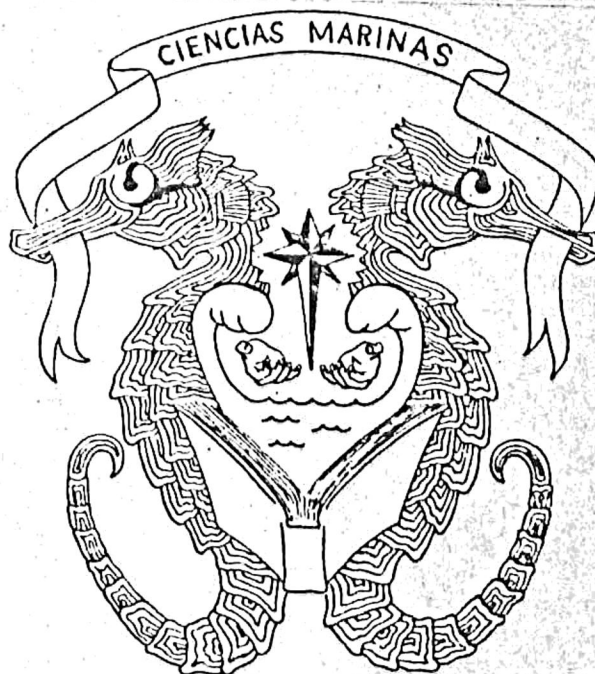


UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BAJA CALIFORNIA

ESCUELA SUPERIOR DE CIENCIAS MARINAS



U. A. B. C.

CAUSAS DE EROSION EN PLAYAS DE TIJUANA

DURANTE EL INVIERNO DE 1977-78.

TESIS

QUE, PARA OBTENER EL TITULO DE

O C E A N O L O G O

PRESENTA

LUIS ANTONIO CUPUL MAGANA

ENSENADA, B. C., OCTUBRE DE

DEDICATORIA

A mi Padre, Prof. Luis Bernardo Cupul Aguilar por ayudarme a forjar mi camino siendo él mi mejor guía y amigo.

A mi Madre, Eva Magaña de Cupul cuyo cariño y oraciones me han servido de apoyo en todos mis tropiezos.

A mis hermanos Ulises, Amilcar, Germán, Grecia Helena y Emmanuel.

A Rosalina por todo lo maravilloso que me ha dado.

AGRADECIMIENTOS

Al Maestro en Ciencias Adolfo González Calvillo, por la acertada dirección de este trabajo.

Al Maestro en Ciencias Francisco J. Ocampo Torres, por haberme ofrecido la oportunidad de desarrollar el presente trabajo.

Al Instituto de Investigaciones Oceanológicas, por el apoyo económico brindado para la elaboración de este trabajo.

Al Ph D. George Heminway de la Institución Oceanográfica de Scripps, por su colaboración al haberme proporcionado los datos de oleaje indispensables para este estudio

A la Urbanizadora de Tijuana, por la información proporcionada para el desarrollo de esta tesis.

Al P.D. Alejandro Ayarzagoytia P., por haberme permitido compartir su tiempo de computadora.

Al M. en C. Luis Fok P., Ocean. Roberto Pérez H., M. en C. Rene Pinet P., y M. en C. Ronán Lizórraga A., por la revisión y crítica de esta tesis.

Y a todas las personas que de una u otra forma han colaborado para la realización del presente estudio.

Contenido

Lista de Figuras.	ii
Lista de Tablas.	iii
Resumen.	iv
1. - INTRODUCCION.	i
1.1 - Localización y Descripción del área de estudio.	4
1.2 - Antecedentes.	4
1.3 - Objetivo.	7
2. - MATERIALES Y METODOS.	8
2.1 - Documentos.	8
2.2 - Materiales de Gabinete.	9
2.3 - Métodos.	10
2.3.1. - Perfiles Topográficos.	10
2.3.2. - Análisis Granulométrico.	10
2.3.3. - Condiciones de Marea.	11
2.3.4. - Condiciones de Viento.	12
2.3.5. - Climatología del Oleaje.	12
2.3.6. - Estructuras.	14
3. - RESULTADOS.	16
4. - DISCUSIONES.	28
5. - CONCLUSIONES.	32
6. - RECOMENDACIONES.	33
7. - BIBLIOGRAFIA.	55

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localización del área de estudio.....	34
Figura 2. Dirección de la corriente a lo largo de la costa de Coronado e Imperial Beach.....	35
Figura 3. Esquema ilustrativo del 'Runup'.....	36
Figura 4. Nomograma para calcular el valor del 'Runup' sobre pendientes impermeables.....	37
Figura 5. Plano topográfico de Playas de Tijuana antes de la construcción del fraccionamiento.....	38
Figura 6. Gráficas de la Función de Distribución de Alturas para la estación del Muelle de Scripps, durante los años de 1978-79.....	39
Figura 7. Gráficas de la Función de Distribución de Alturas para la estación del Muelle de Scripps, durante los años de 1980-81.....	40
Figura 8. Gráficas de la Función de Distribución de Períodos para la estación del Muelle de Scripps, durante los años de 1978-79.....	41
Figura 9. Gráficas de la Función de Distribución de Períodos para la estación del Muelle de Scripps, durante los años de 1980-81.....	42
Figura 10. Probabilidad Estacional de Excedencia de Altura Significante de Ola, estación del Muelle de Scripps para el año de 1978.....	43
Figura 11. Probabilidad Estacional de Excedencia de Altura Significante de Ola, estación del Muelle de Scripps para el año de 1979.....	44
Figura 12. Probabilidad Estacional de Excedencia de Altura Significante de Ola, estación del Muelle de Scripps para el año de 1980.....	45
Figura 13. Probabilidad Estacional de Excedencia de Altura Significante de Ola, estación del Muelle de Scripps para el año de 1981.....	46
Figura 14. Tabla de Distribución de Períodos Máximos de ola para la estación del Muelle de Scripps durante el año de 1978.....	47
Figura 15. Tabla de Distribución de Períodos Máximos de ola para la estación del Muelle de Scripps durante el año de 1979.....	48
Figura 16. Tabla de Distribución de Períodos Máximos de ola para la estación del Muelle de Scripps durante el año de 1980.....	49
Figura 17. Tabla de Distribución de Períodos Máximos de ola para la estación del Muelle de Scripps durante el año de 1981.....	50
Figura 18. Máximos de Plamar para Ensenada, Baja California durante los meses de Octubre de 1977 a Febrero de 1978.....	51
Figura 19. Promedios Mensuales de Mar de Leva durante los años de 1978 a 1981 para la estación del Muelle de Scripps.....	52
Figura 20. Promedios Mensuales de Oleaje Local durante los años de 1978 a 1981 para la estación del Muelle de Scripps.....	53
Figura 21. Evolución Hipotética del Delta del río Tijuana.....	54

LISTA DE TABLAS

Tabla I. - Valores obtenidos de las pendientes de los perfiles de playa de la sección del Paseo Costero del Fraccionamiento Playas de Tijuana.....	19
Tabla II. -Valores de áreas transversales y volúmenes de material erosionado entre los perfiles de Playas de Tijuana.....	20
Tabla III. -Datos de vientos para Tijuana, Baja California durante los años de 1972 a 1980. Proporcionados por la SARH las velocidades de viento están dadas en km/hr.....	21
Tabla IV. - Valore de rápidéz y direcciones de viento para el área de Tijuana, Baja California durante el 4 de febrero de 1978.....	22
Tabla V. - Valores promedios de velocidades y direcciones de viento para la Bahía de Ensenada, Baja California, durante los primeros 18 días del mes de Febrero de 1978.....	23
Tabla VI. -Número de horas/año de ocurrencia de Altura significativa excedente de ola (en centímetros).....	24
Tabla VII. -Número de horas/año de ocurrencia de Períodos excedentes de ola (en seg.) para la estación de Scripps.....	25
Tabla VIII. -Resultados obtenidos del Runup para Playas de Tijuana durante los años de 1978 a 1981.....	26
Tabla IX. - Valores de energía promedio (en joules) obtenidos durante los años de 1978 a 1981, para la estación del Muelle de Scripps.....	27

RESUMEN

Durante el invierno de 1977-78 tuvo lugar en Playas de Tijuana un episodio erosivo que provocó un retroceso de la línea de costa. Para determinar las causas que originaron dicho período, se realizó un estudio comparativo entre las condiciones erosivas (Febrero de 1978) y otros años. Se efectuaron análisis de perfiles de playa y del tamaño de grano del sedimento de playa y del sedimento de relleno, condiciones de marea, vientos sobre la costa, climatología del oleaje, y una investigación sobre la construcción de estructuras que pudieran afectar el transporte litoral en la zona de estudio. Se observó que los factores más importantes que influyeron en el proceso erosivo fueron: la ocurrencia de periodos grandes de ola, así como un alcance mayor del 'Runup', que combinado con mareas altas produjo una erosión en el eskarpe de relleno. Y por último la falta de previsión de una protección de la línea de costa artificial.

1. - INTRODUCCION.

Durante el invierno de 1977-78 se suscitó en el Fraccionamiento Playas de Tijuana una erosión provocando retroceso considerable de la línea de costa, trayendo como consecuencia la destrucción de casas y restaurantes, la de un escarpe adyacente sobre el cual pasaba un malecón que quedó completamente destruido en algunas partes con daños que van desde cuarteaduras hasta derrumbes de las obras. La construcción del Fraccionamiento Playas de Tijuana data del año de 1963. Para la construcción de la sección aledaña a la costa (Paseo Costero) se usó material de relleno ajeno a la playa, de aproximadamente 50 metros hacia el mar tratando de ganar terreno, y de 1800 metros a lo largo de la costa con una altura media del cantil de 4.50 metros (datos obtenidos de la la Urbanizadora de Tijuana). Desde la construcción de Fraccionamiento no se habían presentado problemas de erosión de la línea de costa hasta el invierno de 1977-78.

En el presente trabajo se hacen análisis entre las condiciones que prevalecen normalmente en el área de estudio y las condiciones del período de erosión, el cual tuvo lugar durante el mes de febrero de 1978. Dichas condiciones a analizar son: perfiles topográficos, tamaño de grano del sedimento de playa y del sedimento de relleno, nivel del mar, viento, climatología del oleaje, construcción de estructuras.

La acción del oleaje sobre el cantil marino ocasiona una erosión produciendo un retroceso del mismo, el cual puede llevarse

a cabo rápidamente y en consecuencia causar graves daños a estructuras y construcciones instaladas por el hombre sobre la costa. El conocimiento de los procesos litorales es enfocado, por lo tanto, a la predicción de eventos geomorfológicos, cuya importancia es encontrar la solución a problemas de Ingeniería Costera.

Las olas en el área de generación son conocidas como oleaje local. Cuando las olas se mueven desde el área de generación a otras regiones ellas cambian de oleaje local a mar de leva (Silvester, 1974).

El principal agente causante de cambios físicos en la costa es el oleaje que según sus características dará lugar a una erosión o acreción de la playa y por consiguiente intervendrá en la modulación de la línea de costa (Lizárraga, 1976). Estos cambios incluyen la modificación de los perfiles de playa los cuales se relacionan con el transporte de materiales perpendicular y paralelo a la costa, causando las modificaciones de la línea de costa (Komar, 1976).

Por otra parte la construcción de estructuras tales como espigones, escolleras y rompeolas causan un desajuste en el equilibrio natural del transporte litoral. Tales estructuras actúan como trampas de sedimento, obstruyendo el movimiento del mismo. Este desequilibrio provoca cambios en la configuración costera debido a cambios en los sitios de depositación y erosión (Komar, 1976; U.S.A.C.E.R.C., 1975) causando la remoción de arena

y socavando el papel amortiguador de la plaga y en consecuencia promoviendo la erosión del cantil.

1.1. - LOCALIZACION Y DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO.

El área de estudio se encuentra situada aproximadamente al occidente de la ciudad de Tijuana, Baja California, a los $32^{\circ}32'$ de Latitud Norte y de $117^{\circ}08'$ de Longitud Oeste (fig. 1).

El área es una playa arenosa de 5 kilómetros de longitud cuyos límites son : al Este (tierra adentro) un escarpe artificial de sedimento semiconsolidado, al Sur promontorios rocosos, al Norte por la línea internacional (aunque la playa se extiende varios kilómetros al Norte). El escarpe antes mencionado tiene su inicio justo en la línea internacional.

1.2. - ANTECEDENTES.

Los problemas más serios de erosión costera están relacionados con condiciones anormales de clima y niveles de agua. En algunas áreas estos están asociados con el desarrollo de oleaje de tormenta el cual puede incrementar el nivel de agua (King, 1972).

En las costas los vientos causan un movimiento hacia tierra de las aguas superficiales, lo cual deberá de compensarse con una corriente de fondo con dirección hacia el mar. Estas corrientes son un factor importante en el transporte de sedimentos en la costa y hacia afuera de ella, teniendo una relación en la respuesta del perfil de playa (Komar, 1976). Según King (1972) el viento que sopla a lo largo de la costa tiende a formar corrientes que actúan

en la misma dirección del viento. Pueden ser generadas olas de periodo corto y cuya aproximación a la costa sería con un ángulo muy oblicuo debido a que no son refractadas grandemente. Tanto las olas oblicuas como las corrientes a lo largo de la costa generadas por el viento causan un movimiento considerable de materiales a lo largo de la costa. Shepard e Inman (1950) han señalado la importancia del esfuerzo del viento en la generación de corrientes a lo largo de la costa, sin embargo, ellos sostienen que es difícil separar éstas corrientes de las generadas por la acción del oleaje.

Sunamura (1982) concluyó que la erosión de cantiles es causada por alturas grandes de olas (0.75 metros para Byobugauna y de 0.66 metros para Okuma).

Komar (1978) efectuó un estudio de las condiciones de oleaje en el invierno de 1977-78 en las costas de Oregon, E.U.A., que causaron la erosión de la barra de Nestucca, y concluye que la erosión se debió a olas excepcionalmente altas (7 metros) generadas por tormentas durante Octubre de 1977 y Febrero de 1978 combinadas con mareas vivas.

Según observaciones hechas por Shepard (1950) para un período de un año a lo largo de Coronado e Imperial Beach E.U.A., abarcando parte de la costa mexicana, encontró que la dirección de las corrientes es de sur a norte (fig. 2).

Por otra parte debido a que el escarpe formado por el relleno

empleado en la construcción del Fraccionamiento

está formado por sedimento de tipo arcilloso. Se considera de gran importancia la influencia de la embestida del oleaje (Runup) en el lavado de sedimento, ya que al no estar consolidado es fácilmente erosionable. El 'Runup' se define como la embestida del agua sobre una estructura en la rompiente de la ola (fig. 3). La cantidad de 'Runup' es la altura vertical desde el nivel de agua sin perturbar que el agua alcanza (U.S.A.C.E.R.C., 1975). La figura 3 muestra la nomenclatura usada en los estudios de 'Runup'. En la figura 4 se muestra el 'Runup' relativo (R/H_o') como una función de la pendiente de la ola en aguas profundas y la pendiente de la estructura, donde R es la altura del 'Runup' medida verticalmente desde el nivel de agua sin perturbar y H_o' es la altura de la ola en aguas profundas.

