

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA/

DEL LITORAL

FACULTAD DE INGENIERIA MARITIMA Y CIEN



!AR

"PROCESOS LITORALES EN MONTEVERDE"

TESIS DE GRADO

*Previa a la obtención del Título de:*

LICENCIADA EN OCEANOGRAFIA

*Presentada por:*

MARITZA AYCUB TOLMA

*Guayaquil - Ecuador*

1985

## AGRADECIMIENTO

Al Ing. HECTOR AVON JO, Director de Tesis, por su ayuda y colaboración para la realización de este trabajo, a los profesores de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar, por su formación profesional.

Al M.Sc. Francisco Medina, al Ing. Enrique Sánchez Cuadros, al Ing. Jorge Espinoza Amaña por la ayuda que me brindaron, y a todas aquellas personas que de una u otra forma colaboraron en la elaboración de la presente Tesis.

DEDICATORIA

*A mis Amados Padres*

MARIO Y MAGDALENA

*A mi tía*

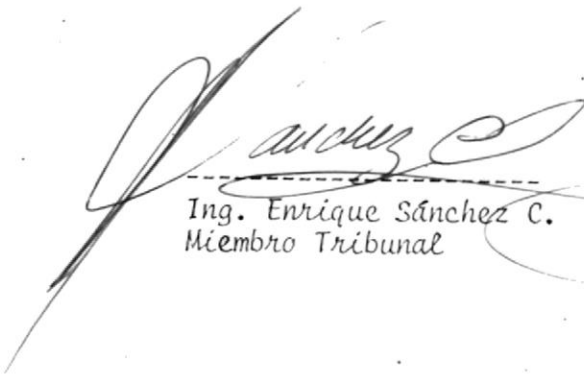
MARIAM



Ing. Marco Velarde T.  
Presidente Tribunal



Ing. Héctor Ayón J6  
Director de Tesis



Ing. Enrique Sánchez C.  
Miembro Tribunal

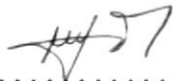


M.Sc. Francisco Medina  
Miembro Tribunal

DECLARACION EXPRESA

"La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestos en esta tesis, me corres  
ponden exclusivamente; y, el patrimonio inte  
lectual de la misma; a la ESCUELA SUPERIOR  
POLITECNICA DEL LITORAL".

(Reglamento de Exámenes y Títulos profesio-  
nales de la ESPOL).



.....  
Martiza J. Ayaub Touma

## RESUMEN

El estudio de los factores ambientales: Geológicos (evolución de la zona litoral y costera), climáticos, oceanográficos, meteorológicos, de mareas, no presentan efectos de importancia a corto plazo sobre el ambiente litoral de Monteverde, a excepción del oleaje ya que por tratarse de una costa abierta éste influye en la geometría y composición de la zona de playa, determina los cambios costeros y da lugar, como proceso litoral predominante, al transporte litoral propiamente dicho.

Los diferentes métodos aplicados para estimar el transporte litoral: - comparación de perfiles cercanos a la costa entre 1981 y 1984; cuantificación del volumen sedimentado entre estos dos años; el transporte de masa; el análisis de tendencias del sedimento; la cuantificación del transporte neto (Tabla X), presentan resultados consistentes, por lo que se concluye finalmente que existe, una mayor acumulación de sedimentos y un transporte neto hacia el Norte del área.

## INDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN .....	VI
INDICE GENERAL .....	VII
INDICE DE FIGURAS .....	IX
INDICE DE TABLAS .....	XI
INDICE DE PLANOS .....	XII
INTRODUCCION .....	14
I. GEOMORFOLOGIA DE LA ZONA.....	16
1.1. Localización del área de estudio .....	16
1.2. Aspectos Socio-Económicos .....	18
II. CONDICIONES AMBIENTALES .....	21
2.1. Geología del área .....	21
2.1.1. Topografía y Batimetría .....	21
2.1.2. Estratigrafía .....	35
2.1.3. Geomorfología .....	38
2.1.4. Materiales de la playa .....	41
2.1.5. Sedimentos en suspensión .....	43
2.1.6. Sedimentos de fondo .....	46
2.2. Oceanografía Física de la zona .....	61
2.2.1. Mareas .....	61
2.2.2. Olas .....	64

	Pág.
2.2.3. Corrientes .....	81
2.3. Condiciones meteorológicas.....	87
2.3.1. Vientos .....	87
2.3.2. Otros parámetros .....	92
III. PROCESOS LITORALES .....	102
3.1. Transporte costera afuera (Offshore).....	102
3.1.1. Cálculo de transporte de masa .....	104
3.1.2. Cuantificación del volumen de erosión/ sedimentación .....	115
3.2. Transporte Litoral .....	135
3.2.1. Cálculo de transporte litoral .....	135
3.3. Dinámica de la Zona Costera .....	143
3.3.1. Identificación de áreas vulnerables a la erosión y acreción .....	143
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	163
BIBLIOGRAFIA .....	168



