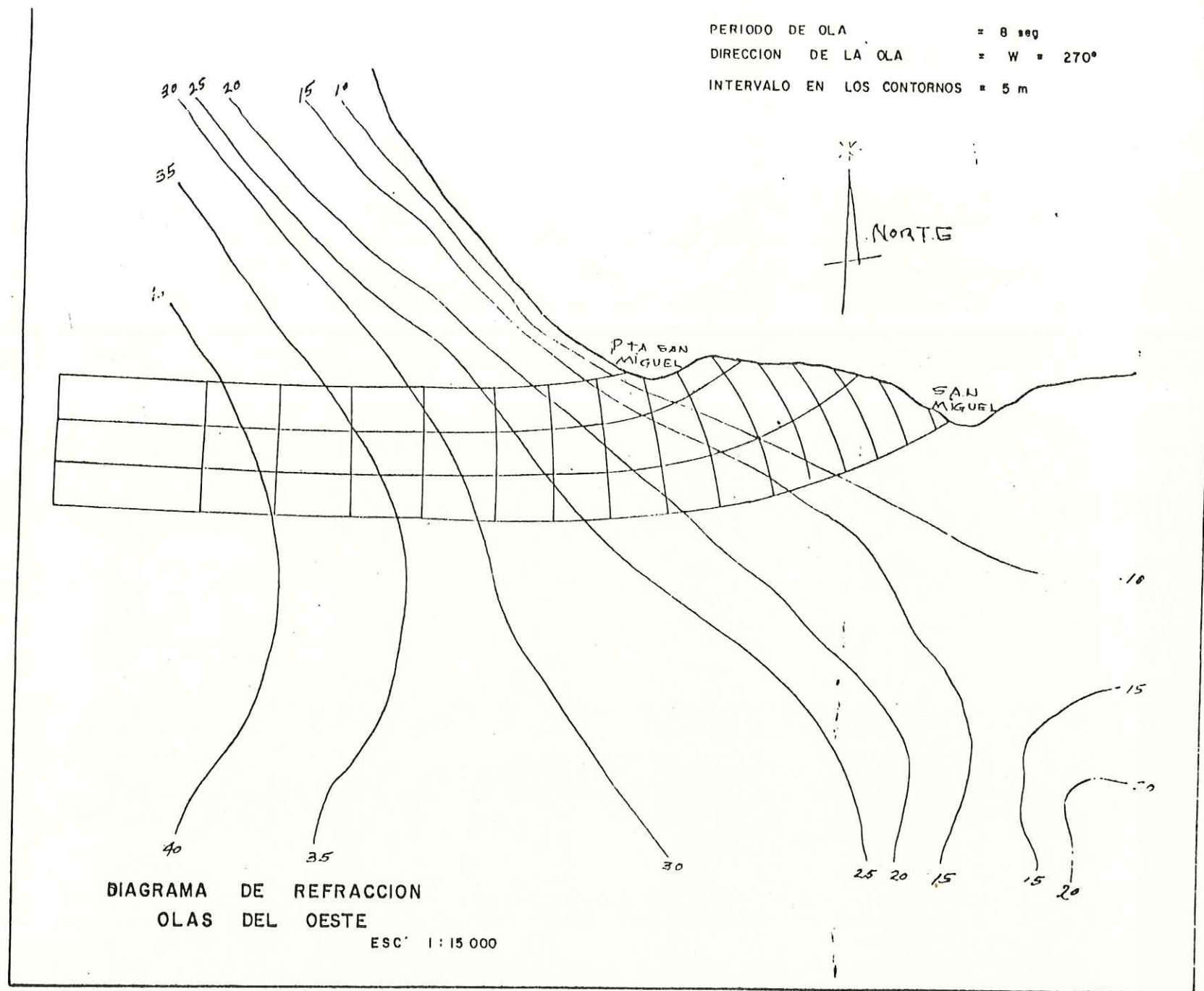


FIGURA 29.- DIAGRAMA DE REFRACCION

PERIODO DE LA OLA = 8 seg
 DIRECCION DE LA OLA = S.W. = (240)
 INTERVALO EN LOS CONTORNOS = 5 m