Como antecedentes particulares se cuenta con un trabajo oceanográfico (Batimetría, Transporte Litoral, Fuerzas producidas por el oleaje) efectuado por TECNOCEAN S.A. de C.V. (1979). En este trabajo no se reportan resultados sobre el transporte litoral, y solo calculan el esfuerzo teórico producido por el oleaje en una pared que serviría para amortiguar la energía del oleaje contra la costa, como medida de protección a la misma.

Existe también un estudio de niveles máximos de marea astronómica para Playas de Tijuana efectuado por TECNOCEAN S.A. de C.V. (1981) en el cual se mencionan que no existen registros de mareas en Playas de Tijuana. Se hace una comparación de distintos

rangos de marea para la Jolla, California E. U. A., y Ensenada, Baja California durante el mes de Enero de 1980 y se concluye que el nivel máximo de marea para Playas de Tijuana es de 2.25 metros con respecto al Nivel de Bajamar Media Inferior (NBMI), siendo similar al valor de los niveles predichos para Ensenada.

1.3. - OBJETIVO.

Determinar las causas de erosión en Playas de Tijuana durante el invierno de 1977-78.

2. - MATERIALES Y METODOS.

2.1. - DOCUMENTOS:

- 1) Estadística de oleaje para los años de 1977 a 1981.
California Coastal Engineering Data Network.
Reportes anuales y semianuales.
- 2) Registros de marea durante los meses de Octubre
~~de~~ 1977 a Febrero de 1978. Obtenidos por el
C. I. C. E. S. E. para Ensenada, Baja California.
- 3) Calendario de predicción de mareas durante los
de 1977 y 1978, para Ensenada, Baja California.
Editados por la Secretaría de Marina.
- 4) Promedios mensuales de vientos durante los años de
1972-80 obtenidos por la SARH, para Tijuana, Baja
California, para el mes de febrero de 1978.
- 5) Registros diarios de vientos tomados cada 15
minutos por la estación meteorológica del
C. I. C. E. S. E. instalada en la Escuela Superior de
Ciencias Marinas para la ciudad de Ensenada
durante febrero de 1978.
- 6) Mapas topográficos de Playas de Tijuana hechos
por la Urbanizadora de Tijuana, durante el año
de 1963 Escala 1: 2000
- 7) Perfiles de playa de la sección del Paseo Costero,
en Playas de Tijuana, obtenidos por la Urbanizadora
de Tijuana, durante Marzo de 1979. Escala f: 200.
- 8) Planos de construcción del Fraccionamiento
Playas de Tijuana. Escala 1:2000

9) Fotografías aéreas de la zona de estudio, tomadas durante mes. de julio de 1981. Escala 1:10000 .

2.2 MATERIALES DE GABINETE:

- 1) Nucleador de mano. Geophysical Instrument and Supply Modelo A-1B.
- 2) Cuarteador mecánico. GISCO Modelo CL-242.
- 3) Cristalería para pretratamiento de muestras.
- 4) Balanza Mettler P-160. Precision +/- 0.001 gr.
- 5) Juego de tamices U.S. Standar.
- 6) Tamizador Ro-Tap.
- 7) Horno de secado. Precision Scientific Modelo 17.
- 8) Computadora Prime 400.

2.3. - METODOS

2.3.1. - PERFILES TOPOGRAFICOS.

Se calcularon perfiles de playa antes de la construcción del Fraccionamiento, basandose en datos proporcionados por la Urbanizadora de Tijuana (fig. 5). Se calcularon perfiles de playa posteriores a la construcción del Fraccionamiento (perfiles de relleno) y también posteriores a la erosión (perfiles erosionados) a partir de datos de la Urbanizadora de Tijuana. Unos perfiles representan las condiciones topográficas del área de estudio una vez que se concluyeron las obras de construcción del Fraccionamiento, y fueron calculados a partir de una sección tipo original del Paseo Costero. Contando con estos tres tipos de perfiles: antes de la erosión, de relleno y los perfiles de Marzo de 1979, se hizo un cálculo de las pendientes correspondientes.

Se hizo una evaluación aproximada de los volúmenes de sedimento erosionado entre las secciones arriba mencionadas. Para ello se calcula el área de cada sección y una vez conocidas las áreas de las secciones se procede a calcular los volúmenes usando el método de Montes de Oca (1979).

2.3.2. - ANALISIS GRANULOMETRICO.

Se tomaron muestras de sedimento de playa aproximadamente cada 300 metros haciendo un total de cuatro estaciones, partiendo desde la línea internacional, continuando con dirección sur.

Dichas muestras se tomaron en la cara de la playa utilizando un nucleador de mano. Las muestras del sedimento de relleno se tomaron del escarpe erosionado en puntos correspondientes a las estaciones de playa. Para su procesamiento en el laboratorio se utilizó una serie de tamices a intervalos de 0.25 phi iniciandose del -0.5 phi hasta el 4.0 phi, y se hizo un análisis granulométrico del sedimento de playa y del sedimento de relleno utilizando el método establecido por Folk (1974).

Si el material utilizado es mucho más fino que el material nativo de la playa, una gran cantidad se moverá hacia afuera de la costa y se perderá. Un material de relleno distribuido con un tamaño de grano igual que el del material nativo de la playa, o ligeramente más grueso usualmente es el apropiado para el relleno (U.S.A.C.E.R.C., 1975). Es por esto que es importante de conocer el tamaño de grano del sedimento de playa y de relleno utilizado en la construcción del Fraccionamiento Playas de Tijuana.

2.3.3. - CONDICIONES DE MAREA.

Con la finalidad de conocer las condiciones del nivel del mar durante el periodo de erosión en Playas de Tijuana, se efectuó una comparación entre la predicción y los registros de marea, durante los meses de Octubre de 1977 a Febrero de 1978. Debido a que Playas de Tijuana no cuenta con registros de marea se utilizaron registros de marea obtenidos por el C.I.C.E.S.E., para Ensenada, Baja California, y la comparación fue hecha para éste lugar, ya que es el lugar más próximo a Playas de Tijuana con registros de mareas.

y que de acuerdo a TECNOCEAN (1981) el comportamiento de la marea es similar para ambos lugares.

2.3.4. - CONDICIONES DE VIENTO. La información sobre datos de vientos fue proporcionada tanto por la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH) para la ciudad de Tijuana, correspondiente a la estación No. 54 Latitud 32 31 30 Longitud 117 02 30 como por el grupo de Meteorología del C. I. C. E. S. E. para la ciudad de Ensenada, Baja California, cuya estación se encuentra en la Escuela de Ciencias Marinas.

De los datos proporcionados por la SARH, se hicieron comparaciones de rapidez y dirección de viento durante los años de 1972 a 1980, y febrero de 1978.

A partir de la información proporcionada por el C. I. C. E. S. E., se hicieron promedios diarios de rapidez y dirección de viento durante el mes de febrero de 1978. Los datos de Playas de Tijuana son promedios diarios de rapidez de viento, mientras que los obtenidos para Ensenada cuentan con un registro cada 15 minutos, lo que nos permite conocer más detalladamente el comportamiento del viento.

2.3.5. - CLIMATOLOGIA DEL OLEAJE.

Debido a que playas de Tijuana no cuenta con una estadística de oleaje todas las estimaciones del presente trabajo están basadas en reportes anuales y semianuales editados bajo el nombre de

California Coastal Data Collection Program y obtenidos por la U.S. Army Corps. of Engineers y The California Department of Boating and Waterways. Esta serie de reportes fueron efectuados por Seymour et al. (1977, 1978, 1979, 1980, 1981).

Para propósito de este trabajo se decidió analizar los datos obtenidos en el muelle del Instituto Oceanográfico de Scripps en la Jolla California, debido a la continuidad y proximidad de los registros. De acuerdo a la información disponible se realizaron las siguientes estimaciones:

a). - Número de horas/año de ocurrencia de altura significativa de ola (total de horas al año que están presentes olas de determinada altura) para los años de 1978 a 1981. Las estimaciones se hicieron en base a las gráficas de la Función de Distribución de Alturas (fig. 6 y 7).

b). - Número de horas/año de ocurrencia de períodos excedentes de ola (total de horas al año en que están presentes olas de determinado período) para los años de 1978-81. Estimadas de las gráficas de la Función de Distribución de períodos (fig. 8 y 9).

c). - Las gráficas de probabilidad estacional de excedencia de altura significativa de la ola (figs. 10, 11, 12 y 13) muestran el porcentaje de la probabilidad de excedencia vs. el tiempo (dado en trimestres). A partir de estas gráficas se obtuvieron alturas significantes de olas predominantes durante los años de 1978, 1979, 1980 y 1981. Posteriormente las alturas obtenidas se relacionaron

con la Tabla de Distribución Conjunta de Periodos (figs. 14, 15, 16 y 17) en la cual se confrontan la altura significativa (en cm.) v. s el período máximo (en seg.). Obteniendose el período correspondiente a la altura significativa relacionada.

d). - Las alturas y períodos obtenidos se utilizaron para calcular la altura del 'Runup' sustituyendolas en las fórmulas H_0/\sqrt{gT} y $\cot O$, para calcular R/H_0' y de esta última relación los valores del 'Runup'. Las pendientes de los perfiles usadas en las operaciones se muestran en la Tabla I.

Todos los cálculos anteriores se obtuvieron para los años de 1978 a 1981 tomando en cuenta las olas más altas del año. Se debe señalar que estos cálculos son sobreestimaciones ya que los registros de oleaje no corresponden a condiciones de aguas profundas.

Lo importante de las estimaciones anteriores es que podemos tener una idea de la variación relativa alcanzada por el 'Runup' durante el período de erosión de febrero de 1978 comparada con otros años.

2.3.6. ESTRUCTURAS.

Basandonos en las observaciones hechas por Shepard (1950) y la dirección de la corriente a lo largo de la playa, como mencionamos en los antecedentes de éste trabajo, podemos establecer que la situación de estructuras como posible influencia en el

transporte litoral a lo largo de la zona de estudio quedaría restringida a su parte sur.

Se hicieron observaciones del área y no se encontraron estructuras como espigones, escolleras, rompeolas que pudieran afectar el equilibrio en el transporte sedimentario.

Kunk y Shepard (1983) han señalado la importancia del río Tijuana en el aporte de sedimentos al océano. Por lo que la construcción de la Presa Rodríguez y la canalización del río Tijuana pueden tener influencia reduciendo el aporte de sedimentos, ya que dichas obras actúan como trampas de grandes cantidades de sedimentos.

3. - RESULTADOS

a). - Perfiles topográficos: se obtuvieron las pendientes de la playa y del escarpe originales, de relleno y erosionados, las cuales se muestran en la tabla I. Se puede observar que el valor de las pendientes de los perfiles originales son mucho más tenues que la del escarpe de relleno, mientras que las pendientes de los perfiles de playa erosionados (0.09) tienden a acercarse al valor de las pendientes de los perfiles de playa originales (0.02).

b). - En la Tabla II se muestra el volumen de material erosionado, el cual es más de 2/3 partes del relleno original.

c). - El tamaño medio de grano del sedimento de playa es de 2.09 phi correspondiente a arena fina. Mientras que el tamaño medio de grano para sedimento relleno es menor de 4 phi (limo arcilloso).

d). - La figura 18 muestra la comparación entre la predicción y el registro de los máximos de pleamar diarios para Ensenada, Baja California, durante los meses de Octubre de 1977 a Febrero de 1978. Puede observarse que los valores máximos de pleamar fueron durante los primeros días del mes de Febrero de 1978, alcanzando valores hasta de 1.84 metros.

e). - En lo que se refiere a las condiciones de vientos, podemos observar en la Tabla III y IV que los valores de la rapidez y dirección de viento durante Febrero de 1978 no son excepcionales

como para afectar las condiciones de oleaje locales. La Tabla V muestra las velocidades y direcciones de viento para Ensenada, B.C.

f). - La Tabla VI muestra los resultados de los cálculos del número de horas/año de altura significativa excedente de ola (en cm.) para la estación del muelle de Scripps. Puede observarse que durante el período erosivo de 1978 no están presentes olas excepcionalmente altas comparadas con los otros años, incluso durante 1981 se nota la presencia de olas hasta de 450 cm. de altura.

g). - La tabla VII presenta el número de horas/año de ocurrencia de periodos excedentes (en seg.) para la estación del muelle de Scripps. Se observa que durante 1978 la presencia de periodos grandes es mayor que durante los otros años comparados.

h). - En la figura 19 y 20 se muestran los promedios mensuales de Mar de leva y de Oleaje local respectivamente durante los años de 1978-81, para la estación del muelle de Scripps. Se puede observar que durante Febrero 1978 las condiciones tanto de Mar de Leva como Oleaje local no se exceden en alturas de ola comparados con otros períodos.

i). - La tabla VIII muestra los resultados obtenidos de los cálculos de 'Runup' para Playas de Tijuana, durante los años de 1978 a 1981. Se hicieron los cálculos para olas de un metro que tienen una probabilidad de excedencia del 30 por ciento (mayores de 1 metro), para los primeros trimestres de 1978, 1980, 1981 y segundo

trimestre de 1979, que a su vez son los meses de mayor energía del oleaje. Se observa que durante el trimestre Enero, Febrero y Marzo de 1978 la altura del 'Runup' fue de 3.60 metros, excediendo hasta 2.60 metros con respecto a las alturas de 'Runup' obtenidas durante los otros años comparados.

j). - La tabla IX muestra los valores de la Energía promedio obtenidos para los años de 1978 a 1981 combinada con Oleaje local y Mar de Lava. Puede observarse que durante estos 4 años no hay diferencia notable entre los niveles de energía del oleaje, respecto a Febrero de 1978.

k). - No existen estructuras que pudieran afectar el transporte litoral, aunque es interesante el efecto de la construcción de la presa Rodríguez y la canalización del río Tijuana como posibles trampas de sedimento.

No. PERFIL	ORIGINAL	RELLENO	EROSIONADO
1	0.05	0.83	0.06
2	0.05	0.73	0.06
3	0.03	0.67	0.06
4	0.10	0.66	0.06
5	0.02	0.66	0.08
6	0.02	0.89	0.06
7	0.02	0.79	0.07
8	0.02	0.73	0.07
9	0.02	0.70	0.08
10	0.02	0.75	0.08
11	0.02	0.70	0.08
12	0.02	0.70	0.09
13	0.02	0.83	0.09
14	0.02	0.66	0.10
15	0.02	0.70	0.10
16	0.02	0.69	0.11
17	0.02	0.70	0.09
18	0.02	0.68	0.08
19	0.02	0.66	0.13
20	0.02	0.66	0.08
21	0.02	0.65	0.09
22	0.02	0.82	0.10
23	0.02	0.66	0.09
24	0.02	0.64	0.08
25	0.02	0.65	0.09
26	0.02	0.69	0.09
27	0.02	0.65	0.08
28	0.02	0.63	0.08
29	0.02	0.62	0.07
30	0.02	0.67	0.07
31	0.02	0.68	0.08
32	0.02	0.70	0.09
33	0.02	0.70	0.35
34	0.02	0.60	0.38
35	0.02	0.66	0.12
Promedio =	0.02	0.69	0.0997

TABLA I.- Valores obtenidos de las pendientes de los perfiles de playa de la sección Paseo Costero del Fraccionamiento Playas - de Tijuana.