## INDICE DE FIGURAS

	Pág.
Fig. 1 Perfiles cerca a la costa 1981-1984 .....	27
Fig. 2 Perfiles cerca a la costa 1981-1984.....	28
Fig. 3 Perfiles cerca a la costa 1981-1984.....	29
Fig. 4 Perfiles cerca a la costa 1981-1984 .....	30
Fig. 5 Perfiles cerca a la costa 1981-1984.....	31
Fig. 6 Perfiles cerca a la costa 1981-1984.....	32
Fig. 7 Perfiles cerca a la costa 1981-1984.....	33
Fig. 8 Sedimentos de fondo Monteverde (1981).....	49
Fig. 9 Sedimentos de fondo Monteverde (1981).....	50
Fig. 10 Sedimentos de fondo Monteverde (1981).....	51
Fig. 11 Sedimentos de fondo Monteverde (1981).....	52
Fig. 12 Sedimentos de fondo Monteverde (1981).....	53
Fig. 13 Sedimentos de fondo Monteverde (1981).....	54
Fig. 14 Grado de selección vs tamaño de grano.....	57
Fig. 15 Grado de selección vs asimetría.....	60
Fig. 16 Períodos medios Monteverde (1981).....	66
Fig. 17 Altura significativa de olas Marzo-Julio de 1981 .....	67
Fig. 18 Períodos medios Monteverde (1984) .....	69
Fig. 19 Altura significativa de olas Marzo-Julio de 1984 .....	70

Fig. 20	Variación temporal de altura significativa y períodos medios .....	71
Fig. 21	Variación temporal de altura significativa y períodos medios .....	72
Fig. 22	Variación de la velocidad y dirección de la corriente con profundidad Monteverde (1981).....	83
Fig. 23	Registro de direcciones de corrientes del correntómetro autocontenido Monteverde (1981)...	84
Fig. 24	Rosa de Vientos - Salinas Enero-Abril (1975 - 1980) .....	89
Fig. 25	Rosa de Vientos - Salinas Mayo-Diciembre (1975-1980) .....	90
Fig. 26	Rosa de Vientos - Monteverde Marzo (1981).....	91
Fig. 27	Temperatura del aire en Monteverde y Salinas Marzo (1981) .....	94
Fig. 28	Presión atmosférica .....	96
Fig. 29	Humedad relativa .....	97
Fig. 30	Nubosidad .....	99
Fig. 31	Precipitación .....	101
Fig. 32	Porcentaje de error para el dimensionamiento del mallado .....	118

INDICE DE TABELAS

	Pág.
I Registro de mareas en Monteverde .....	63
II Transición entre tipos de rompiente (Galvin) ...	77
III Altura de ola promedio para los sectores norte, medio y sur .....	106
IV Desplazamiento horizontal (2A) y velocidades máxi mas (limax) de las partículas de agua frente a Mon teverde .....	111
V Cuantificación del volumen sedimentado/erosionado según cartas batimétricas .....	121
VI Ecuaciones establecidas por diferentes investiga dores entre la razón de transporte litoral y el factor de flujo de energía a lo largo de la costa.	140
VII Componente de energía a lo largo de la costa con olas de 16s y 220° magnéticos .....	158
VIII Componente de energía a lo largo de la costa 16s.. 355° magnéticos .....	159
IX Componentes de energía a lo largo de la costa 18s, 270° magnéticos .....	160
X Cuantificación del transporte litoral (Q) en el sector costero de Monteverde para olas de 16s, y direcciones 220° y 355° y de 18s con 270° .....	161

## INDICE DE PLANOS

		Pág.
Plano I	Localización del área de estudio ,.....	17
Plano II	Batimetría de la zona Monteverde (1981).....	22
Plano III	Batimetría de la zona Monteverde (1984).....	23
Plano IV	Perfiles de playa Monteverde (1981) .....	25
Plano Va	Ubicación de perfiles cercanos a la costa.....	26
Plano V	Mapa geológico .....	36
Plano VI	Distribución del tamaño de grano y porcentajes acumulados Monteverde (1981) .....	42
Plano VII	Concentración de sedimentos en suspensión .....	45
Plano VIII	Distribución textural de los sedimentos de fon- do .....	47
Plano IX	Ubicación de estaciones de muestreo 1981 .....	48
Plano X	Distribución del grado de selección .....	56
Plano XI	Tendencias de sedimentos .....	59
Plano XII	Trayectoria de flotadores en Monteverde .....	85
Plano XIII	Transporte de masa Monteverde (Olas de 14s)....	108
Plano XIV	Transporte de masa Monteverde (Olas de 16s)....	109
Plano XV	Transporte de masa Monteverde (Olas de 18s)....	110
Plano XVI	Ubicación de cuadrículas para cuantificación de volúmenes de sedimento .....	117

	Pág.
Plano XVII Volúmenes totales de erosión y/o acreción .....	120
Plano XVIII Diagrama de refracción 16s., 220° magnéticos .....	146
Plano XIX Diagrama de refracción 16s., 355° magnéticos .....	147
Plano XX Diagrama de refracción 18s., 270° magnéticos .....	148
Plano XXIa Areas vulnerables a la erosión y/acrección .....	152
Plano XXIb Areas vulnerables a la erosión y/o acrección .....	153
Plano XXIc Areas vulnerables a la erosión y/o acrección .....	154
Plano XXIId Areas vulnerables a la erosión y/o acrección .....	155
Plano XXIe Areas vulnerables a la erosión y/o acrección .....	156
Plano XXIIf Areas vulnerables a la erosión y/o acrección .....	157

## INTRODUCCION

La Corporación Estatal Petrolera Ecuatoriana (CEPE), de acuerdo con sus planes de desarrollo, determinó en 1981 la Bahía de Monteverde (Provincia del Guayas) como la localización de mejores características para la construcción de un terminal marítimo de recepción de crudo para la Refinería Atahualpa (destinada a cubrir la creciente demanda interna de productos refinados como: kerex, diesel y fuel oil) y las de Anglo y Gulf en La Libertad. La posible construcción de obras de ingeniería en el sector costero de Monteverde requieren la determinación de los procesos litorales prevalecientes en el área con el propósito de estimar bases para el diseño y construcción de las obras.