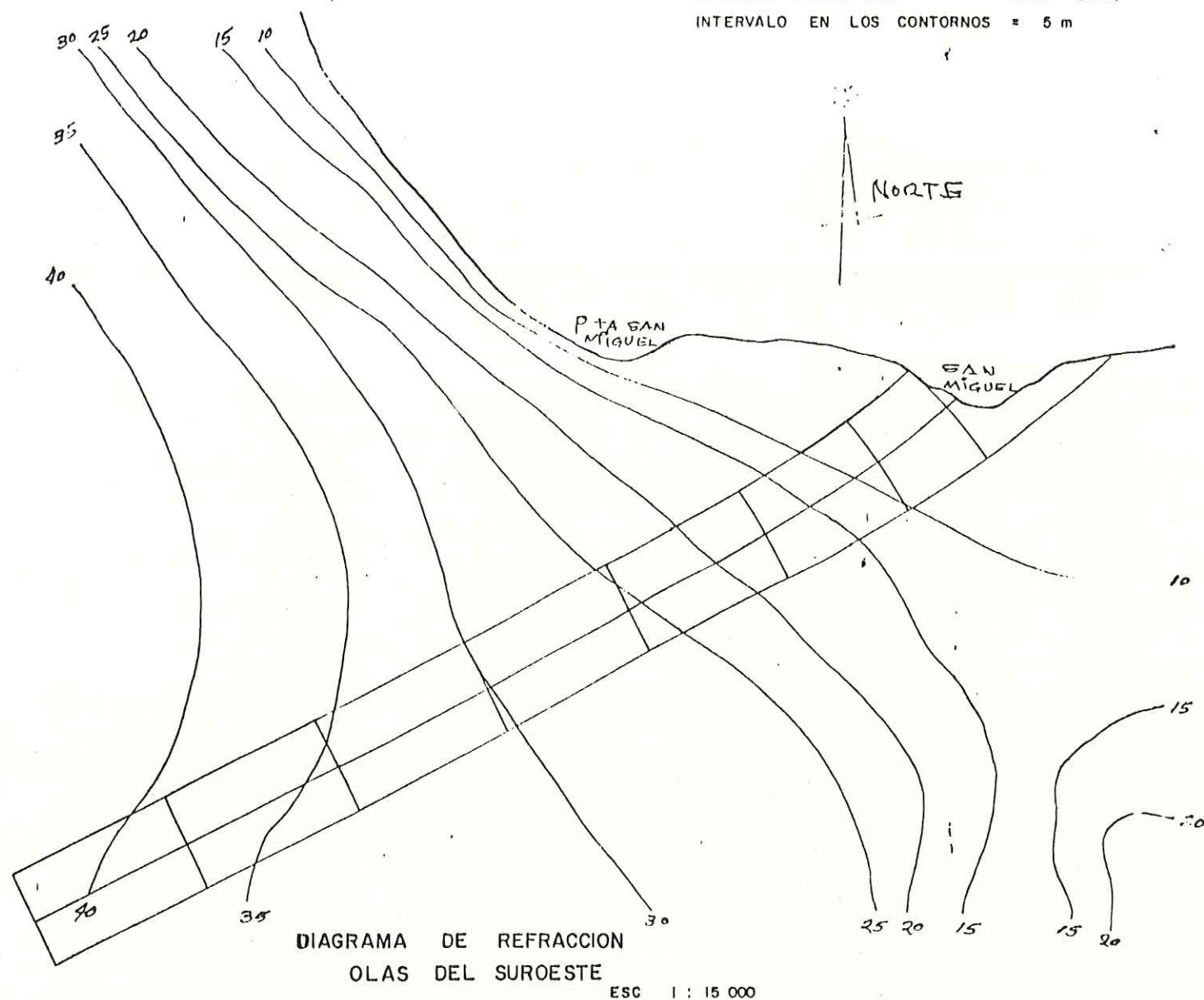


FIGURA 30 DIAGRAMA DE REFRACCION

PERIODO DE OLA = 12 seg
 DIRECCION DE LA OLA = N.W. = 315°
 INTERVALO EN LOS CONTORNOS = 5 m

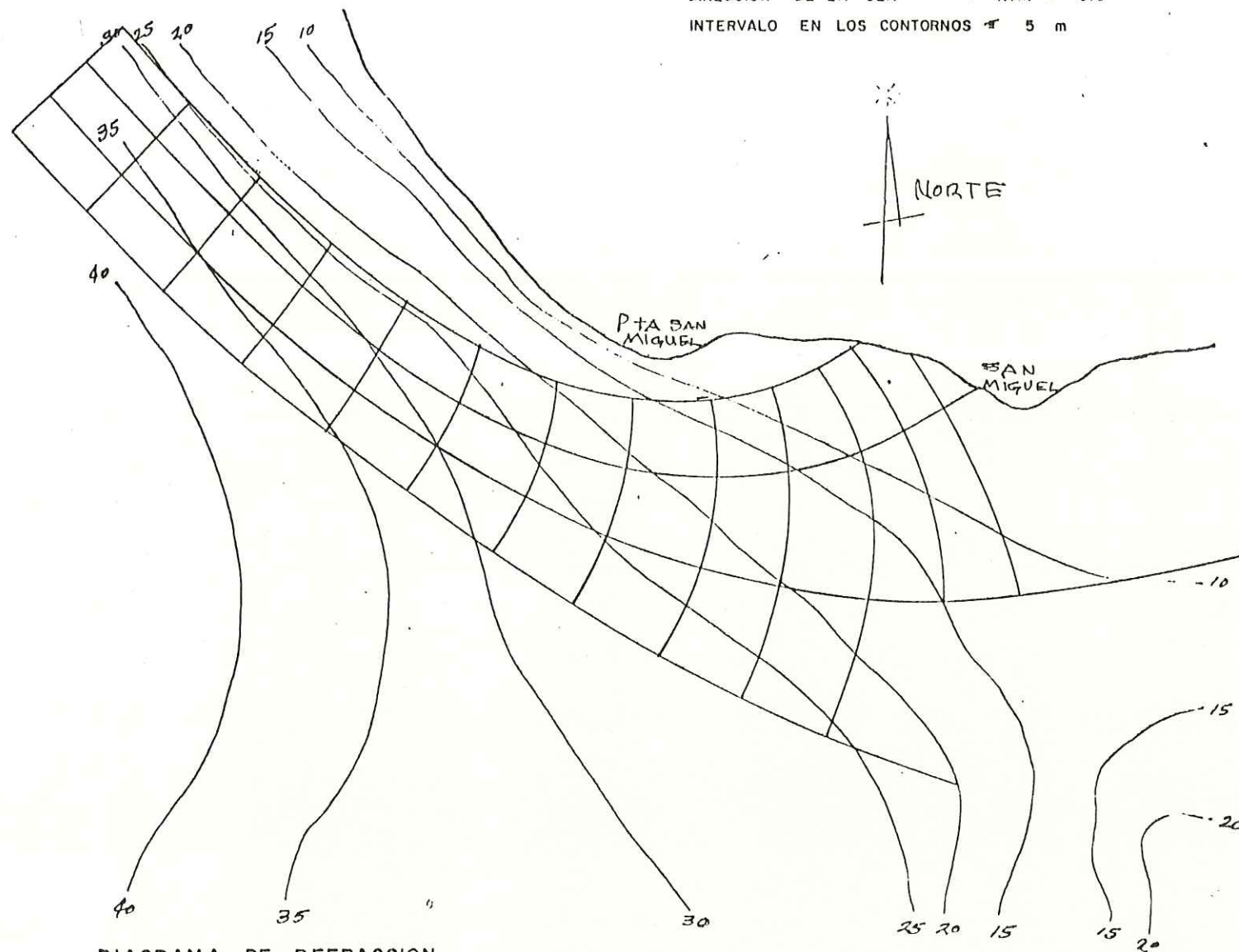