No. PERFIL	AREA (M ²)	VOLUMEN (M ³)
1	41.30	206.25
2	41.20	410.25
3	40.85	398.00
4	38.75	383.75
5	38.00	358.50
6	33.70	321.25
7	30.55	284.50
8	26.35	248.25
9	23.30	222.00
10	21.10	232.00
11	25.30	245.75
12	23.85	248.50
13	25.85	263.50
14	26.85	262.00
15	25.55	223.00
16	19.05	176.00
17	16.15	103.50
18	4.55	50.50
19	5.55	.00
20	1.70	29.75
21	19.60	106.50
22	21.35	204.25
23	26.10	237.25
24	30.05	280.75
25	33.05	315.50
26	27.75	301.50
27	23.10	251.75
28	22.10	226.00
29	22.35	222.25
30	28.00	252.50
31	25.90	270.25
32	5.30	156.00
33	6.30	58.00
34	5.10	57.00
35	-----	-----
	<u>805.55 M²</u>	<u>7655.75 M³</u>

TABLA II .- Valores de áreas transversales y volúmenes de material erosionado entre perfiles en Playas de Tijuana.

	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980
ENE.	N 2-6	W 2-6	N 2-6	SE 2-6	S 2-6	SE 2-6	-----	NE 2-6	SW 2-6
FEB.	SE 2-6	W 2-6	N 2-6	SE 2-6	S 2-6	E 2-6	W 2-6	-----	N 7-14
MAR.	W 2-6	W 2-6	W 2-6	SE 2-6	S 2-6	SE 2-6	S 2-6	-----	N 7-14
ABR.	N 2-6	W 2-6	N 2-6	W 2-6	S 2-6	-----	W 2-6	-----	NW 7-14
MAY.	W 2-6	W 2-6	W 2-6	SE 2-6	S 2-6	-----	-----	-----	NW 7-14
JUN.	W 2-6	W 2-6	W 2-6	W 2-6	N 2-6	-----	W 2-6	NE 2-6	NW 7-14
JUL.	W 2-6	W 2-6	W 2-6	W 2-6	W 2-6	-----	W 2-6	NW 7-14	NW 7-14
AGO.	W 2-6	W 2-6	W 2-6	N 2-6	W 2-6	-----	N 2-6	NW 7-14	NW 7-14
SEPT.	W 2-6	N 2-6	W 2-6	W 2-6	W 2-6	-----	-----	NW 7-14	NW 7-14
OCT.	N 2-6	W 2-6	S 2-6	SE 2-6	SE 2-6	-----	S 2-6	NW 7-14	NW 7-14
NOV.	N 2-6	W 2-6	SE 2-6	SE 2-6	SE 2-6	-----	-----	NW 7-14	NW 7-14
DIC.	W 2-6	W 2-6	S 2-6	S 2-6	S 2-6	-----	-----	NW 7-14	NW 7-14

TABLA III. Datos de vientos para Tijuana, Baja California, durante los años de 1972 a 1980. Proporcionados por la SARH. Las velocidades de viento están dadas en kilómetros/hora, éste valor indica el promedio mensual.

Ejemplo: N 2-6 (N = Dirección Norte, velocidad de 2 a 6 km/hr.

----- indica datos no registrados.

DIA	DIRECCION	VELOCIDAD (Km/hr.)
6	W	2 a 6
7	W	2 a 6
8	NW	2 a 6
9	W	2 a 6
10	W	2 a 6
11	W	2 a 6
12	W	2 a 6
13	NW	2 a 6
14	NW	2 a 6
15	NW	2 a 6
16	W	2 a 6
17	N	2 a 6
18	N	2 a 6
19	N	2 a 6
20	N	2 a 6
21	W	2 a 6
22	W	2 a 6
23	W	2 a 6
24	W	2 a 6
25	W	2 a 6
26	W	2 a 6
27	NW	2 a 6
28	NW	2 a 6

TABLA IV.- Valores de rpidez y direcciones de viento para el área de Tijuana, Baja California, durante el mes de Febrero de 1978.

DIA	VELOCIDAD PROMEDIO (Km/hr)	DIRECCION PROMEDIO (grados)
1	13.25	206
2	13.78	232
3	8.05	217
4	7.01	227
5	5.30	331
6	6.70	230
7	10.25	238
8	10.03	220
9	7.11	310
10	38.33	193
11	5.50	324
12	7.20	318
13	13.27	240
14	13.43	231
15	8.50	252
16	13.75	234
17	12.20	241
18	5.30	265

TABLA V.- Valores promedios de velocidades y direcciones de viento para la Bahía de Ensenada, Baja California, durante los primeros 18 días del mes de Febrero de 1978.

AÑO/ALTURA	30 cm	60 cm	90 cm	120 cm	150 cm	180 cm	210 cm	240 cm	270 cm	300 cm	330 cm	360 cm	390 cm	420 cm	450 cm
1978	8800	5600	2200	1600	640	260	120	25	0	0	0	0	0	0	0
1979	8200	6000	2800	1200	600	220	63	40	14	0	0	0	0	0	0
1980	8800	6900	3600	1800	890	290	110	47	24	17	8	0	0	0	0
1981	8700	7000	4990	2990	1800	1100	600	340	210	120	80	42	26	9	6

TABLA VI . Número de horas/año de ocurrencia de altura significativa excedente de olas (en centímetros) para la estación del Muelle de Scripps.

AÑO/PERIODO	4 seg	6 seg	8 seg	10 seg	12 seg	14 seg	16 seg	18 seg	20 seg
1977	8760	7884	6500	4200	2400	1200	400	150	64
1978	8760	8000	6900	5000	3400	1900	1000	700	500
1979	8200	7900	5100	3300	1990	920	210	110	50
1980	8600	7400	5200	3500	1850	760	100	74	39
1981	8400	7500	4900	1600	520	320	110	64	54

TABLA VII. Número de horas/año de ocurrencia de períodos excedentes (en segundos) para la estación del Muelle de Scripps.

AÑO	1978	1979	1980	1981
TRIMESTRE	ENE-FEB-MAR	ABR-MAY-JUN	ENE-FEB-MAR	ENE-FEB-MAR
H'o	1.0 m.	1.0 m.	1.0 m.	1.0 m.
T	14 seg.	8 seg.	8 seg.	8 seg.
PENDIENTE				
GOT θ	1.4	10	10	10
H'o/gT ²	0.0006	0.0016	0.0016	0.0016
R/H'o	3.60	1.0	1.0	1.0
R	3.60 m.	1.0 m.	1.0 m.	1.0 m.

TABLA VIII.- Resultados obtenidos de " Runup " para Playas de Tijuana, durante los años de 1978 a 1981.

	1978	1979	1980	1981
ENERO	0.73	---	0.43	0.73
FEBRERO	0.63	0.44	0.64	0.63
MARZO	0.59	0.33	0.70	0.69
ABRIL	0.35	0.59	0.76	0.60
MAYO	0.35	0.51	0.61	0.66
JUNIO	0.21	0.47	0.58	0.59
JULIO	0.21	0.44	0.51	0.37
AGOSTO	0.21	0.24	0.32	0.39
SEPTIEMBRE	0.24	0.46	---	0.37
OCTUBRE	0.18	0.53	0.68	0.36
NOVIEMBRE	0.29	---	0.70	0.61
DICIEMBRE	---	0.43	0.40	0.69

TABLA IX.- Valores de Energía promedio (en joules) obtenidos durante los años de 1978 a 1981, para la estación del Muelle de Scripps.

4. - DISCUSIONES.

De acuerdo a los resultados obtenidos en lo que se refiere a los perfiles de playa, se nota una marcada diferencia entre las pendientes correspondientes. Los perfiles de playa originales tienen en general valores pequeños cuyo promedio es de 0.02, la cual se encontraba en equilibrio con los factores físicos. Este equilibrio se vio afectado por la intervención de la mano del hombre, ya que para la construcción de la sección adyacente a la costa del Fraccionamiento, se efectuó un relleno con sedimento de tamaño medio menor que 4ϕ (limo arcilloso), que es mucho menor que el del sedimento de playa. Esto ocasionó un desequilibrio entre las fuerzas de erosión y depositación que actúan sobre

la costa, trayendo como consecuencia un cambio en los perfiles de playa, la cual no se lleva a cabo de una manera necesariamente rápida. Sin embargo sumado a episodios de tormentas ocasionó una aceleración en el proceso de equilibrio de la playa con las nuevas condiciones, aunado a esto tenemos un menor aporte de sedimentos al océano por parte del río Tijuana lo que provocó la desestabilización del sistema litoral.

En la pendiente de los perfiles erosionados se ve una tendencia a un valor promedio de 0.09 producido por la erosión del relleno antes mencionado, el cual fue destruido en más de sus $2/3$ partes. Cabe mencionar que el sedimento estaba semiconsolidado, y como señalamos al principio las altas razones de erosión ocurren precisamente en esta clase de sedimento. Se deben estudiar nuevas

condiciones de oleaje para conocer si la nueva pendiente esta en equilibrio o en proceso de alcanzarlo.

Durante el periodo de erosión en Playas de Tijuana, que ocurrió durante el mes de febrero de 1978, acentuándose los primeros días de dicho mes, el nivel del mar coincide con sus valores máximos, alcanzado hasta 1.84 metros, no existiendo diferencia entre la marea predicha y la medida. Aunado a este resultado tenemos nuestros datos de viento, los que muestran que el viento no tuvo influencia en producir un apilamiento de agua contra la costa, lo cual hubiera producido que la marea registrada excediera a la marea predicha.

En lo que respecta a la climatología del oleaje obtenemos que no existe una variación notable entre las alturas significantes de olas durante Febrero 1978 comparado con los otros periodos estudiados, ya que de acuerdo a nuestros resultados el comportamiento de los valores de los números de horas/año de ocurrencia de altura significativa de ola no tiene variaciones anormales durante todo el periodo de estudio. Para el año de 1981 se observa un aumento en el número de horas/año de ocurrencia de altura significativa de ola que alcanzan valores hasta de 4.50 metros, es interesante señalar que durante Enero de 1981 se presentó en Playas de Tijuana un nuevo episodio erosivo de la costa, el cual se pudo haber debido a un incremento en la energía del oleaje y no al periodo de la ola, como puede deducirse de las figuras 13, 16, 19, 20, y la Tabla IX. Además de que durante este mes ocurren la mayoría de las mareas más altas del año.

En lo que se refiere a periodos de ola, observamos un cambio significativo en la ocurrencia de olas de periodo largo entre 12 y 20 segundos durante el primer trimestre de 1978 comparado con los años de 1979, 1980, 1981.

Por otra parte los promedios mensuales de alturas de mar de leva y oleaje local no indican valores superiores durante febrero de 1978 comparado con con otros periodos.

Los cálculos de 'Runup' nos dan resultados en los cuales se puede apreciar una marcada diferencia entre los años de 1979, 1980 y 1981 comparados con el primer trimestre de 1978 cuyo valor alcanzó una altura de 3.60 veces mayor. Un factor importante en la influencia del 'Runup' son los periodos largos de ola los cuales incrementan el alcance de aquel.

Durante Enero y Febrero de 1978 se presentaron en las costas de California una serie de tormentas precedidas unas de otras las cuales tuvieron una influencia destructiva en las costas del sur de California y Baja California. (Seymour et al., 1978). Anteriormente se han presentado tormentas en esta área y no había habido problemas de erosión en Playas de Tijuana, es posible que la influencia de dichas tormentas halla sido limitada por su duración, factor que se vio reforzado durante la serie de tormentas de 1978. La cantidad o sucesión de tormentas es un factor más crítico que la intensidad de las mismas (Komar, 1976).

En lo que se refiere a estructuras que afecten el transporte

litoral neto, comenzaremos por señalar que el transporte litoral predominante en Playas de Tijuana es de sur a norte según Shepard (1950), esto puede observarse en la configuración del delta producido por el río Tijuana (fig. 2), por lo que cualquier estructura situada al norte de Playas de Tijuana no tiene una influencia sobre ella. Aunque cabe señalar que la presencia del delta como estructura sedimentaria podría producir una interferencia actuando como trampa natural de sedimentos ocasionando posibles alteraciones en el avance o retroceso de la línea de costa a lo largo de Playas de Tijuana. La construcción de la Presa Rodríguez y la canalización del río Tijuana pueden afectar el aporte de sedimentos ya que al actuar como trampas de sedimento esto repercute directamente en la configuración del delta ocasionando la disminución del mismo y trayendo como consecuencia una erosión de los flancos del delta, en uno de los cuales se encuentra situado el Fraccionamiento Playas de Tijuana, lo anterior se esquematiza en la figura 21. Inman indica que aproximadamente 660,000 yardas cúbicas que deberían llegar a las playas, son atrapadas por la presa Rodríguez (tomado de Kuhn y Shepard, 1983).

5. - CONCLUSIONES.

Se concluye que las causas responsables que dieron lugar al proceso erosivo suscitado en el Fraccionamiento Playas de Tijuana (sección del Paseo Costero) durante el invierno de 1977-78 son las siguientes:

- a). - La mayor ocurrencia de olas de períodos largos.
- b). - El alcance del 'Runup' combinado con las altas.
- c). - El tamaño de sedimento utilizado en el relleno, siendo éste mucho menor que el sedimento de playa y su no compactación.
- d). - El efecto de la Presa Rodríguez y la canalización del río Tijuana como posibles trampas de sedimento cortando el aporte al sistema litoral.
- e). - Y por último la falta de previsión de una protección de la línea de costa artificial.

6. - RECOMENDACIONES.

Se recomienda efectuar un estudio de la dirección y sentido del acarreo litoral, así como una prospección batimétrica y una evaluación local detallada de los parámetros que incluye la climatología de oleaje para la zona de estudio, que nos sirvan para obtener un modelo del transporte litoral. En base a lo anterior se debe hacer la mejor interpretación para introducir estructuras tales como espigones, muros tamaño apropiado del material de relleno, etc., que mejor convengan para la restauración y protección de la playa del Fraccionamiento Playas de Tijuana.

Es importante señalar la escasez de estadística de oleaje con que cuentan nuestras costas y que es necesaria para la comprensión de los procesos litorales, para así evitar desastres (erosión costera, asolve de puertos, destrucción de rompeolas, etc.) que ocasionan grandes pérdidas económicas.