El análisis de documentos históricos, cartas batimétricas, fotografías aéreas e información geológica sugieren que la zona de Monteverde es una zona de acreción de playas por corresponder a un ambiente antiguamente enmarcado entre salientes rocosas. En consecuencia el transporte litoral es el proceso predominante en la acreción de las playas para que la configuración actual se defina como una costa abierta en estado cercano al equilibrio.

El objetivo de esta tesis es determinar los procesos que influyen en la acreción de esta playa.

Se tomó la información obtenida por INOCAR (Estudios Hidrográficos-Oceanográficos) para CEPE con lo que se estableció la comparación de los estudios realizados en 1981 y en 1984 para determinar: las condiciones ambientales predominantes durante épocas normales; la acción de los factores ambientales y la importancia de sus efectos en el sector costero.

Se obtuvo como proceso litoral predominante el transporte litoral por lo que fue analizado su efecto en forma detallada, determinando y cuantificando las áreas de erosión y acreción a lo largo de la línea de costa.

El uso de la información ha obtenido el informe favorable en la Subgerencia Regional de CEPE en Guayaquil, según consta en el memorandum 322 de mayo 21 de 1984.

## CAPITULO I

### I. GEOMORFOLOGIA DE LA ZONA.

#### 1.1. Localización del Area de Estudio.-

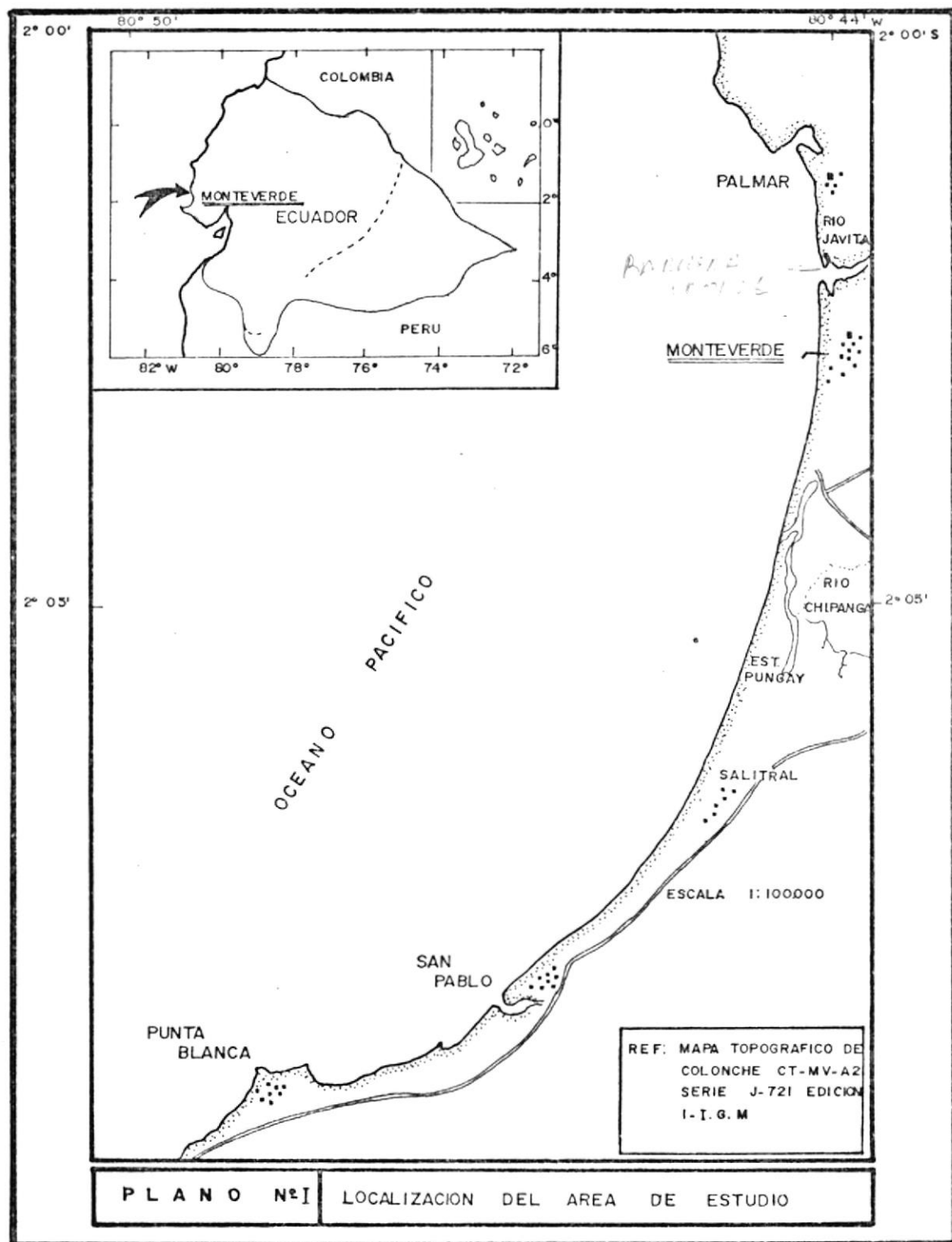
Los procesos litorales serán analizados en el área comprendida entre Palmar (al Norte) y Punta Blanca (al Sur), puntas rocosas que limitan una amplia ensenada frente al Océano Pacífico. Los datos presentados y analizados se refieren a los obtenidos para el proyecto del puerto del "Complejo de Monteverde" (CEPE).

La población de Monteverde, está localizada aproximadamente a  $02^{\circ} 03'$  de Latitud Sur y  $80^{\circ} 44'$  de Longitud Oeste, pertenece a la Parroquia Colonche, del Cantón Santa Elena, en la Provincia del Guayas (Plano I).