DIAGRAMA DE REFRACCION
 OLAS DEL NOROESTE

ESC 1:15 000

FIGURA 31.- DIAGRAMA DE REFRACCION.

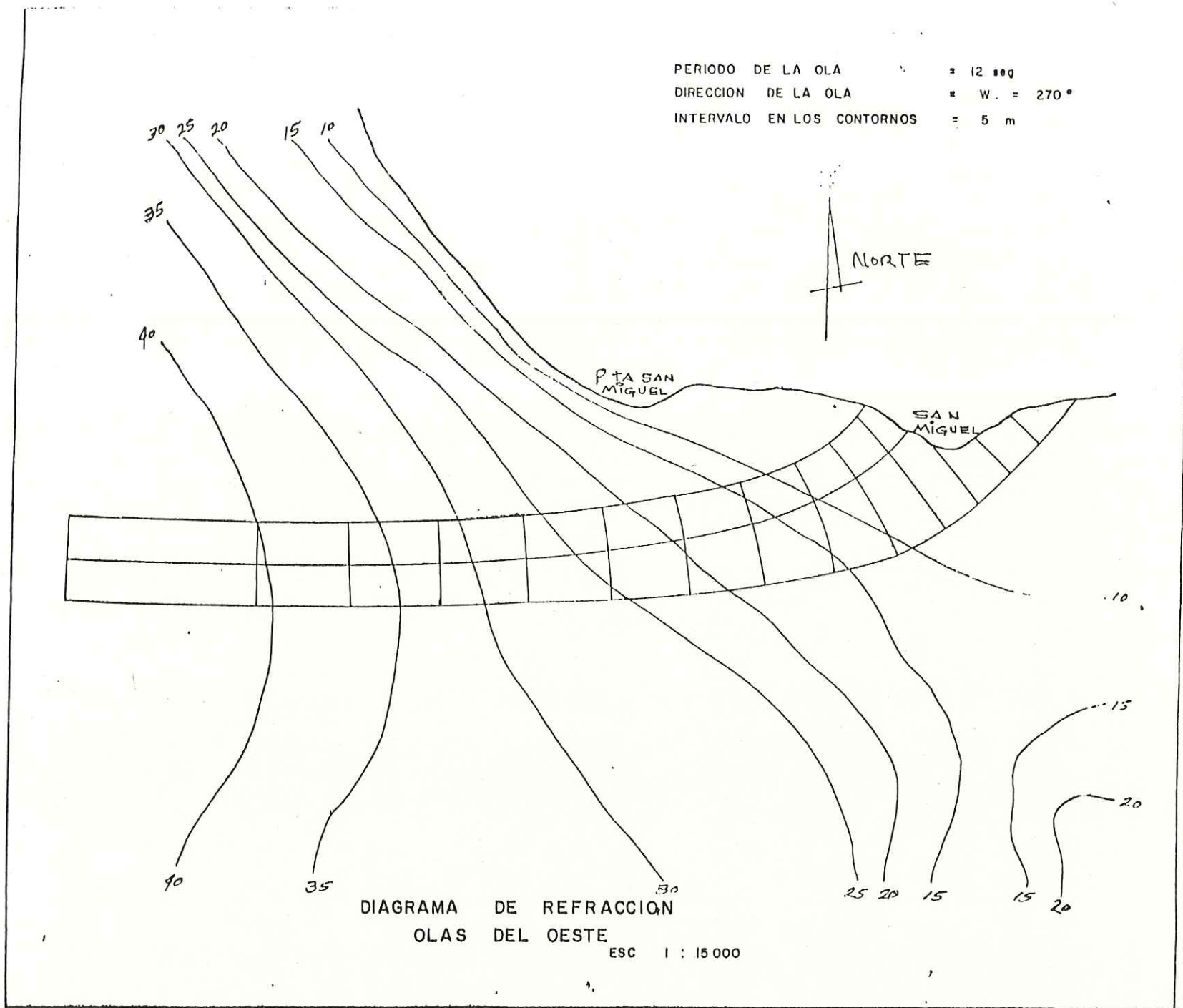


FIGURA 32- DIAGRAMA DE REFRACCION.