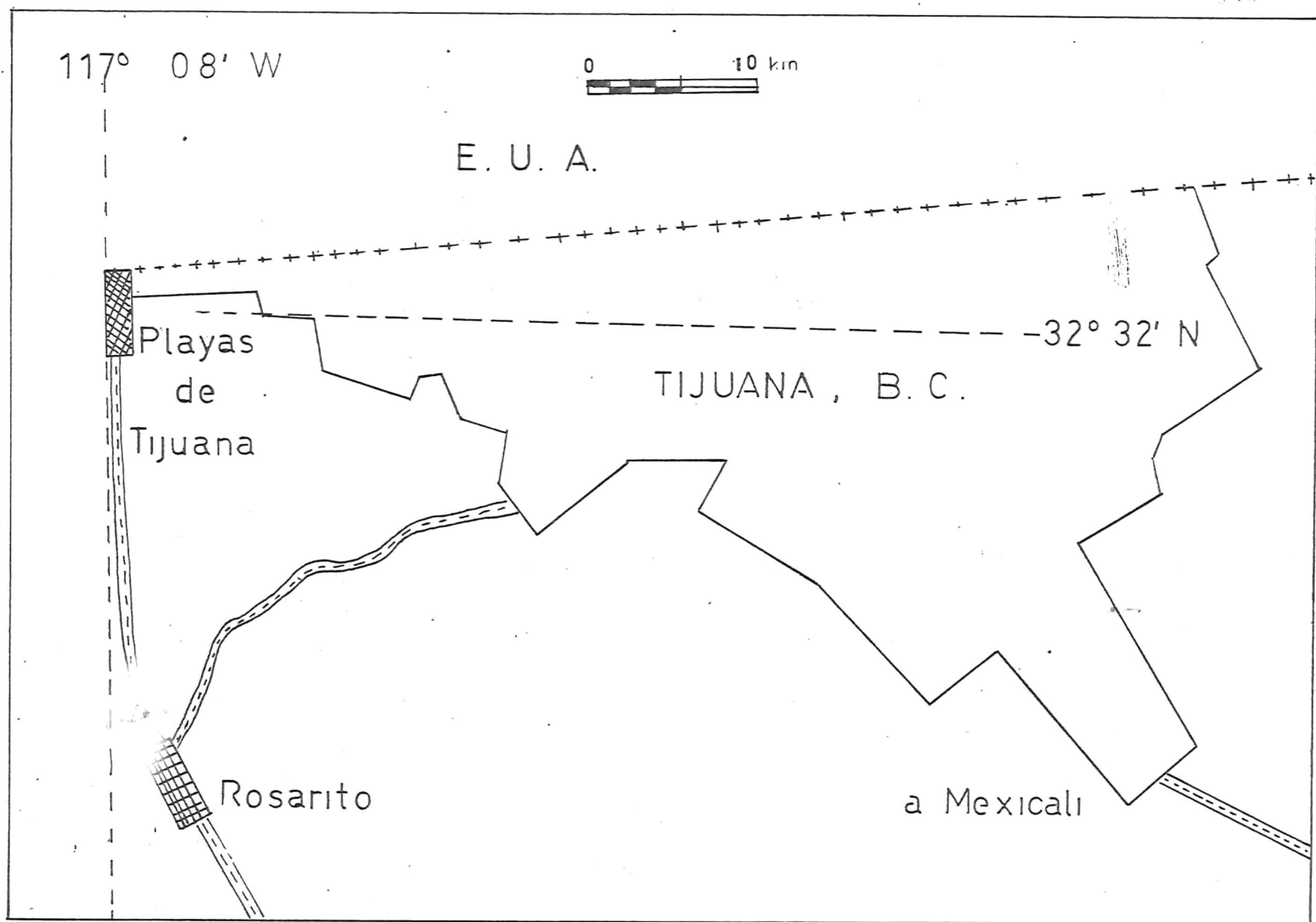


FIG. 1.- Localización del área de estudio.

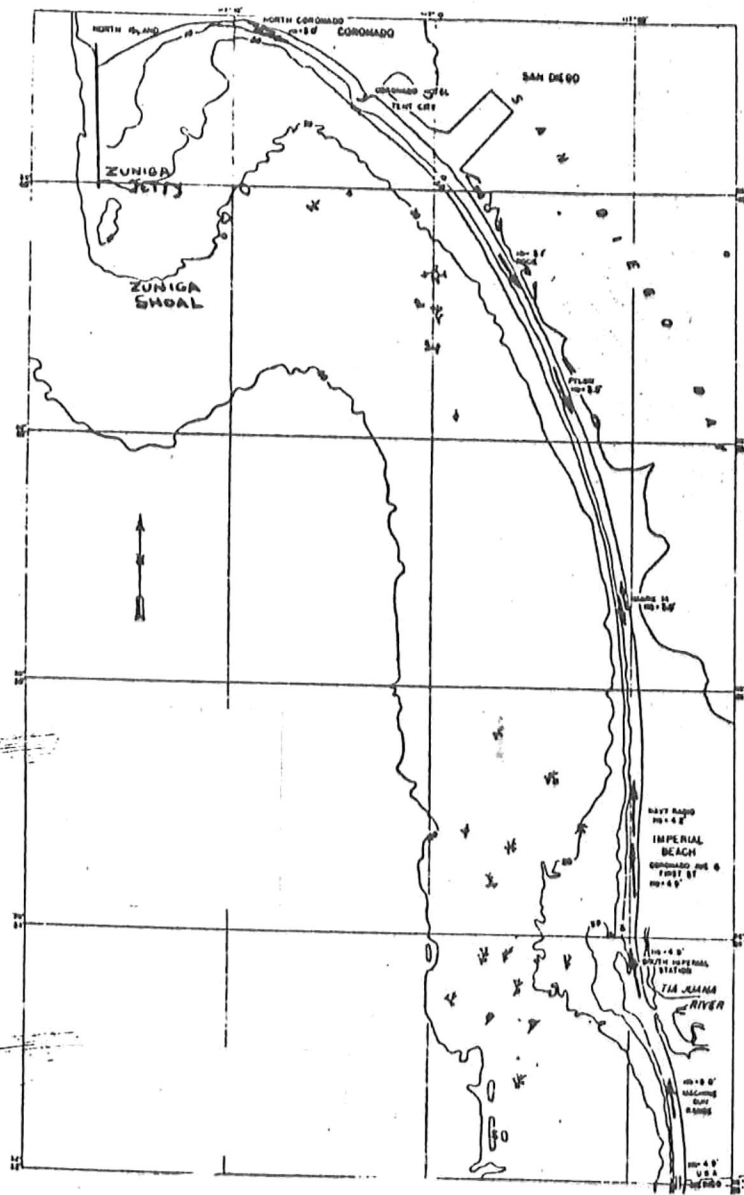


Fig. 2.- Dirección de la corriente a lo largo de la costa de Coronado e Imperial Beach. (de Shepard, 1950).

R = "Runup"
H₀ = Altura de la ola en agua profunda.
 θ = Pendiente del escarpe
h = Altura de la estructura

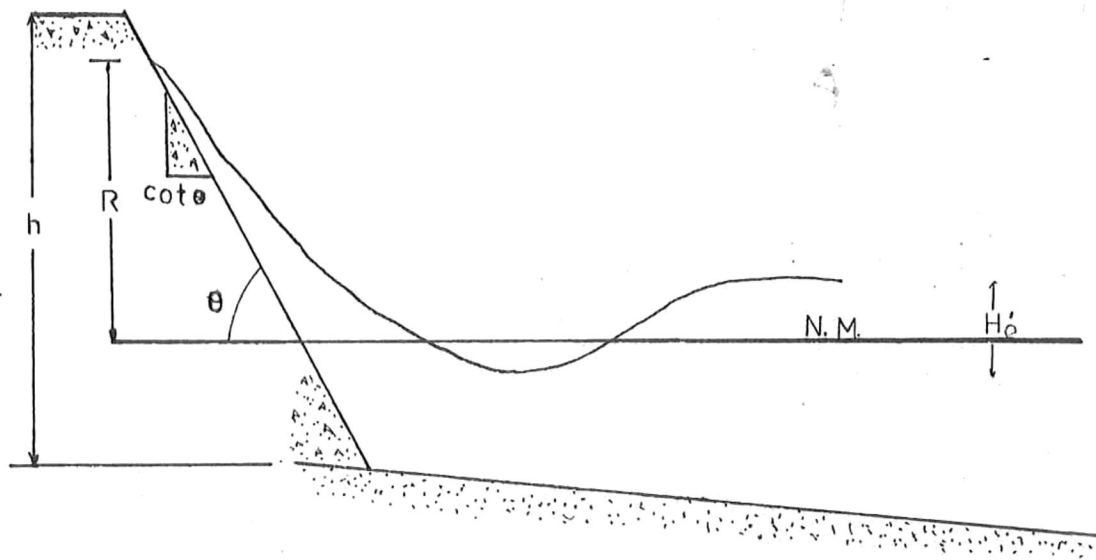


FIG. 3.- Esquema ilustrativo de. "Runup" (tomado del Shore Protection Manual Vol. II).

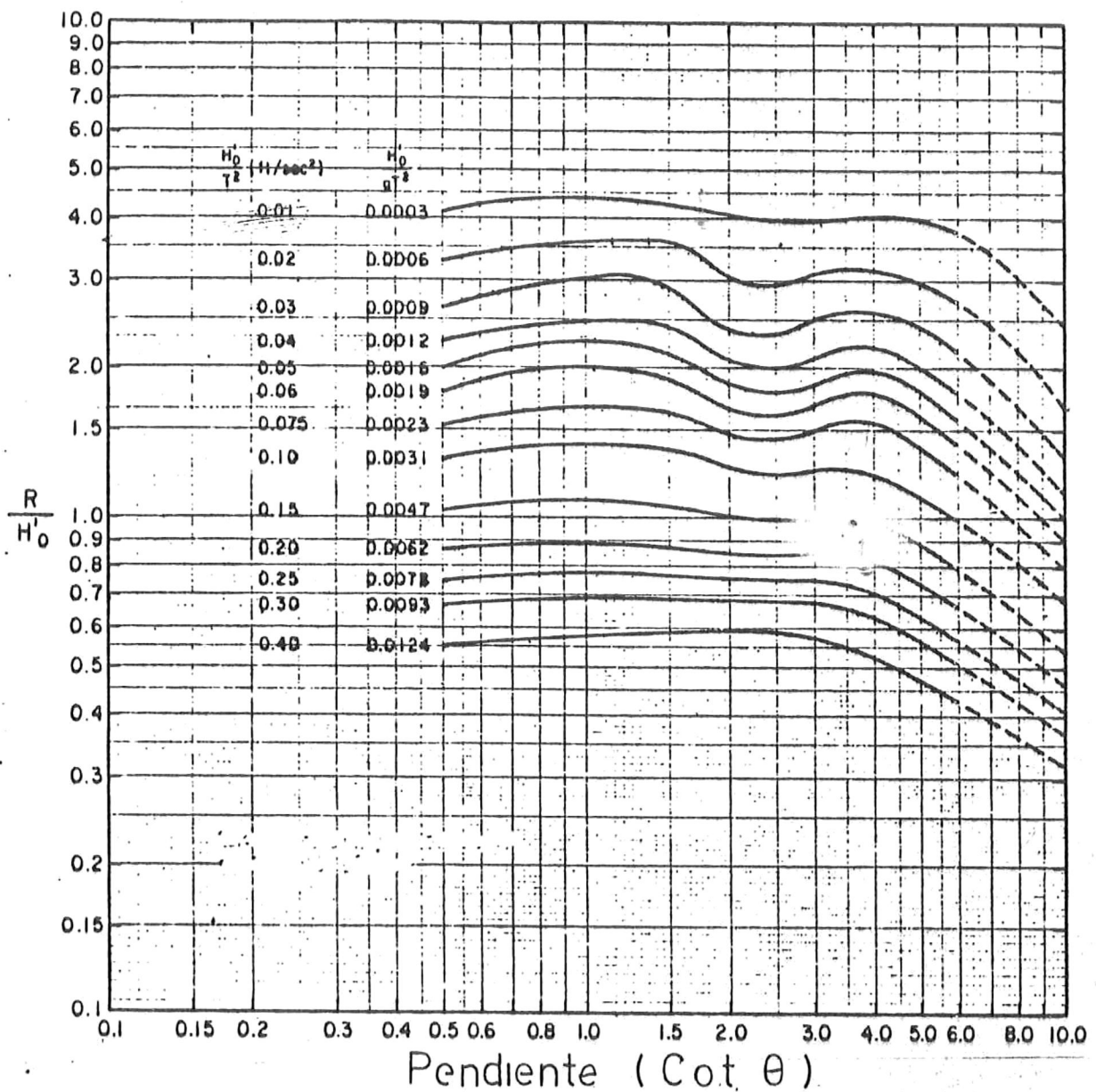


Fig 4.- Nomograma para calcular el valor del " Runup " sobre pendientes impermeables. Donde g es la gravedad y T es el período de la ola en agua profunda (Tomado del Shore Protection Manual Vol. II).

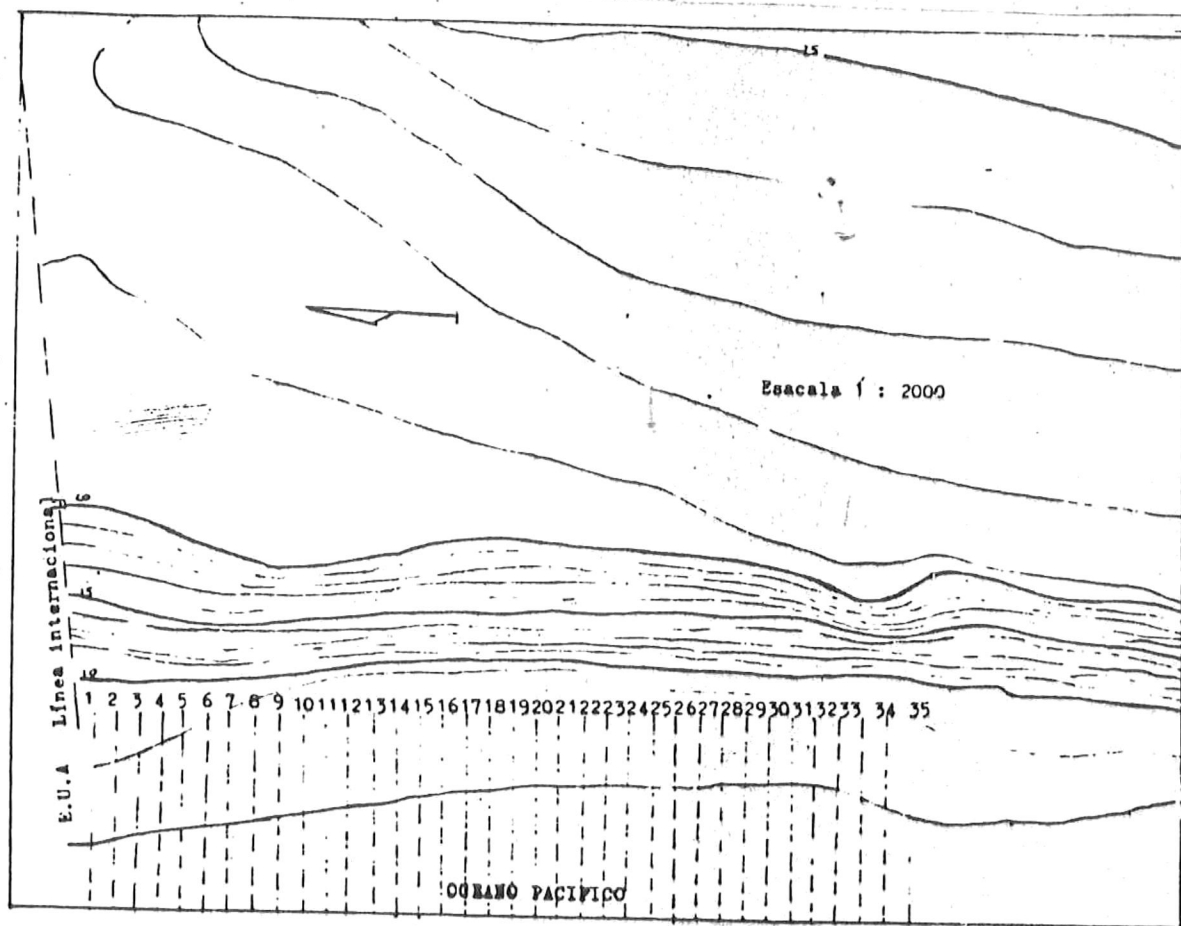


Fig. 5.- Plano topográfico de Playas de Tijuana antes de la construcción del Fraccionamiento. Las líneas punteadas indican la ubicación de los perfiles de playa, el número señala el perfil correspondiente. El nivel de referencia es arbitrario y esta en el monumento que señala el límite internacional con E.U.A.