Monteverde se comunica por el Norte, mediante una carretera asfaltada, con Palmar, Ayangue, Valdivia, (puertos pesqueros artesanales de gran afluencia turística), y además con Manglaralto y otras poblaciones al Sur de Manabí.

El área muestreada tiene 5km de longitud. Se encuentra limitada al Norte por el Río Javita, en cuya desembocadura se forma una barrera litoral, lo que hace que no tenga contacto





permanente con el mar. En invierno, este río produce inundaciones junto al poblado Jambell, ubicado inmediatamente al Norte de Monteverde.

Hacia el Sur del área, distante unos dos kilómetros de la población de Monteverde, se encuentra el Río Chipanga, el mismo que forma el Estero Pungay también bloqueado. A su alrededor existen zonas bajas de salitrales donde se encuentran las piscinas de evaporación de Ecuasal y la Lotización "Costa Sol".

El sector Este y Sur-Este del área de estudio corresponde a los Cerros Pungay y de la Lora. Hacia el Oeste, encontramos las aguas del Océano Pacífico\*.

## 1.2. Aspectos Socio Económicos.-

Entre 1962 - 1974 las Parroquias de Anconcito, Colonche y La Libertad presentaron un incremento significativo de la población rural (III Censo Poblacional y II de Vivienda, 1974).

Esta se concentra en ciertos sectores costeros que están relacionados con el turismo, la pesca, la extracción y refina-

---

\* Sección 1.1. Rerefencias: Mapa Topográfico de Colonche CT - WV - A2 serie J - 721 edición I - I.G.M., Carta Náutica I.O.A. 1051, Carta Náutica I.O.A. 1052.

ción de la sal, la refinación del petróleo y comercio en general.

La población de Monteverde tiene como lugar de mayor importancia la Industria Pesquera C.A. (INPECA), ubicada en el centro del poblado. Constituye la principal fuente de trabajo y justifica el aumento poblacional de la zona; cuenta con Barcos Pesqueros, Enlatadora de Pescado, y Procesadora de Harina. Requiere de 600 trabajadores durante los meses de Junio a Diciembre, mientras que de Enero a Mayo (meses correspondientes a la mejor época de pesca), son necesarios 900 trabajadores.

En 1981, CEPE determinó la zona de Monteverde como la localización de mejores características para la construcción de un Complejo Industrial Hidrocarburiífero, destinado a cubrir la creciente demanda interna de productos refinados (gasolina, kerex, diesel y fuel-oil), y subproductos (urea). Esto produciría un incremento mayor de la población debido a las fuentes de trabajo que se generarían.

Monteverde al igual que la mayoría de las poblaciones costeras, carece de agua potable y sistemas de alcantarillado, no cuenta con servicios médicos estables o particulares, no tie

ne cuerpo de bomberos ni equipos necesarios contra incendios, tampoco posee servicio telefónico, ni oficinas estables de servicio público.

Los moradores del lugar muestran gran interés de terminar la primaria; sin embargo, la educación extra-escolar para adultos no se mantiene con regularidad todos los años. Existe una escuela primaria Fisco-Municipal (Francisco Pizarro) y el colegio más cercano se encuentra en Santa Elena.

Según el III Censo de Población y II de Viviendas realizado en el país en 1974, se registró una población de 795 habitantes, estimándose un incremento poblacional de un 4.11% al año, podemos decir que cada año existe un incremento de 31.8 habitantes en Monteverde, por lo que a la fecha, se estima la población de Monteverde en 1.144 habitantes.

Una actividad adicional de los habitantes de Monteverde es el secado del pescado para la elaboración de harina. Esta actividad se desarrolla principalmente al pie del Cerro Pungay.