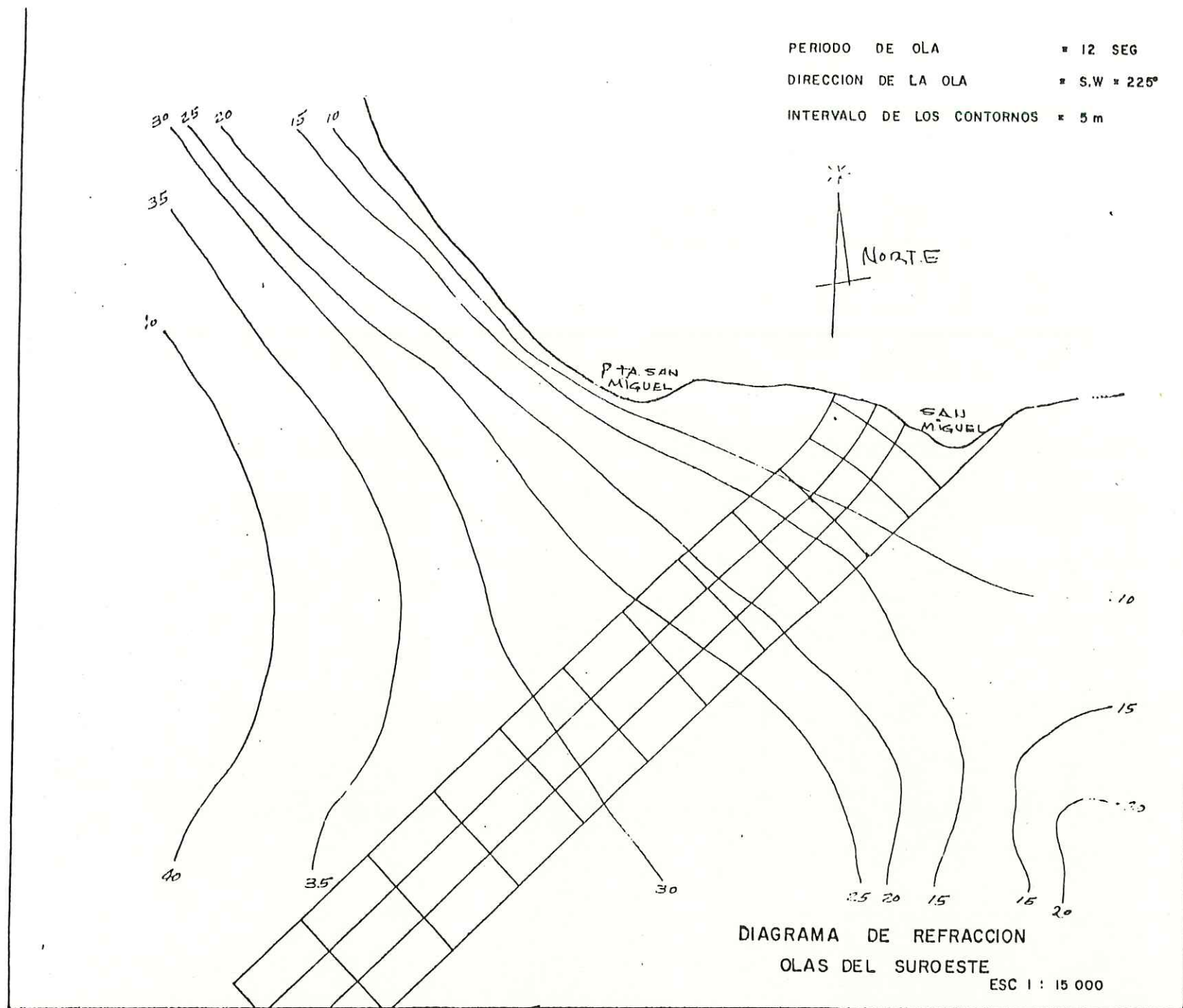


FIGURA.-33 DIAGRAMA DE REERACCION

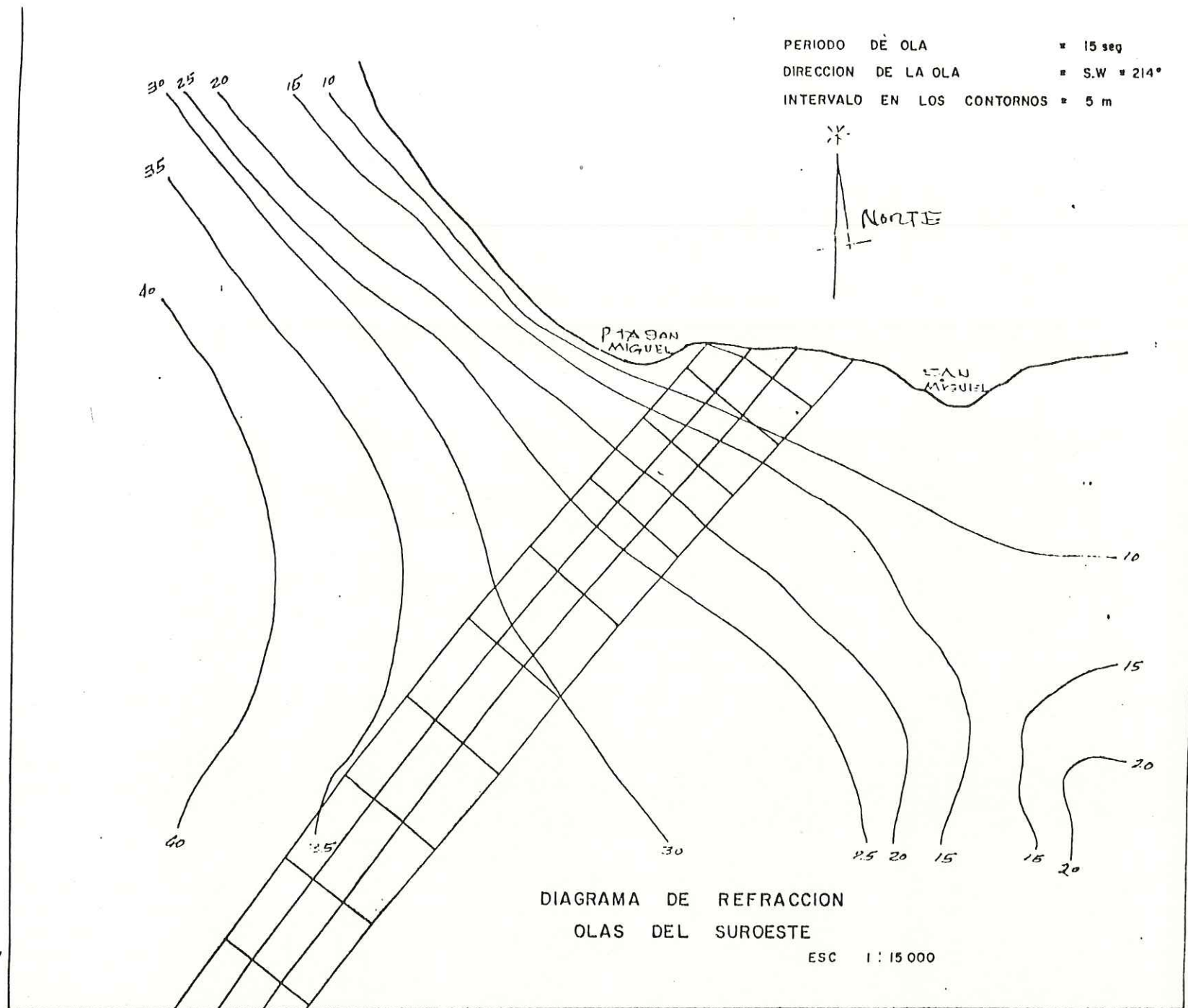


FIGURA-34 DIAGRAMA DE REFRACCION

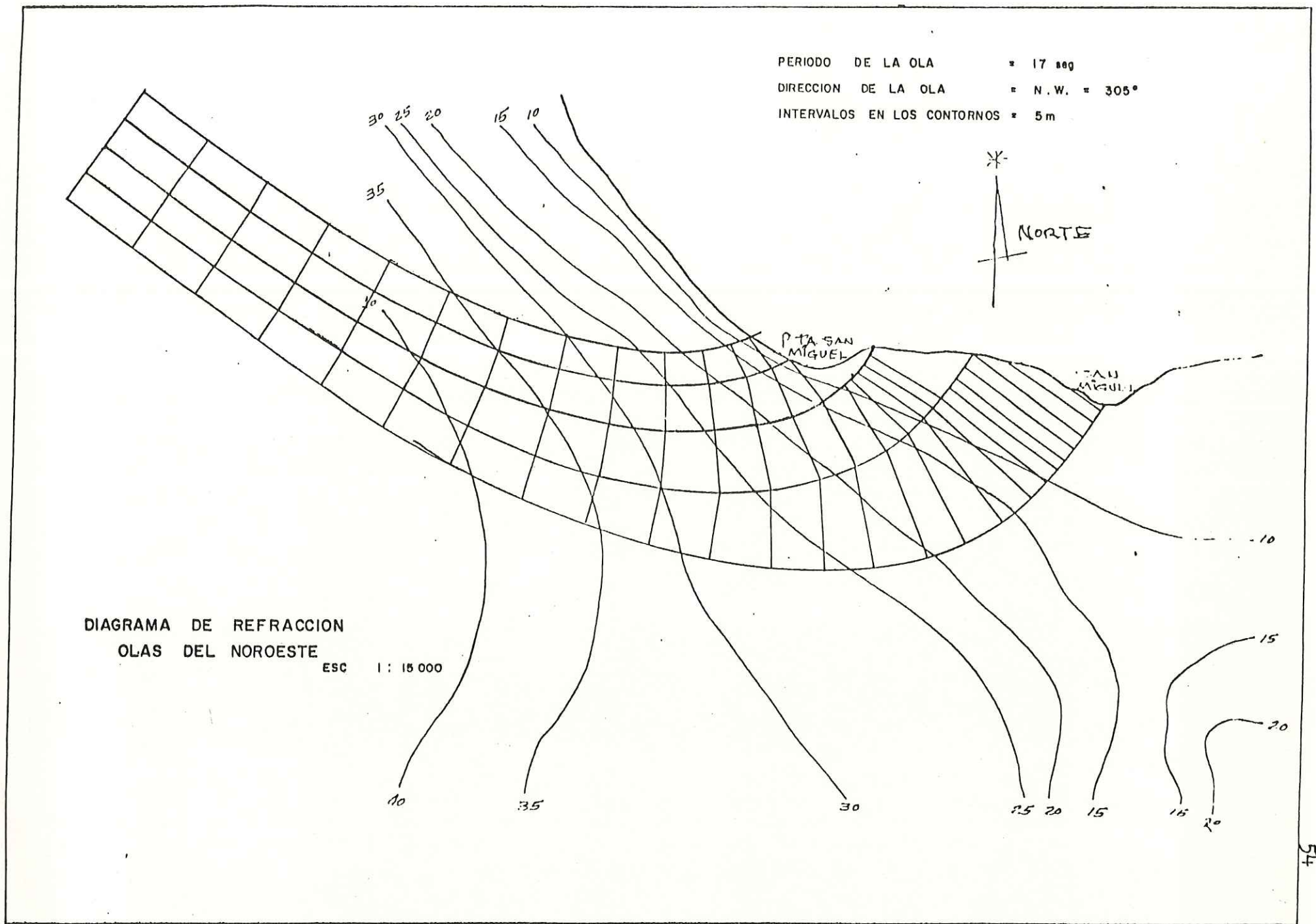


FIGURA 35- DIAGRAMA DE REFRACCION

TABLA # 4, Altura y período de las olas en aguas profundas para las dos mayores cantidades de trabajo mensual, (W = Potencia por la duración mensual del Oleaje - - erg/ cm)