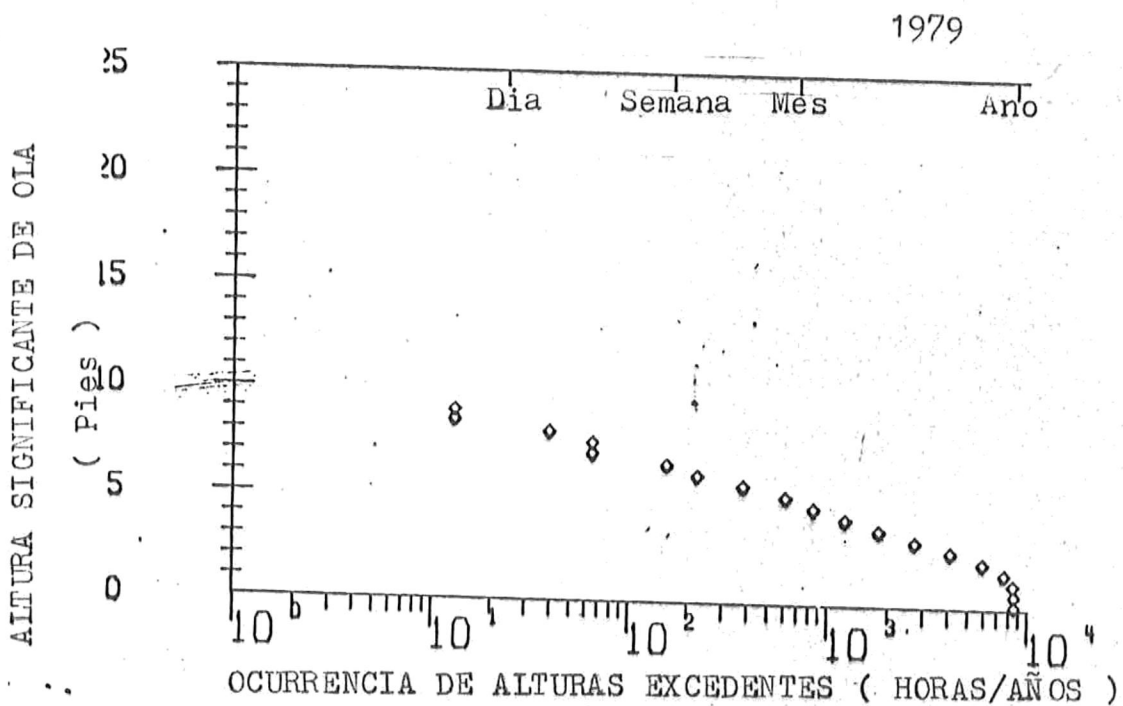
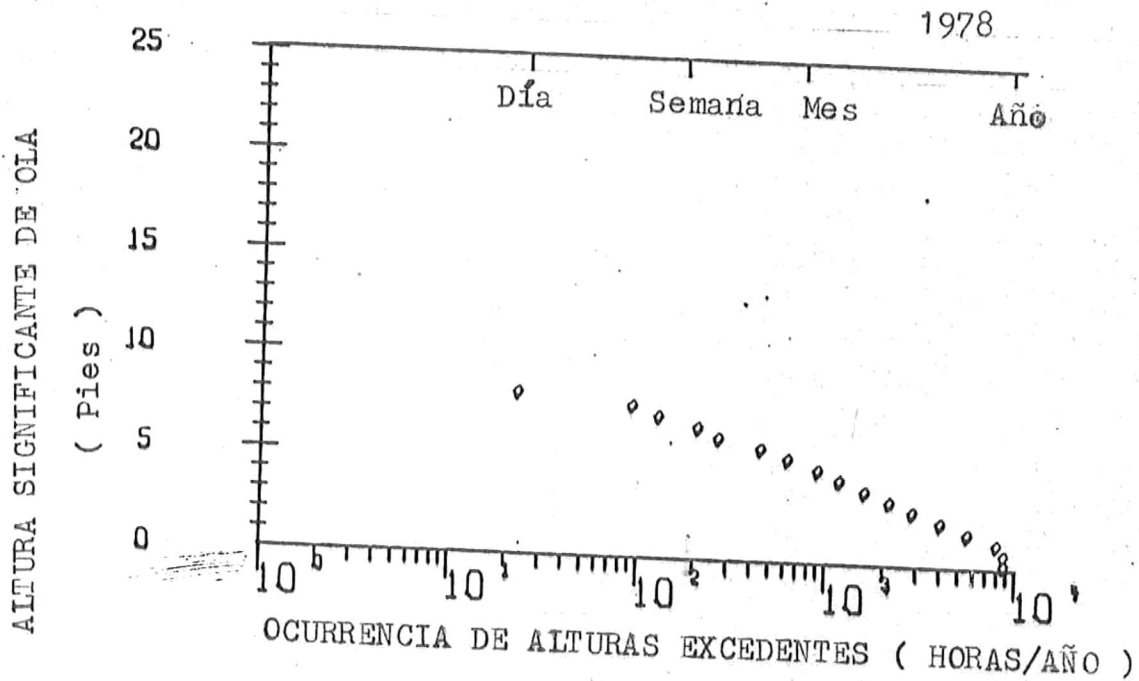
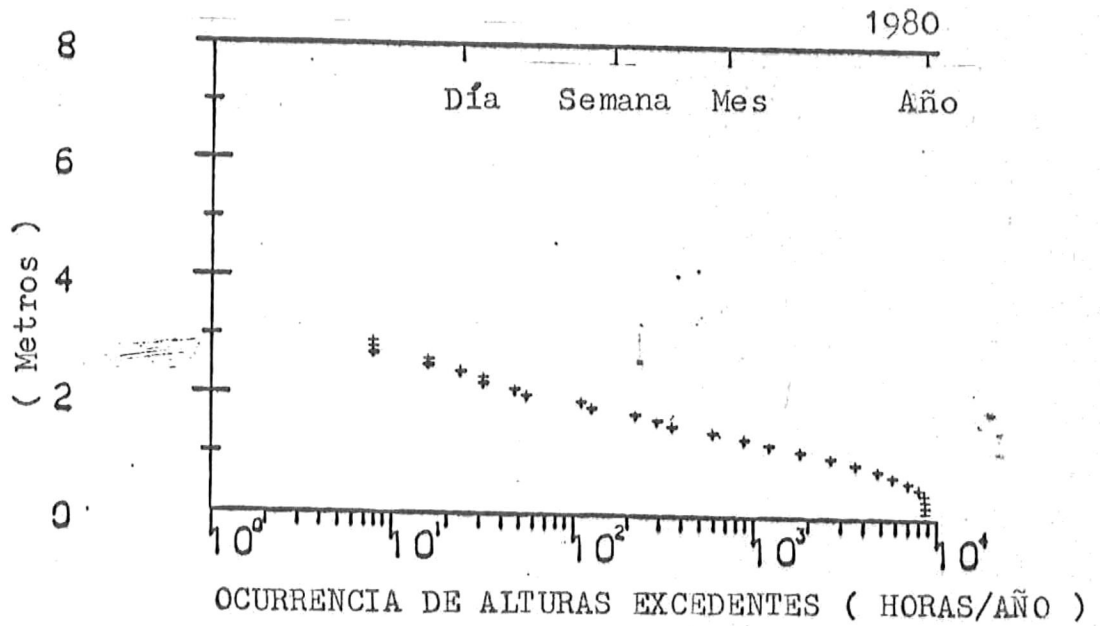


Fig. 6. Gráficas de la Función de Distribución de Alturas para la estación del Muelle de Scripps, durante los años de 1978-79.

ALTURA SIGNIFICANTE DE OLA



ALTURA SIGNIFICANTE DE OLA

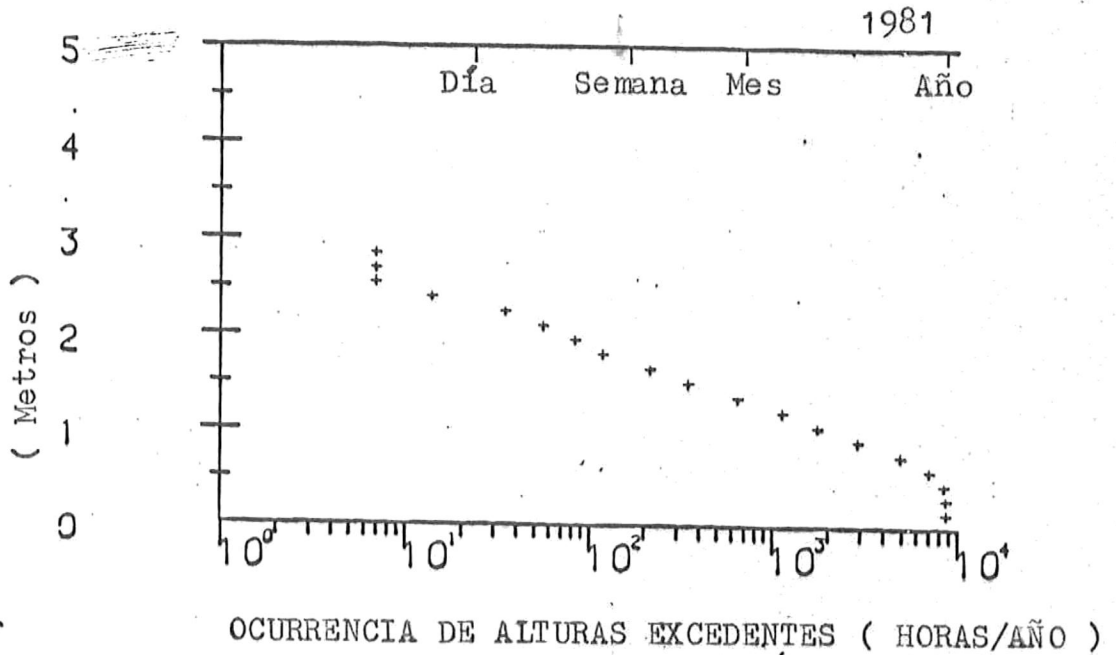
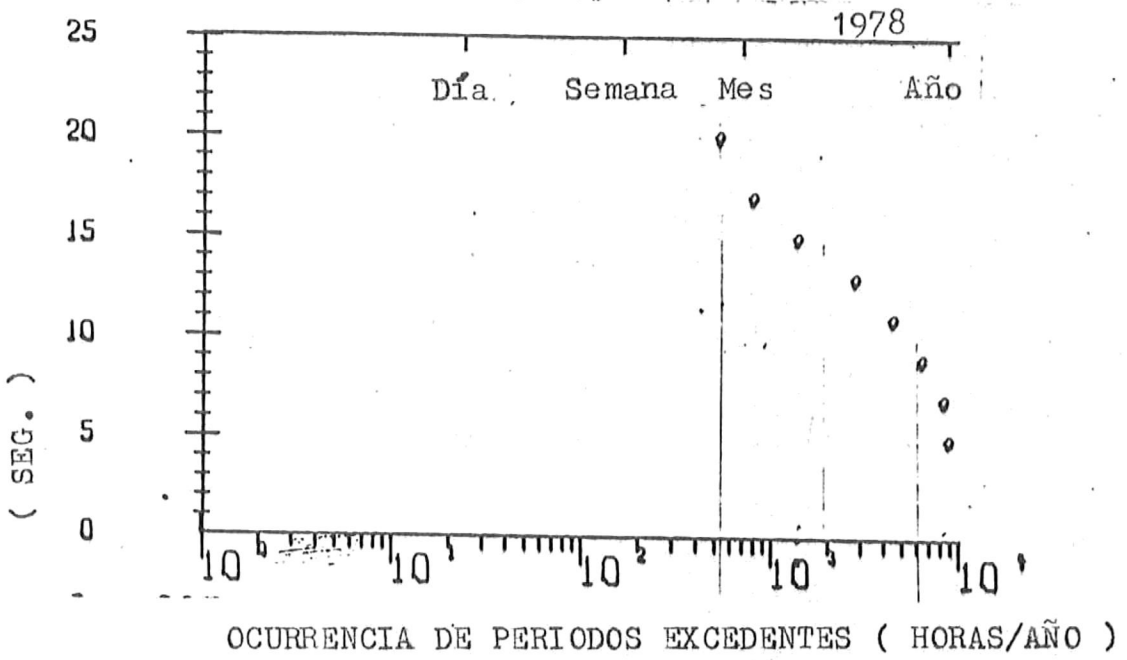


Fig. 7. Gráficas de la Función de la Distribución de Alturas para la estación del Muelle de Scripps, durante los años de 1980-81.

PERIODOS DE MAXIMA ENERGIA
(SEG.)



PERIODOS DE MAXIMA ENERGIA
(SEG.)