## CAPITULO II

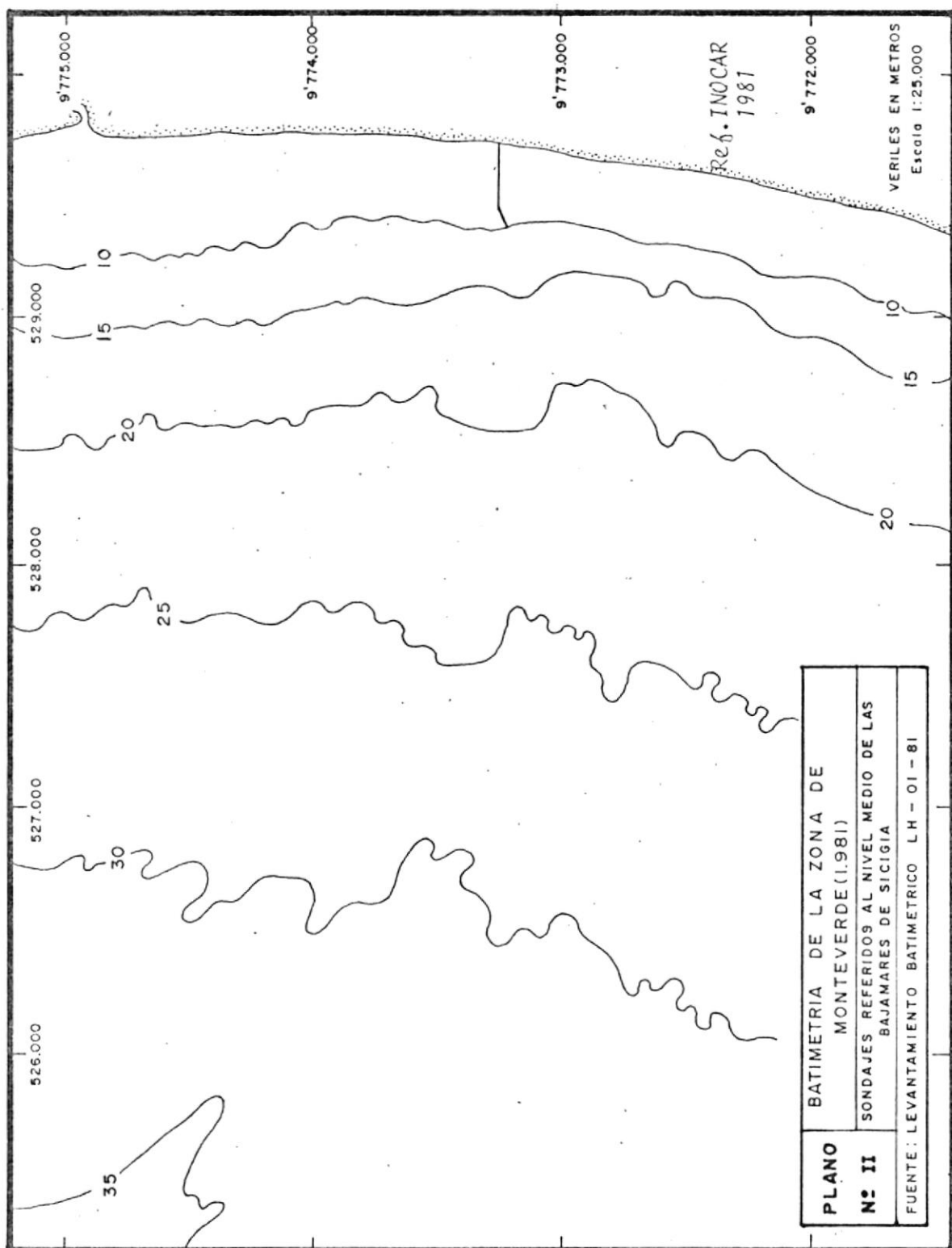
### II. CONDICIONES AMBIENTALES

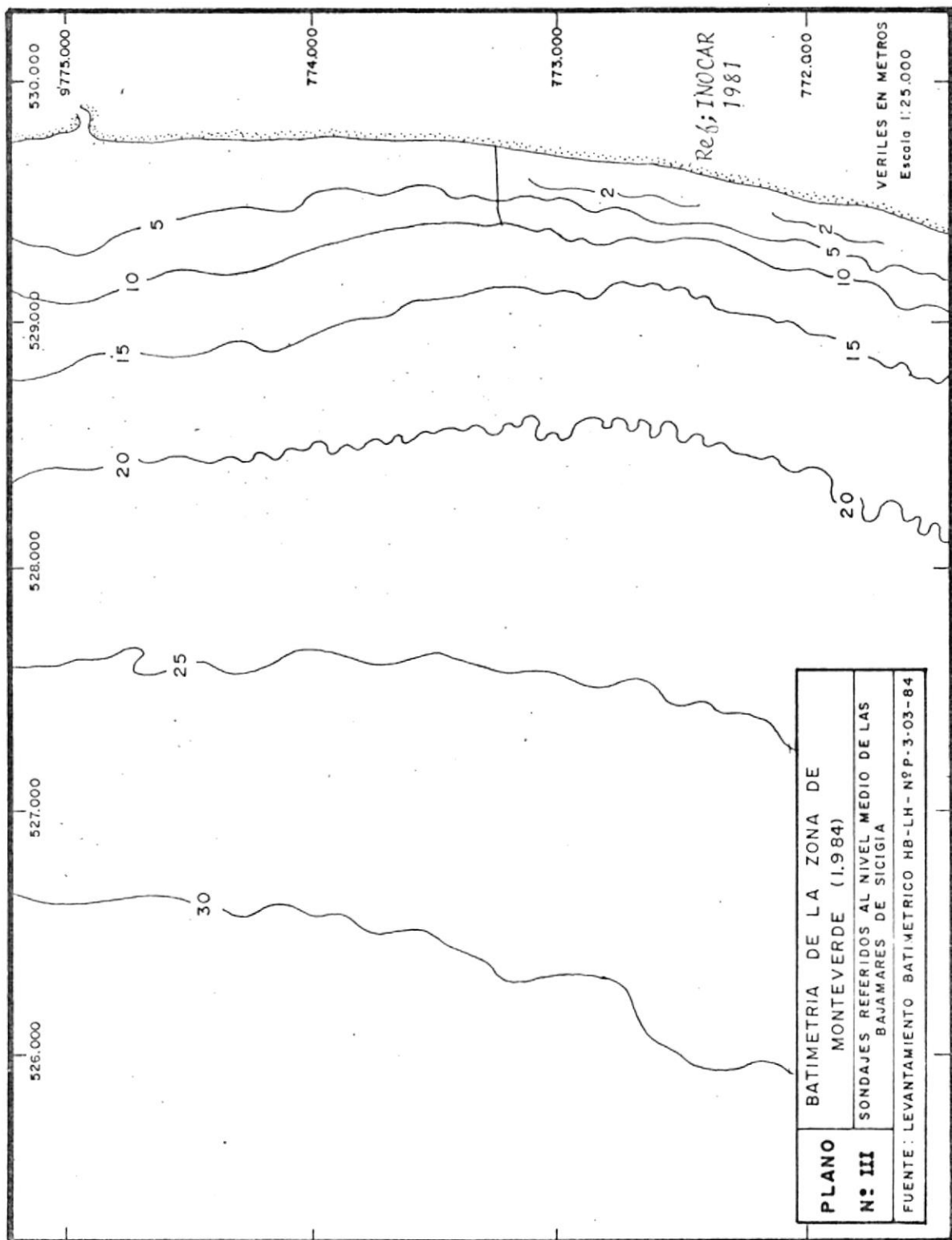
#### 2.1. Geología del Area.