	H (m)	T (seg)	H (m)	T (seg)
Enero	3,35	18	2,74	18
Febrero	1,06	18	1,67	15
Marzo	3,35	18	2,74	17
Abril	1,67	17	5,18	18
Mayo	2,74	18	21,3	17
Junio	0,76	15	0,45	15
Julio	5,18	17	0,76	15
Agosto	2,74	13	0,76	13
Septiembre	2,13	18	0,45	13
Octubre	2,13	17	1,67	17
Noviembre	2,13	17	3,96	17
Diciembre	2,13	17	4,57	13
	(1)		(2)	

(1) La mayor cantidad de trabajo total mensual.

(2) La segunda cantidad de trabajo mensual.

Altura significativa ($H_{1/3}$) de Swell durante un año, para todas las direcciones de arribo, (Marine Advisers, 1961).

TABLA # 5. Las dos mayores cantidades de trabajo mensual,
(W = Potencia por la duración mensual del Oleaje)

	T (seg)	H (cm)	P = K* H ² T (erg/seg-cm)	Δt (seg)	W = P Δt (erg/cm)
Enero	18	335	1,979 x 10 ¹⁰	0.723x10 ⁷	14.308 x 10 ¹⁶
	18	274	1,324 x 10 ¹⁰	0.749x10 ⁷	9.916 x 10 ¹⁶
Febrero	18	106	0,198 x 10 ¹⁰	1.903x10 ⁷	3.767 x 10 ¹⁶
	15	167	0,409 x 10 ¹⁰	0.659x10 ⁷	2.695 x 10 ¹⁶
Marzo	18	335	1,979 x 10 ¹⁰	0.696x10 ⁷	13.773 x 10 ¹⁶
	17	274	1,250 x 10 ¹⁰	0.696x10 ⁷	8.700 x 10 ¹⁶
Abril	17	167	0,464 x 10 ¹⁰	0.518x10 ⁷	2.403 x 10 ¹⁶
	18	518	4,732 x 10 ¹⁰	0.129x10 ⁷	6.104 x 10 ¹⁶
Mayo	18	274	1,324 x 10 ¹⁰	0.294x10 ⁷	3.890 x 10 ¹⁶
	17	213	0,755 x 10 ¹⁰	0.508x10 ⁷	3.835 x 10 ¹⁶
Junio	15	76	0,084 x 10 ¹⁰	2.669x10 ⁷	2.241 x 10 ¹⁶
	15	45	0,029 x 10 ¹⁰	7.361x10 ⁷	2.134 x 10 ¹⁶
Julio	17	518	4,469 x 10 ¹⁰	0.133x10 ⁷	5.943 x 10 ¹⁶
	15	76	0,084 x 10 ¹⁰	6.829x10 ⁷	5.736 x 10 ¹⁶
Agosto	13	274	0,956 x 10 ¹⁰	0.428x10 ⁷	4.091 x 10 ¹⁶
	13	76	0,073 x 10 ¹⁰	4.499x10 ⁷	3.284 x 10 ¹⁶
Septiembre	18	213	0.800 x 10 ¹⁰	0.362x10 ⁷	2.896 x 10 ¹⁶
	13	45	0.025 x 10 ¹⁰	8.735x10 ⁷	2.183 x 10 ¹⁶
Octubre	17	213	0.755 x 10 ¹⁰	0.883x10 ⁷	6.666 x 10 ¹⁶
	17	167	0.464 x 10 ¹⁰	0.749x10 ⁷	3.475 x 10 ¹⁶
Noviembre	17	213	0.755 x 10 ¹⁰	0.021x10 ⁷	0.158 x 10 ¹⁶
	17	396	2.612 x 10 ¹⁰	0.129x10 ⁷	3.369 x 10 ¹⁶
Diciembre	17	213	0.755 x 10 ¹⁰	0.991x10 ⁷	7.482 x 10 ¹⁶
	13	457	2.660 x 10 ¹⁰	0.241x10 ⁷	6.410 x 10 ¹⁶

$$* K = \frac{\rho g^2}{32\pi} = 9,799.24$$

TABLA # 6. Razón de transporte como peso Inmerso.