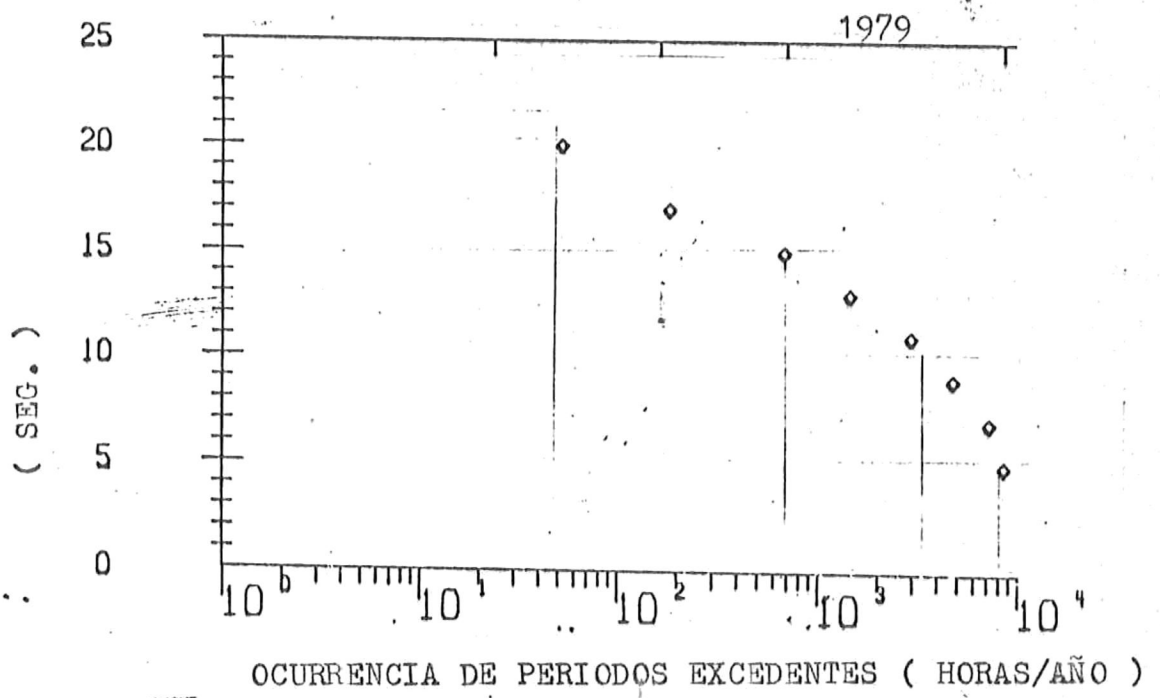
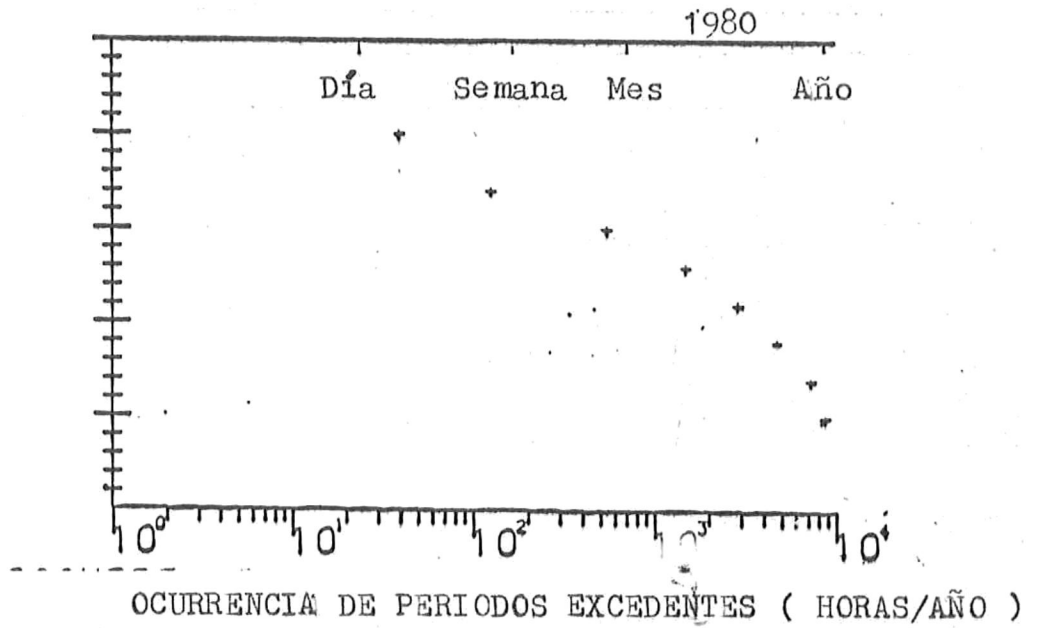


Fig. 8. Gráficas de la Función de Distribución de Periodos para la estación del Muelle de Scripps, durante los años de 1978-79.

PERIODOS DE MAXIMA ENERGIA

(SEG.)



PERIODOS DE MAXIMA ENERGIA

(SEG.)

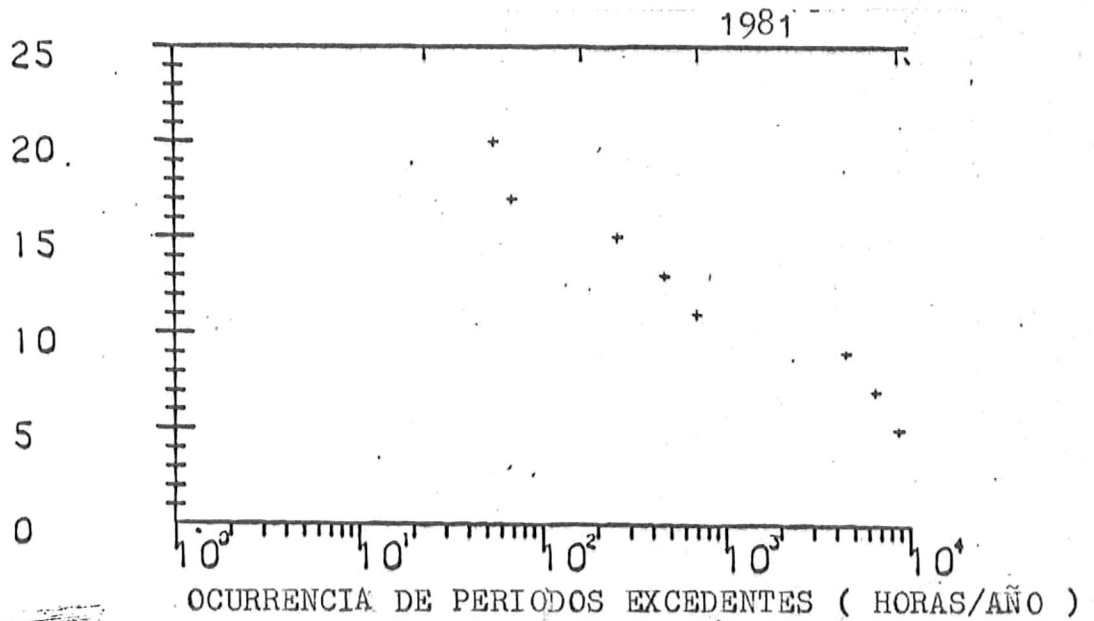


Fig. 9. Gráficas de la Función de Distribución de Periodos para la estación del Muelle de Scripps, durante los años de 1980-81.

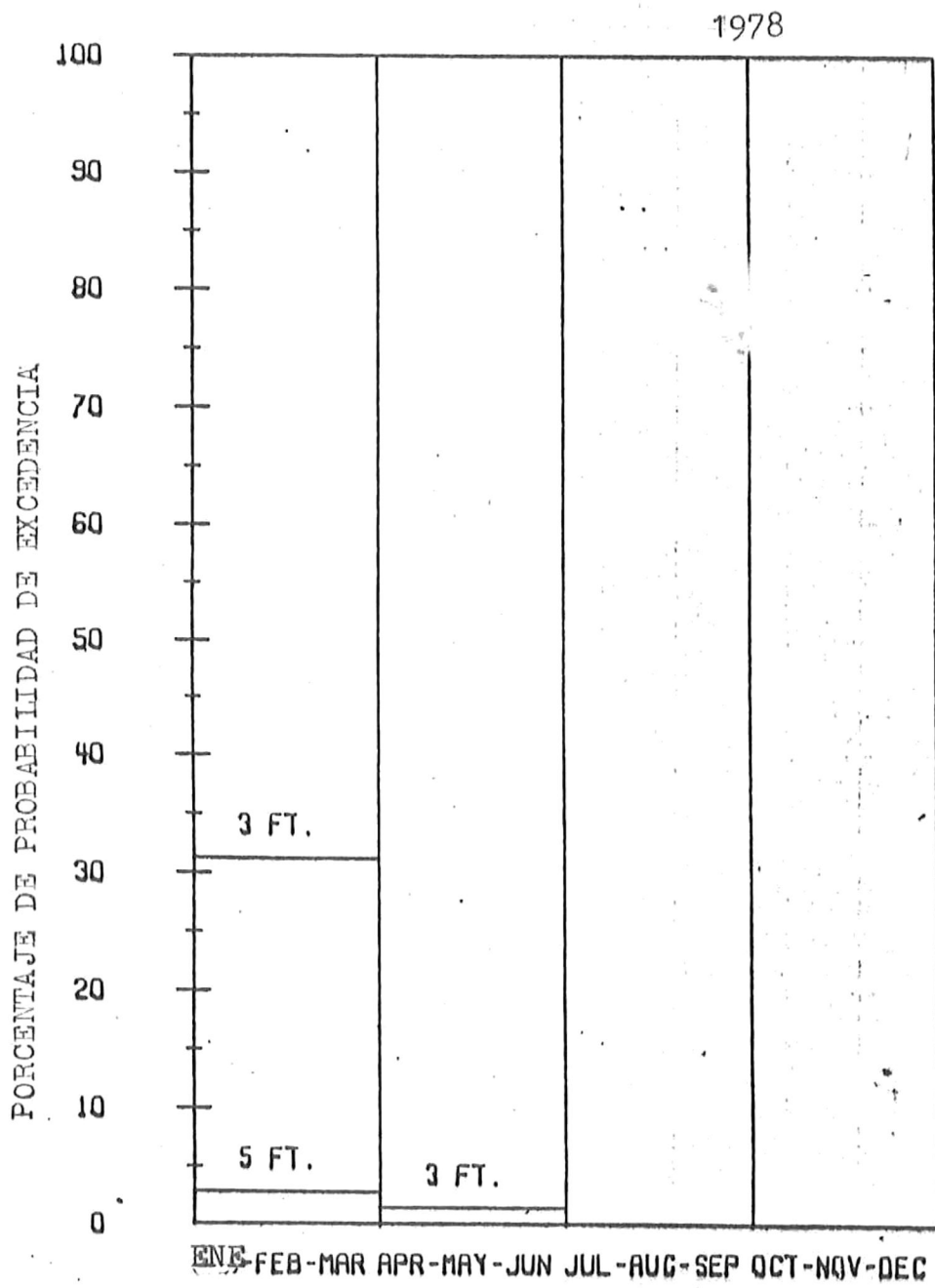


Fig. 10. Probabilidad Estacional de Excedencia de Altura Significante de ola. Estación del Muelle de Scripps.

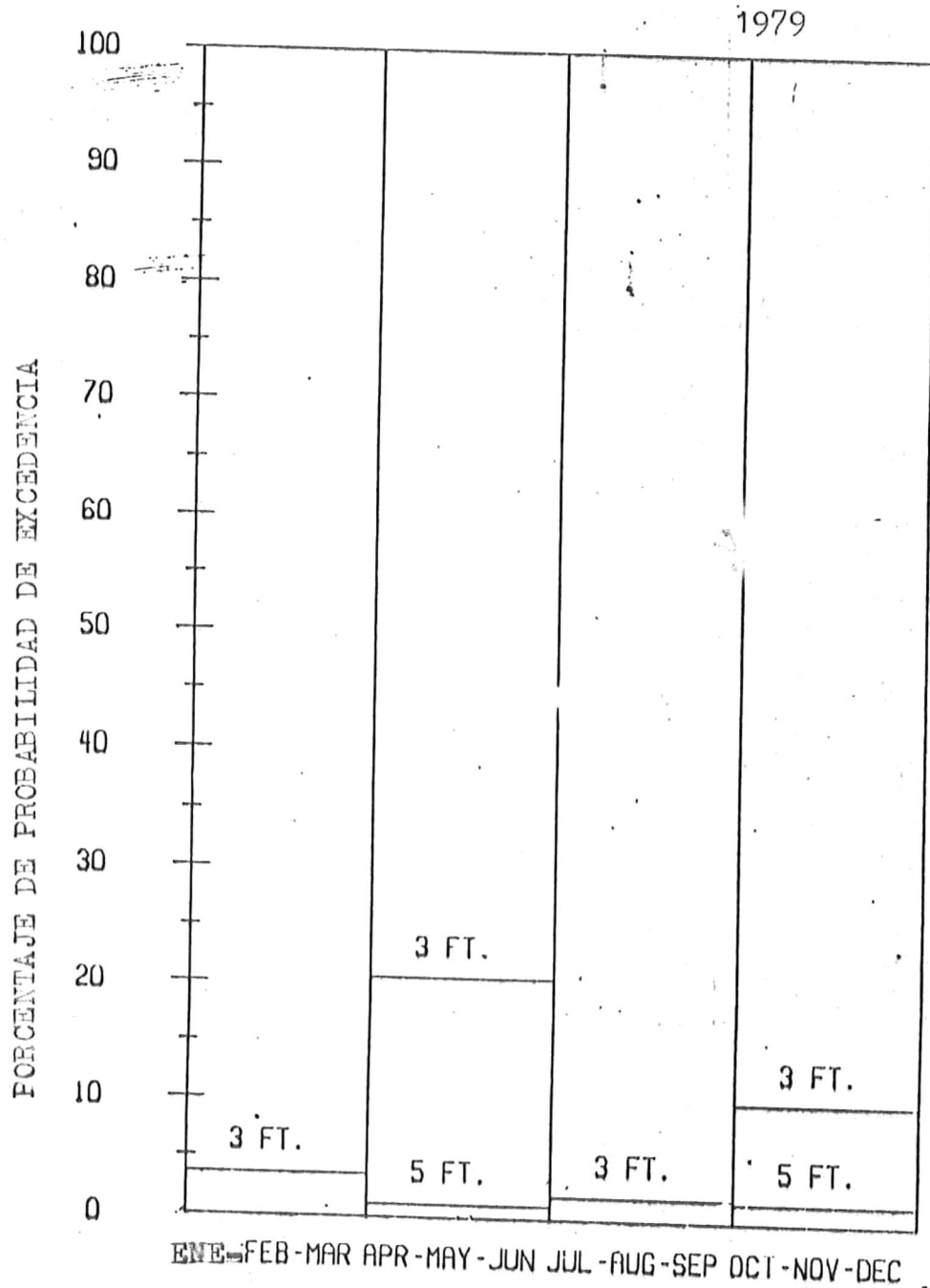


Fig. 11. Probabilidad Estacional de Excedencia de Altura Significante de ola. Estación del Muelle de Scripps.