##### 2.1.1. Topografía y Batimetría.

Con el propósito de conocer en detalle la topografía del lecho submarino circundante al sitio elegido por CEPE para ubicar un terminal de hidrocarburos en el área de Monteverde, INOCAR realizó levantamientos batimétricos del área: en 1981 (LH-01-81), plano II y en 1984 (HB-LH-NºP-3-03/84), plano III, cubriendo en ambas ocasiones 5km de longitud paralelos a la costa. Ambas cartas batimétricas muestran una tendencia de los veriles paralela a la costa, encontrándose una concentración de las isolíneas a la altura del muelle de Inpeca y una divergencia de éstas hacia el Sur del mismo.

La comparación de estos estudios ha sido incluida en esta tesis debido a su utilidad para ser relacionada con los procesos litorales existentes en la zona - (Capítulo III).





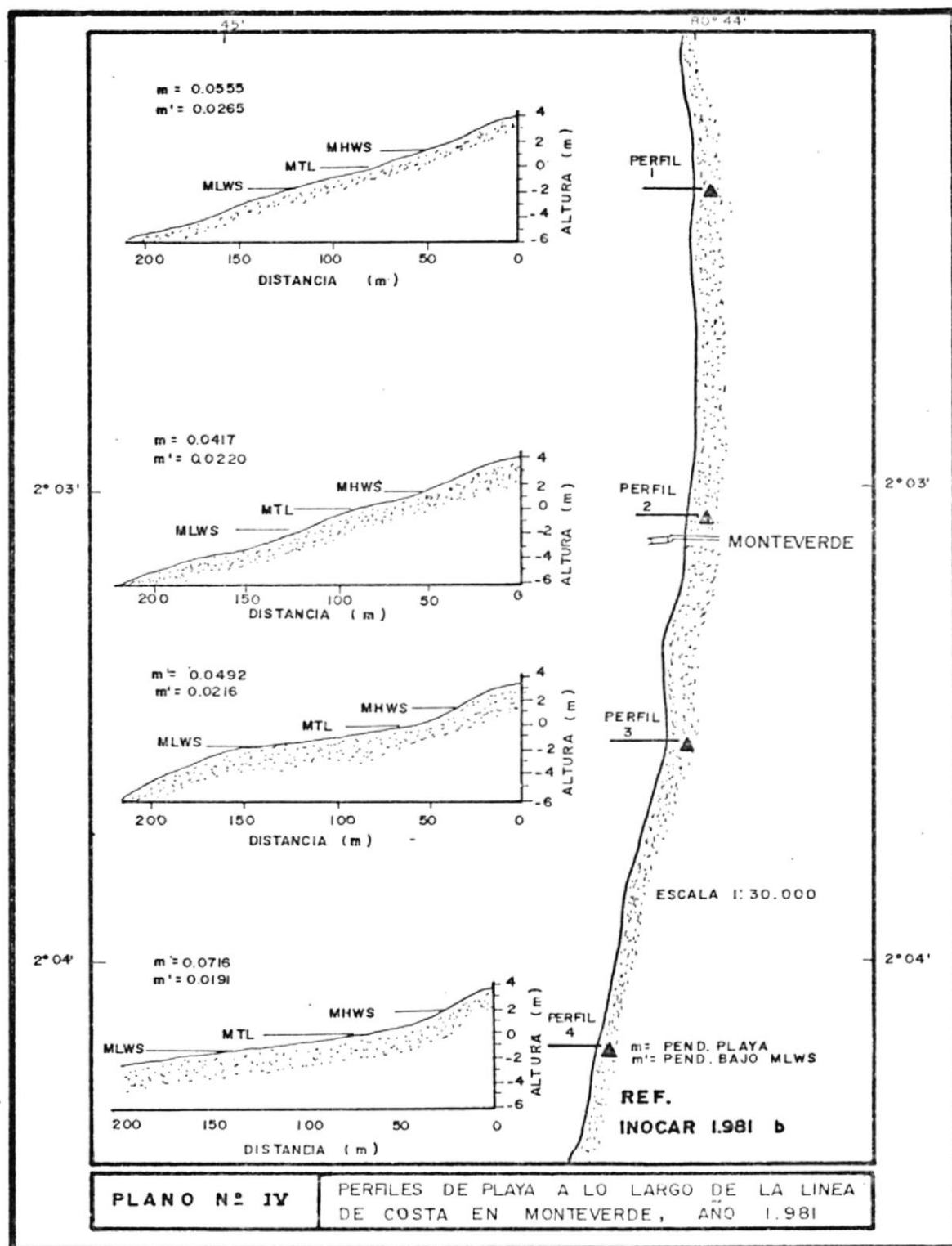
En los cuatro perfiles de playa presentados en el plano N° IV se aprecia una acreción de la berma en la zona central del área, perfiles (1 y 2), atribuida a la presencia de vegetación en la playa que actúa como protector natural de la zona. Los perfiles 1 y 2 ubicados al Norte del muelle, presentan una mayor extensión de la playa, mientras que en los perfiles 3 y 4 al Sur del muelle hay una mayor pendiente, lo que permite alcanzar mayores profundidades a distancias más cortas de la playa en esta zona. Podemos decir entonces que durante épocas normales existe una mayor acumulación de sedimentos en el sector Norte del área de estudio.