T (seg)	DIRECCION (Grados)	L (m)	α_b	H _b (cm)	I _l (erg/cm-seg)	S _l (m ³ /día)
8	315	99.97	40	283	20.086 x 10 ⁸	1.788 x 10 ⁵
8	315	99.97	40	160	4.827 x 10 ⁸	0.429 x 10 ⁵
8	315	99.97	40	57	0.365 x 10 ⁸	0.032 x 10 ⁵
8	270	99.97	40	394	45.939 x 10 ⁸ **	4.091 x 10 ⁵
8	270	99.97	40	236	12.756 x 10 ⁸	1.135 x 10 ⁵
8	270	99.97	40	79	0.827 x 10 ⁸	0.073 x 10 ⁵
8	240	99.97	16	481	40.706 x 10 ⁸	3.625 x 10 ⁵
8	240	99.97	16	288	11.292 x 10 ⁸	1.005 x 10 ⁵
8	240	99.97	16	96	0.724 x 10 ⁸	0.064 x 10 ⁵
8	180	99.97	5	475	12.926 x 10 ⁸	1.151 x 10 ⁵
8	180	99.97	5	285	3.604 x 10 ⁸	0.320 x 10 ⁵
8	180	99.97	5	95	0.231 x 10 ⁸	0.020 x 10 ⁵
12	315	224.63	30	396	40.920 x 10 ⁸	3.644 x 10 ⁵
12	315	224.63	30	264	14.849 x 10 ⁸	1.322 x 10 ⁵
12	315	224.63	30	88	0.952 x 10 ⁸	0.084 x 10 ⁵
12	270	224.63	25	517	79.695 x 10 ⁸ *	7.090 x 10 ⁵
12	270	224.63	25	347	29.412 x 10 ⁸	2.619 x 10 ⁵
12	270	224.63	25	151	3.674 x 10 ⁸	0.032 x 10 ⁵
12	225	224.63	10	523	32.394 x 10 ⁸	2.884 x 10 ⁵
12	225	224.63	10	364	13.090 x 10 ⁸	1.165 x 10 ⁵
12	225	224.63	10	121	0.834 x 10 ⁸	0.074 x 10 ⁵
15	214	351.00	16	500	44.846 x 10 ⁸	3.993 x 10 ⁵
15	214	351.00	16	362	20.001 x 10 ⁸	1.781 x 10 ⁵
15	214	351.00	16	120	1.265 x 10 ⁸	0.112 x 10 ⁵
17	305	451.00	18	358	21.576 x 10 ⁸	1.921 x 10 ⁵
17	305	451.00	18	237	7.693 x 10 ⁸	0.685 x 10 ⁵
17	305	451.00	18	79	0.493 x 10 ⁸	0.043 x 10 ⁵

* La mayor cantidad de transporte como peso inmerso.

** La segunda cantidad de transporte como peso inmerso.

Los cambios observados en la playa San Miguel, desde abril de 1976 al 15 de marzo de 1978, se observan principalmente en las figuras 7, 12, 13, 14, 15 las cuales muestran las diferentes condiciones de la playa. En la figura 7 se observa que la playa estaba formada por material rocoso del tipo de los cantos rodados. La figura 12 muestra el distinto volumen y composición del nuevo material agregado a la playa desde la zona del deslizamiento. El volumen total agregado a la playa fue de 1249.8 m^3 , siendo esta una baja estimación, debido al uso del ajuste neutral que se aplicó a los perfiles levantados del plano de la Sria. de Marina en abril de 1976.

En las figuras 13, 14, 15 se observa en primer lugar el crecimiento de la playa ocurrido desde abril de 1976 hasta el 10 de octubre de 1977. Además los cambios finales ocurridos en dicho lugar, en el periodo de enero a marzo de 1978. Estos cambios se debieron a las fuertes tormentas que ocurrieron en invierno, las que provocaron la casi total erosión de la playa; debido a las grandes olas que generaron y, al gran flujo del arroyo que estas tormentas propiciaron. La pérdida total de arena en tan solo 24 Hrs. fue de 2260.3 m^3 , lo que pone de manifiesto que los cambios de la playa pueden ocurrir a corto ó largo plazo. Posteriormente la playa se regenero con material arrastrado por el arroyo. En el levantamiento del 15 de marzo de 1978, se encontro que la playa estaba formada por rocas y arena. La depositación total de este material fue de 2703.5 m^3 , siendo esta una baja estimación, debido a que la sección seis se encontro totalmente erosionada en la cuenca del arroyo.

Las figuras 25 a 35 muestran los diagramas de refracción y se observa que el oleaje siempre forma un ángulo con la línea de costa, lo cual genera un transporte de sedimentos hacia el Este. Las olas provenientes del Noroeste y Oeste forman los mayores ángulos de incidencia con la línea de costa, de 25 a 40 grados, que es --- cuando ocurre la mayor cantidad de transporte de sedimentos (tabla #6) de acuerdo con el criterio de Timme (1966).

En esta tabla se observa que el máximo transporte ocurre cuando el oleaje proviene del Oeste y, propicia que grandes volúmenes de material sedimentario se muevan a lo largo de la costa. Para los cálculos de I_x y S_x se usaron alturas de olas obtenidas de --- los diagramas de refracción, para tener una mayor veracidad de lo que sucede en realidad. Los valores encontrados en esta tabla -- tal vez sean un poco elevados en comparación con los valores encontrados por medio de perfiles, debido quizá a las dimensiones tan -- pequeñas de la playa ó al uso de las fórmulas. Esta tabla pone de manifiesto que el oleaje posee una capacidad suficiente para erodir y transportar material sedimentario en esa zona.

La tabla #5 muestra las dos mayores cantidades de trabajo y de flujo de energía que se realiza sobre la costa; lo cual interactúa los abastecimientos de sedimentos provenientes del deslizamiento y del arroyo. En esta tabla podemos observar que las mayores cantidades de trabajo mensual ocurren en la época de invierno, que es cuando sucede la mayor erosión de la línea de costa, con valores de $14,308 \times 10^{16}$ y $13,773 \times 10^{16}$ erg/cm. Esta tabla pone de manifiesto, que existe erosión y transporte estacional; el cual debe considerarse para el diseño y construcción de obras portuarias.