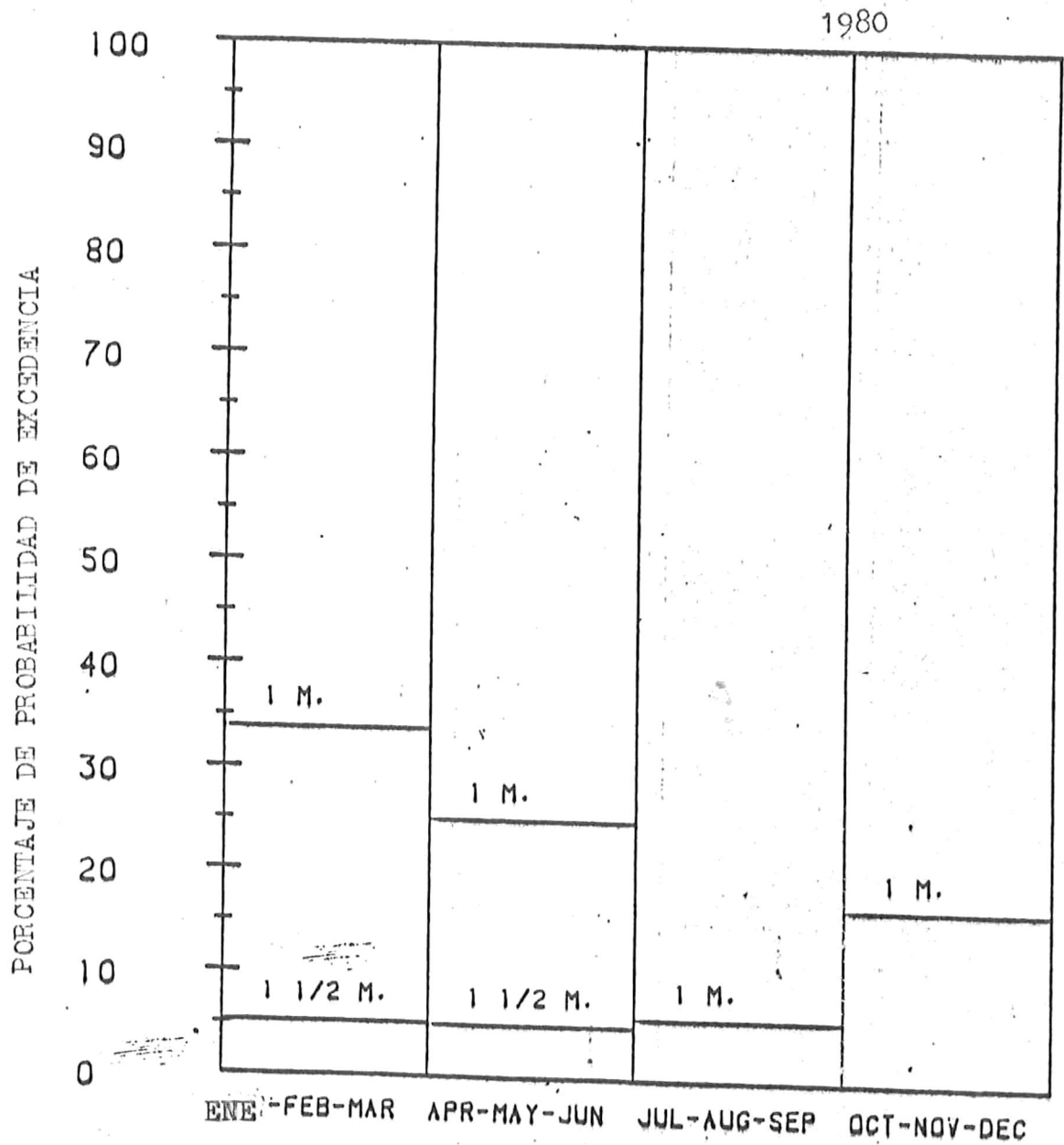


Fig. 12. Probabilidad Estacional de Excedencia de Altura Significante de ola, Estación del Muelle de Scripps.

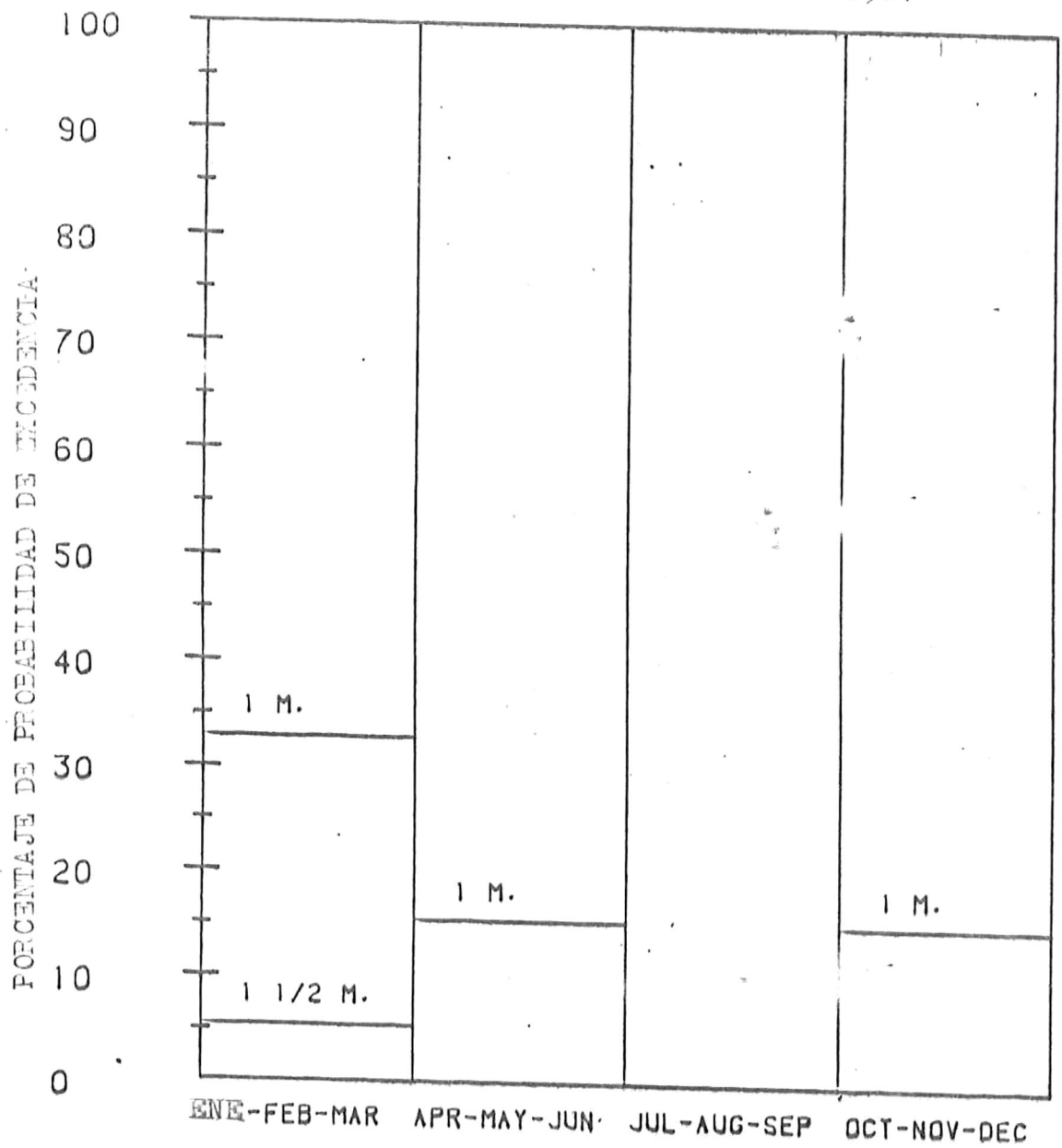


Fig. 13. Probabilidad Estacional de Excedencia de Altura Significante de ola. Estación del Muelle de Scripps.

Total de Observaciones= 761

CM.	ALTURA SIGNIFICANTE DE OLA (CM.)								
	22+	20	17	15	13	11	9	7	5
300									
290									
280									
270									
260									
250									
240									
230									
220									
210									
200									
190									
180									
170					1	1			
160					2	1	1	1	1
150					1	1		1	
140	1				2	1		1	2
130					2	2		1	
120			2		5	3	2	1	3
110						3	5	4	3
100					4	13	2	3	2
90	1				5	6	7	4	1
80					3	10	7	9	6
70		1	5		3	5	11	13	9
60		1	3		3	13	14	13	11
50		1	3		2	20	26	20	26
40	3	2	2		12	20	26	24	43
30	19	2	7		4	18	33	59	42
20	13	2	2		1	6	5	15	12
10									

Fig. 14. Tabla de Distribución de Períodos máximos de ola, para la estación del Muelle de Scripps, durante el año de 1978.

Total de Observaciones= 661

ALTURA SIGNIFICANTE DE OLA (CM.)	PERIODO MAXIMO (SEG.)							
	22+ 20	17	15	13	11	9	7	5
300								
290								
280								
270								
260								
250								
240								
230								
220								
210								
200								
190							1	
180								
170							2	
160						1	1	
150								
140				1		5	1	
130				1		1	3	
120						5	5	2
110			1	3	2	6	6	
100			2	2		5	9	
90			4	3	6	10	5	1
80			1	4	7	11	18	2
70			3	7	14	17	24	7
60		1	6	13	12	26	32	14
50		3	9	12	24	19	37	39
40		5	8	8	27	24	26	33
30	2	1	4	4	19	12	16	8
20	1		1	2	2			1
10								

Fig. 15. Tabla de Distribución de Períodos máximos de ola, para la estación del Muelle de Scripps, durante el año de 1979.

Total de Observaciones= 1102

ALTURA SIGNIFICANTE DE OLA (CM.)	PERIODO MAXIMO (SEG.)							
	22+20	17	15	13	11	9	7	5
300								
290						1		
280								
270								
260						1		
250								
240							1	
230						1		
220								
210						1	1	
200						1		
190				1		2	3	1
180						1	1	
170			1	1		1	9	
160			1			3	5	
150				1	2	1	4	
140			3	5	7	6	9	
130			2	2	4	12	18	
120				2	8	12	15	4
110			3	9	12	20	26	5
100			5	14	10	23	48	7
90			6	12	22	20	52	9
80		1	7	14	29	23	39	36
70			4	14	22	16	30	40
60	1	5	12	17	27	28	26	44
50	1	3	6	18	21	37	14	26
40	3	2	3	9	12	21	12	13
30				1	1	4	1	1
20								
10								

Fig. 16. Tabla de Distribución de Períodos máximos de ola, para la estación del Muelle de Scripps, durante el año de 1980.

Total de Observaciones= 1252

ALTURA SIGNIFICANTE DE OLA (CM.)	PERIODO MAXIMO (SEG.)								
	22+20	17	15	13	11	9	7	5	
450									
435									
420									
405									
390									
375									
360									
345									
330									
315									
300									
285						1			
270									
255									
240							1		
225			1			1	1		
210						3			
195					1	1	2		
180				1		1	3		
165		1		2		5	4	2	
150						12	5	2	
135			4	2	4	19	10	4	
120			2	3	2	36	21	7	
105			3	2	1	46	31	6	
90			5	3	5	86	38	28	
75	1		1	5	10	9	125	73	67
60	4			6	5	11	111	72	101
45	2			1	2		82	30	81
30	1						13	1	18
15							1		

Fig. 17. Tabla de Distribución de Períodos máximos de ola, para la estación del Muelle de Scripps, durante el año de 1981.

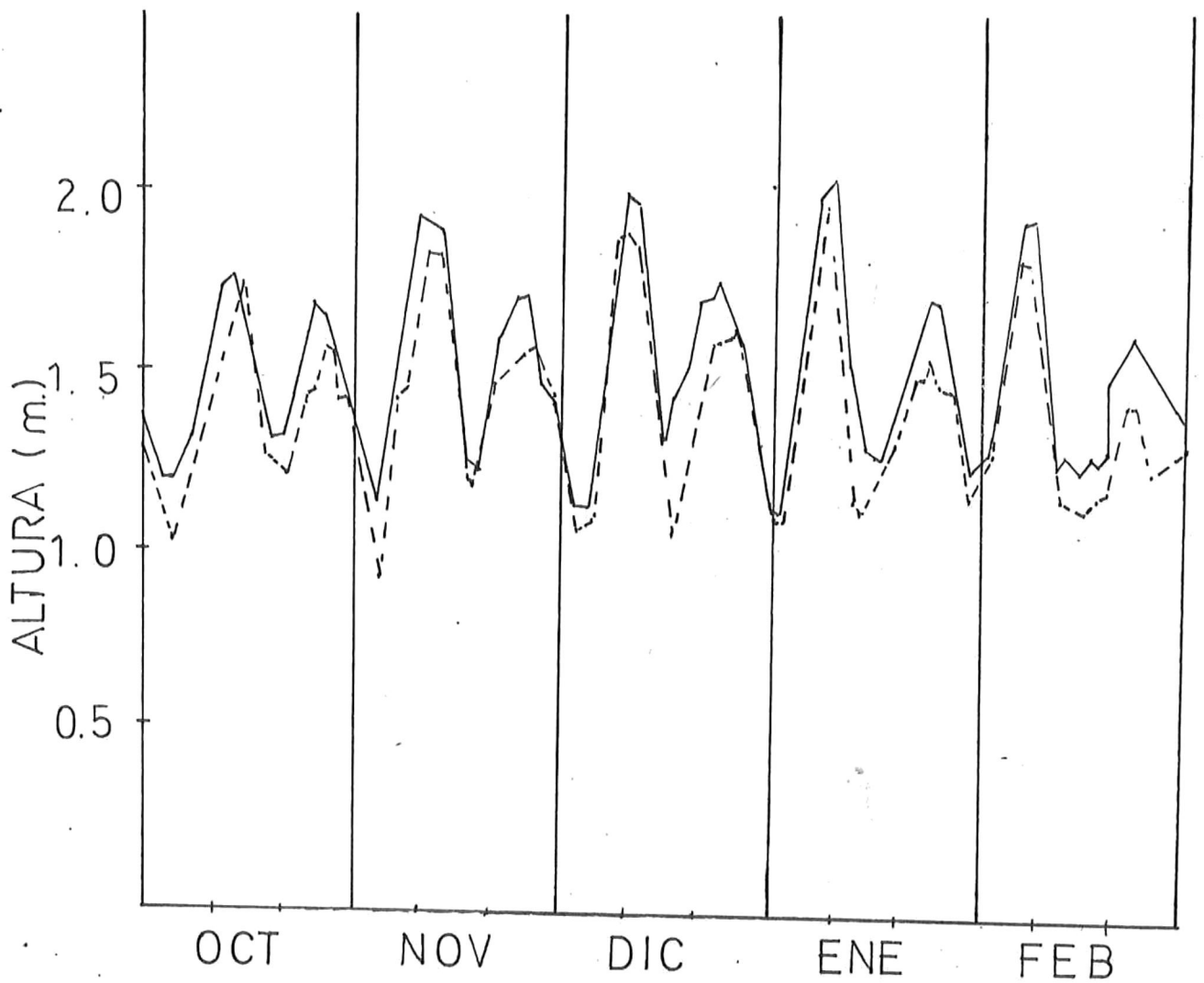


FIG. 18.- Máximos diarios de Pleamar, para Ensenada, Baja California, durante los meses de Octubre a Febrero de 1977-78. La línea sólida indica la predicción (Calendario de mareas de la UNAM) y la línea entrecortada indica el registro de marea (Datos del CICESE).