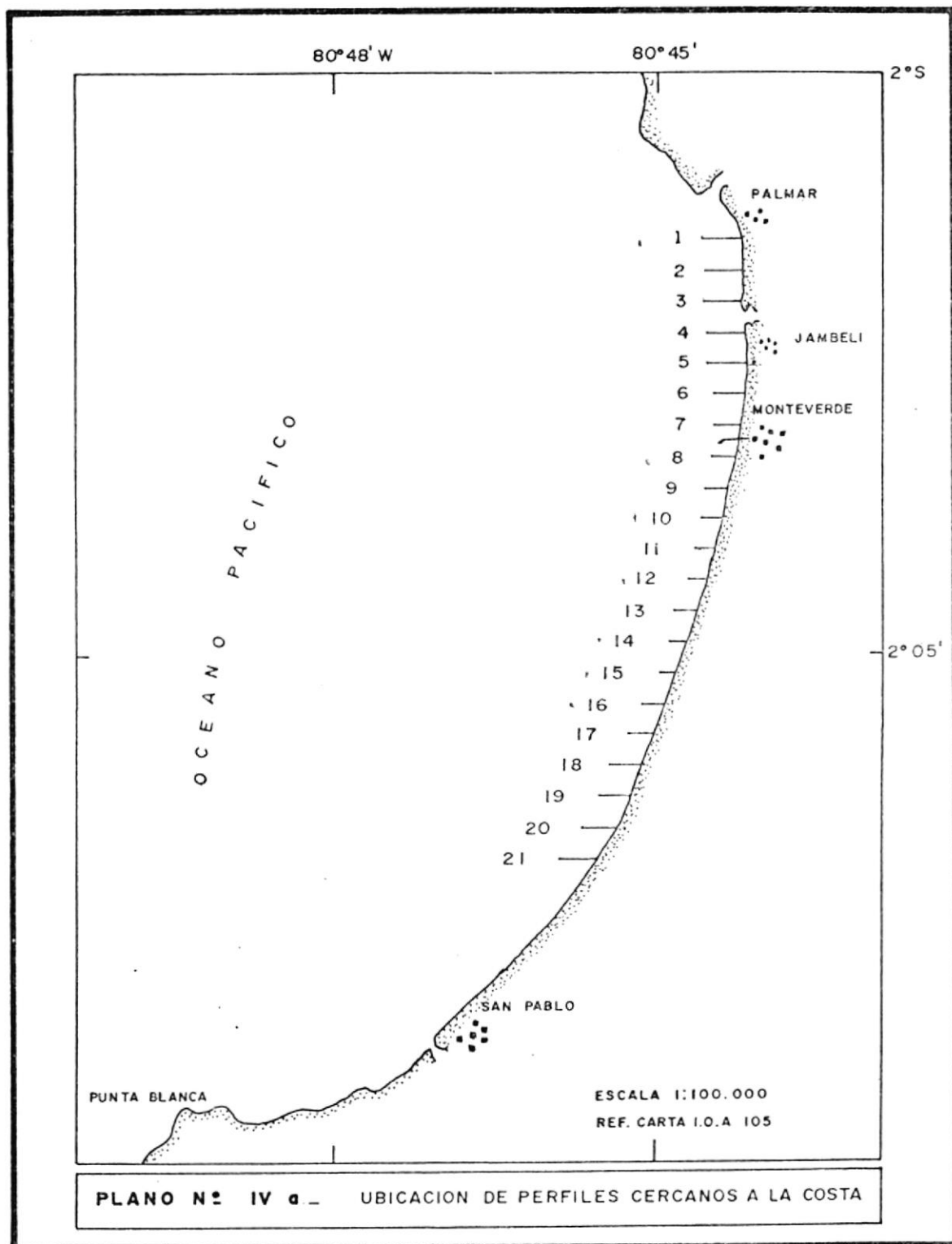
Los cambios existentes en el área desde 1981 a 1984, se visualizan en los perfiles cercanos a la costa elaborados desde las cartas batimétricas mencionadas anteriormente (figuras 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7)\*, observándose que hacia el Norte del muelle hay una menor pendiente del perfil obtenido en 1984 respecto al obtenido en 1981, mientras que al Sur del área (perfiles 17, 18, 19, 20 y 21), presentan un incremento en la pendiente del perfil obtenido en 1984 respecto al de 1981. Características que muestran claramente se