Por lo anteriormente citado y, al hecho de no existir una fuente continua de sedimentos, se hace importante la presencia del espigón en la zona de estudio, ya que este sirve de trampa al transporte de sedimentos (figura 12) creando la playa de estudio y además creando cambios en ella.

VII. CONCLUSIONES.

De las discusiones anteriormente expuestas, se concluye lo siguiente:

- 1.- La playa sufrió cambios en su composición de material, debido a las aportaciones de material desde la nueva fuente generada (deslizamiento).
- 2.- Son evidentes las aportaciones de material, desde la zona del deslizamiento de acuerdo a las laminaciones encontradas en -- las tres excavaciones realizadas en la playa San Miguel.
- 3.- En las gráficas de los perfiles, se observó que los cambios - pueden ocurrir a corto ó largo plazo, en función de la variación de los parámetros físicos que actúan sobre la playa principalmente el oleaje.
- 4.- Las tormentas que se presentaron en transcurso de los meses - de enero a marzo de 1978, fueron ralmente importantes ya que éstas contribuyeron a producir cambios en la playa debido a - las intensas precipitaciones que provocaron mismas que contribuyeron al flujo del arroyo, el que produjo la casi completa erosión de la playa San Miguel.
- 5.- El oleaje posee una capacidad suficiente para erosionar y --- transportar material hacia el interior de la bahía principalmente el proveniente del Oeste..
- 6.- Es importante la función que desempeña el espigón situado en la playa de estudio ya que este sirve de barrera al libre --- transporte de sedimentos.

VIII. RECOMENDACIONES

Para una continuación ó ampliación de este estudio se recomienda hacer una nueva serie de observaciones y mediciones periódicas o inmediatamente después de algún evento de considerable dimensión. Teniendo en cuenta el estado actual de la playa sería interesante seguir el estudio teniendo un control más detallado del movimiento de los sedimentos y buscar si existe algún ciclo de depositación o de erosión en la playa y así calcular la razón de cambio mensual, estacional o anual, apoyándose también en los perfiles de playa.. Se recomienda también observar el comportamiento de los sedimentos a lo largo de la costa Norte de la Bahía desde la fuente y observar el impacto en las zonas aledañas a San Miguel, utilizando para esto siembras de arena teñidas con material fluorescente para una fácil detección.

También se recomienda hacer mediciones locales de corrientes y oleaje con equipo electrónico ya que no se cuenta con observaciones IN-SITU de estos parámetros tan importantes.

BIBLIOGRAFIA.

- Allison, E.C., Acosta, M.G., Fife, D.L., Minch, J.A., Hishikawa, K. 1970. Pacific Slope Geology of Northern Baja California and adjacent Alta California. Geological Guide 1970. ---- Pacific Sections A.A.P.G., S.E.P.M. and S.E.G., Ensenada, B. C., México.
- Alvarez Sánchez, L.G. 1971. Medición de Corrientes Superficiales en la Bahía de Todos Santos, B. C. Tesis.
- Cárdenas Brachini, R. 1970. Modelos de Oceanografía Física y su Aplicación. Tesis.
- Coastal Engineering Research Center. 1975. Shore Protection Manual, U. S. Army, Corps of Engineers, Washington, D. C., I, III Volúmenes.
- D.G.G.M., SAG, 1976. Normales Climatológicas Período 1941-1970, México.
- División Ensenada, Dirección de Hidrografía, Secretaría de Recursos Hidráulicos, 1975. Datos Meteorológicos, Estación Ensenada, B. C.
- Duncan, John, R. Jr. 1964. The Effects of Water Table and Tide Cycle on Swash-Backwash Sediment Distribution and Beach - - Profile Development. Department of Geology, Univ. of Southern California, Los Angeles, Calif.
- Folk, R.L. 1968. Petrology of Sedimentary Rocks. The University of Texas. Hemphill Publishing Co. Drawer M. University - - Station Austin, Texas.
- Gordon, G.R., Allison, E.C. and Phillips, R.P. 1971. Reconocimiento Geológico preparado para estudiantes, U.A.B.C. of - - S.D.S.C.
- Ippen, A.T., 1966. Estuary and Coastline Hydrodynamics. Mc Graw Hills, Inc., New York.
- Komar, P.D., 1976. Beach Processes and Sedimentation, Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs, New Jersey.

- Krumbein, W.C. and F.J. Pettijon, 1936. Manual of Sedimentary - Petrography. Appleton-Century-Crofts. New York.
- Lizárraga Arciñaga, J.R., 1972. Estudio de los Movimientos Cí-- clicos de la Playa en la Bahía de Todos Santos, B. C. por - Medio de Secciones Transversales. Tesis.
- Marine Advisers, Inc., 1961. A Statistical Survey of Ocean Wave Characteristics in Southern California Waters. Prepared -- for Army Corps of Engrs., Los Angeles, Dist.
- Royce, C.F. Jr., 1970. An Introduction to Sediment Analysis. - Arizona State University.
- Secretaría de Marina, Dirección General de Obras y Señalamiento Marítimo, 1974. Estudio Geográfico de la Región de Enseña-- da, B. C.
- Timme, R.C., 1966. Oceanographic Criteria for Design of Small - Craft Harbors. Coastal Engineering.
- Wigley, R.L., 1964.. Oceanographical Engineering. Prentice-Hall - Englewood Cliffs, New Jersey.