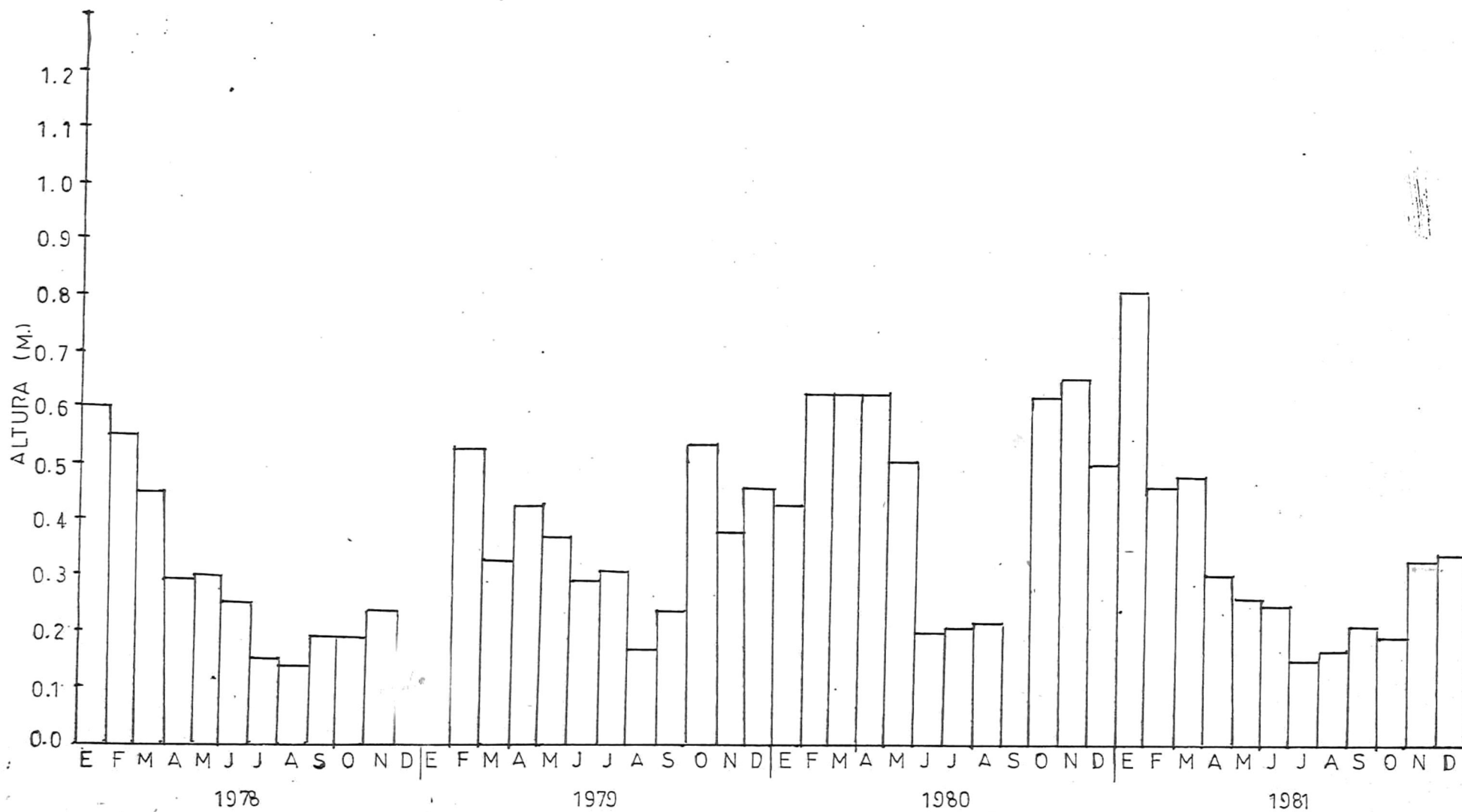


FIG. 19.- Promedios mensuales de Mar de Leva durante los años de 1978 a 1981 para la estación del Muelle de Scripps.

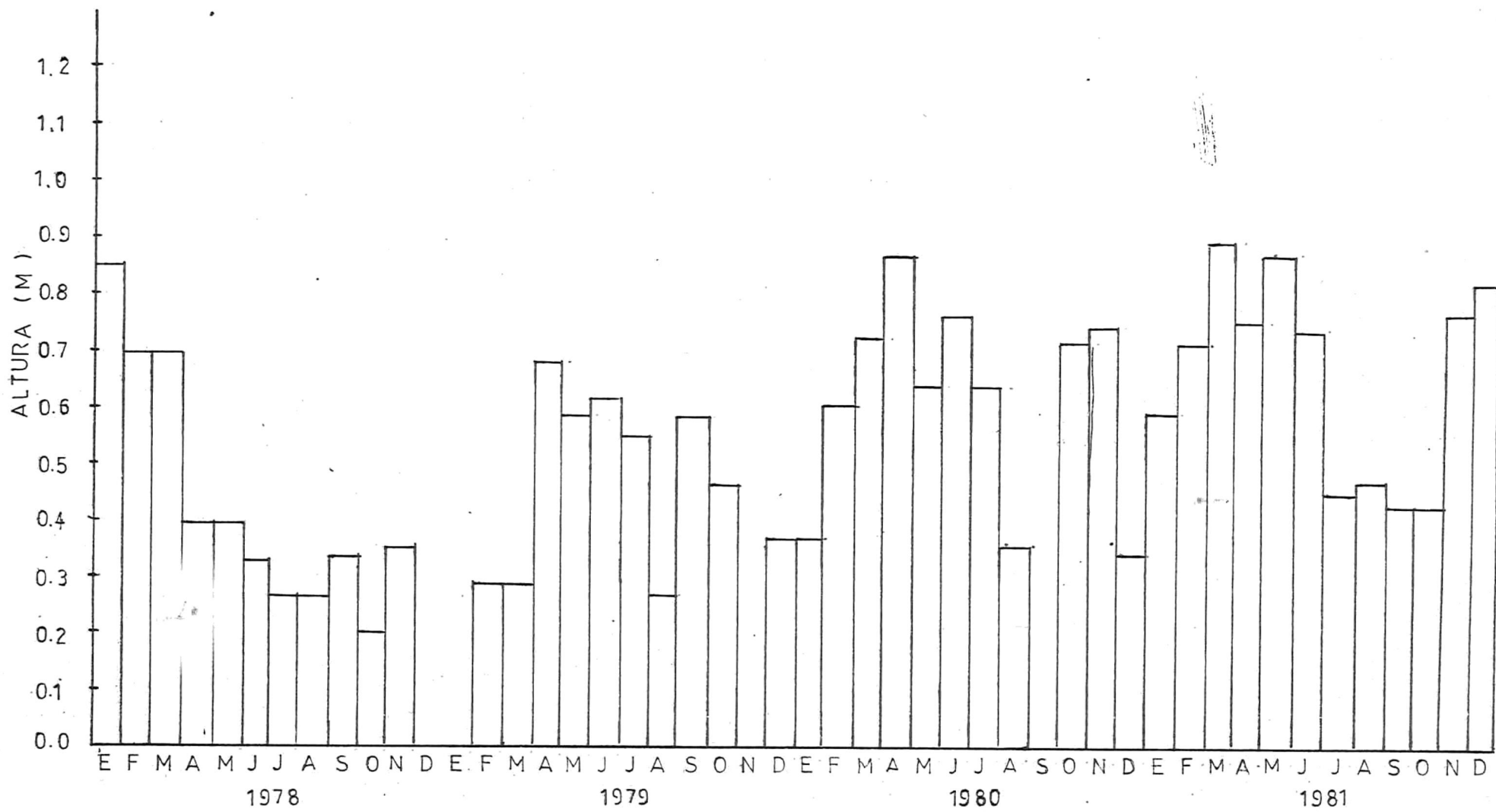


FIG. 20.- Promedios mensuales de oleaje local durante los años de 1978 a 1981 para la estación del Muelle de Scripps.

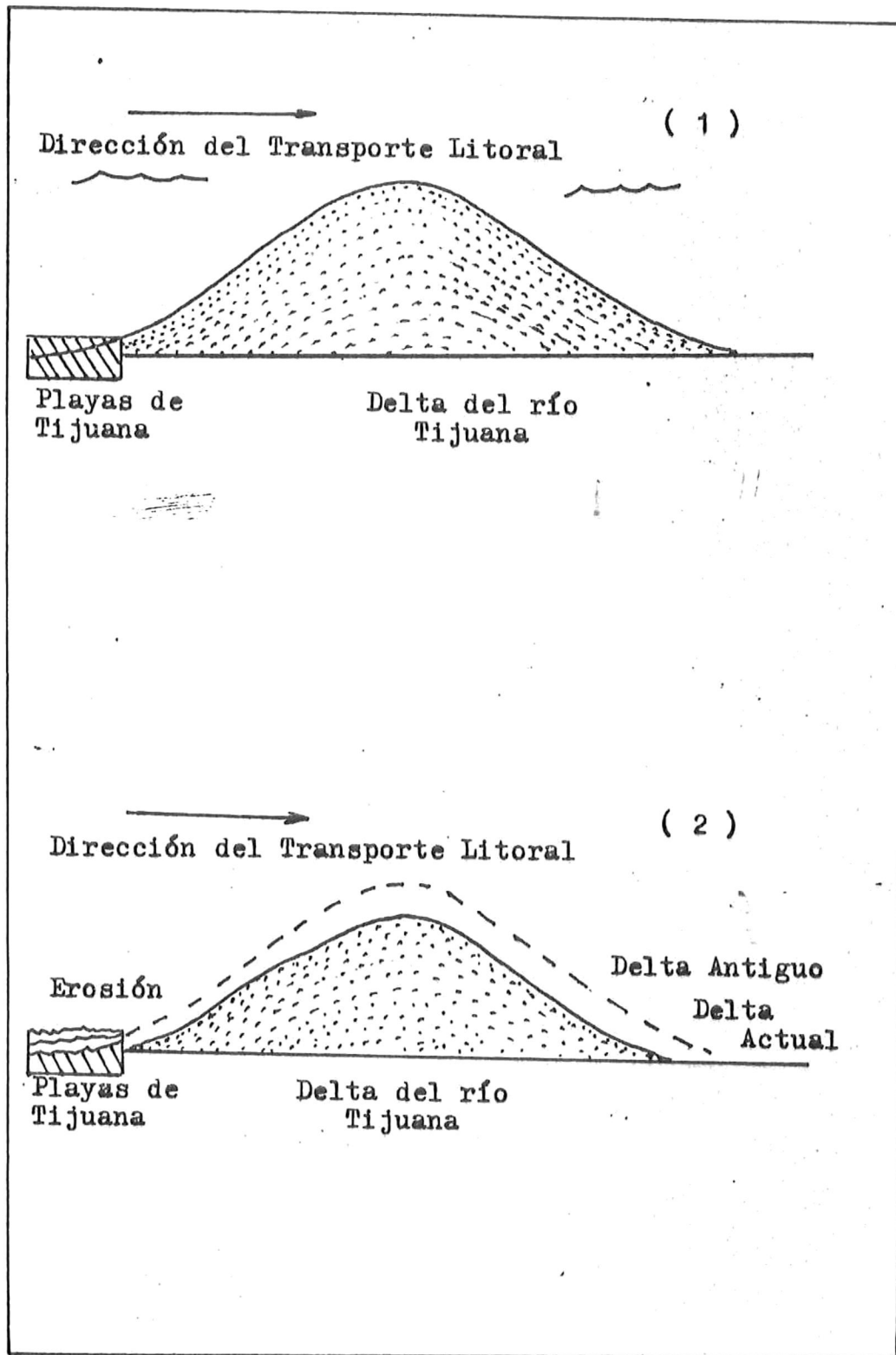


Fig. 21.- Evolución hipotética del delta del río Tijuana.

(1) Antes de la construcción de la Presa.

(2) Después de la construcción de la Presa.

7. - BIBLIOGRAFIA.

- FOLK, L. R. 1974. Petrology of Sedimentary Rocks. Hemphill Publishing Co. Drawer, M. University Station. Austin Texas 78712. pgs. 182.
- KING, C. A. A. 1972. Beaches and Coasts. Edward Arnold Publishing L.T.D. pgs. 570.
- KOMAR, D. P. 1976. Beaches Processes and Sedimentation. Englewood Cliffs N.J. Prentice-Hall. pgs. 429.
- KOMAR, D. P. 1978. Wave Conditions on the Oregon Coast during the Winter of 1977-78 and the Resulting Erosion of Nestucca Spit. Shore and Beach Vol. 46 No. 10 pp. 3-8.
- KUHN, G. G. y SHEPARD, F. P. 1983. Newly Discovered Evidence from the San Diego County Area of Some Principles of Coastal Retreat. Shore and Beach Vol. 51 No. 1 pp. 3-12.
- LIZARRAGA ARCINIEGA, J. R. 1976. Variaciones Estacionales de la Playa de la Bahía de Todos Santos, Baja California. Revista de Ciencias Marinas Vol. 3 No. 1 p. 43.
- MONTE DE OCA, M. 1979. Topografía. pp. 142-146. Editada por Representaciones y Servicios de Ingeniería. México D.F. pgs. 344.
- SEYMOUR, R. J., HIGGINS, A. L., WALD, S. L., WOODS, A. E. 1977. California Coastal Engineering Data Network. Second Annual Report. January 1977 a through December 1977. Published by State of California-Resources Agency. Department of Navigation and Ocean Development. Sacramento, California. pgs. 123.
- SEYMOUR, R. J., CASTEL, D., WOODS, A. E. y SESSION, M. H. 1978. California Coastal Engineering Data Network. Third Annual Report January 1978 through December 1978. Published by State of California-Resources Agency. Department of Boating and Waterways. Sacramento, California. pgs. 105.
- SEYMOUR, R. J., THOMAS, J. D., CASTEL, D., WOODS, A. E. y SESSION, M. H. 1979. Coastal Data Information Program. Annual Report. Published by State of California-Resource Agency. Department of Boating and Waterways. Sacramento, California. pgs. 121.
- _____ 1980. Coastal Data Information Program. Annual Report. Published by State of California-Resources Agency. Department of Boating and Waterways. Sacramento, California. pgs. 148.
- _____ 1981. Coastal Data Information Program. Annual Report. Published by State of California-Resources Agency. Department of Boating and Waterways. Sacramento, California. pgs. 190.
- SHEPARD, F. P. 1950. Longshore Current Observation in Southern California Scripps Institution of Oceanography. Ref. No 456. U.S. Army Corps. of Engineers. Beach Erosion Board Tech. Memo. No. 13 pp. 54.
- SHEPARD, F. P. e INMAN, D. L. 1950. Nearshore. Circulation

- Related to Bottom Topography and Wave Refraction. Trans. Am. Geophys. Un. Vol. 31 No. 2.
- SILVESTER, R. 1974. Coastal Engineering 2. Elsevier Scientific Publishings Co. New York. pgs. 338.
- SUNAMURA, T. 1982. A Predictive Model for Wave-Induced Cliff Erosion with Application to Pacific Coast of Japan. Journal of Geology Vol. 90 No. 2. pp. 167-177.
- TECNOCEAN, A. de C.V. 1979. Resumen de estudios Oceanográficos en Playas de Tijuana y la Zona Adyacente. Ensenada, Baja California. (DOCUMENTO NO PUBLICADO).
- TECNOCEAN, A. de C.V. 1981. Niveles Máximos de Mar por Marea Astronómica en Playas de Tijuana. Ensenada, Baja California. (DOCUMENTO NO PUBLICADO).
- U. S. A. C. E. R. C. 1975. Shore Protection Manual. U. S. Army Coastal Eng. Res. U. S. Army Corps. Third Ed. Vol. I y II. pgs. 180 y pgs. 133