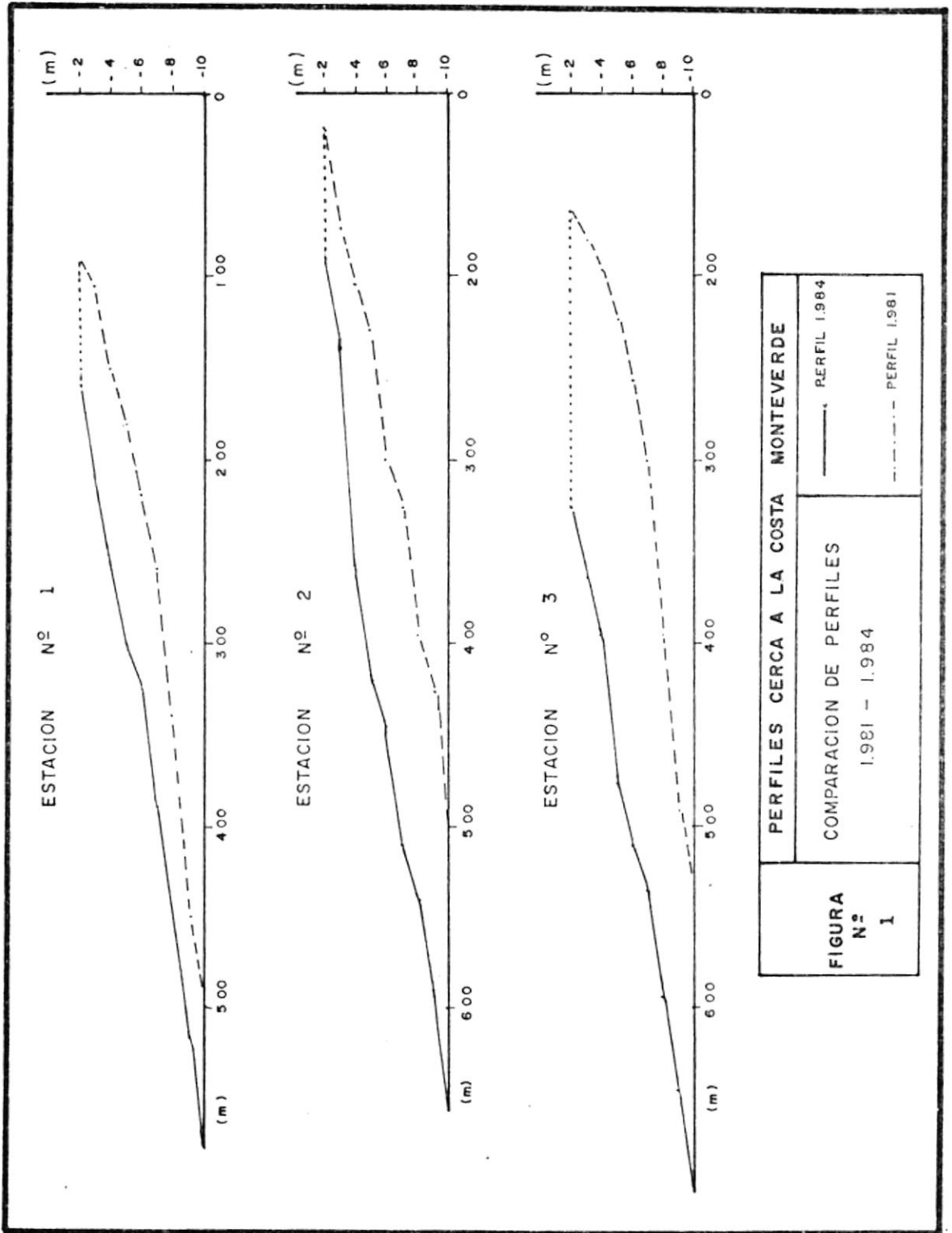
---

(\*) La ubicación de los perfiles cercanos a la costa se presentan en el plano N° IVa.









**FIGURA N° 1**

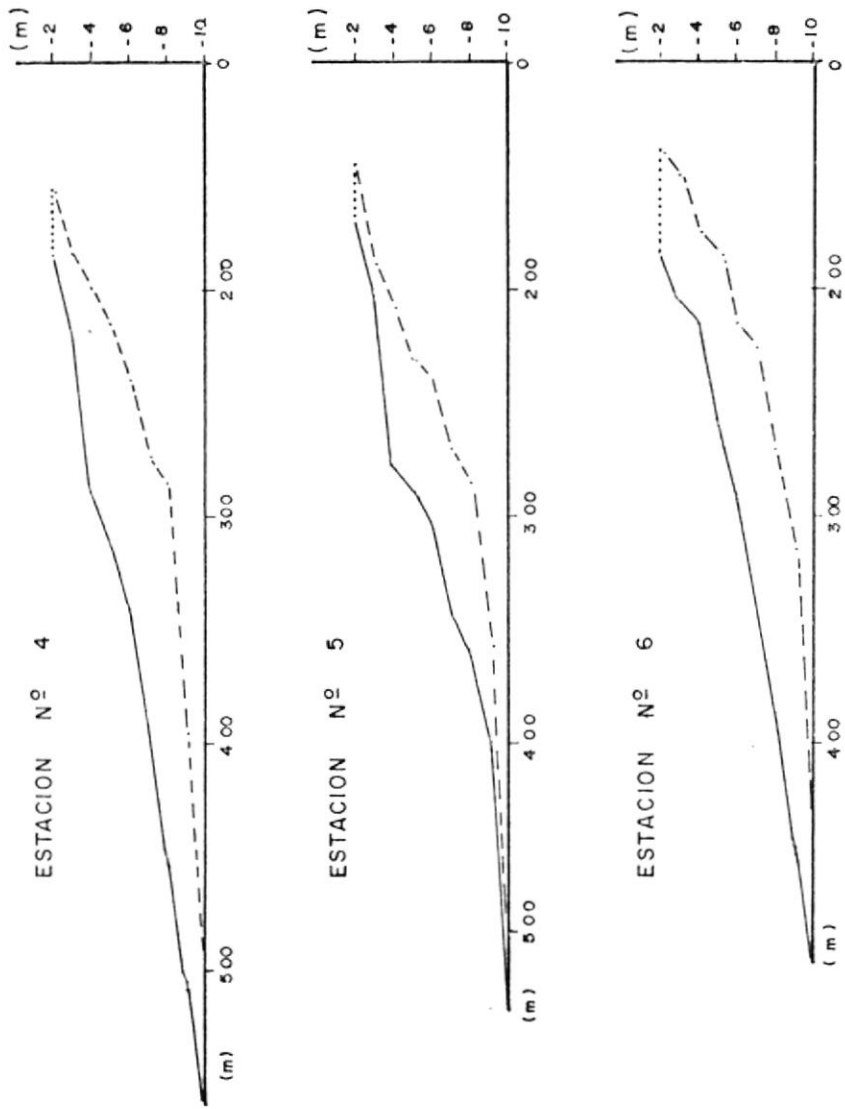
**PERFILES CERCA A LA COSTA MONTEVERDE**

COMPARACION DE PERFILES

1.981 - 1.984

— PERFIL 1.984

- - - PERFIL 1.981

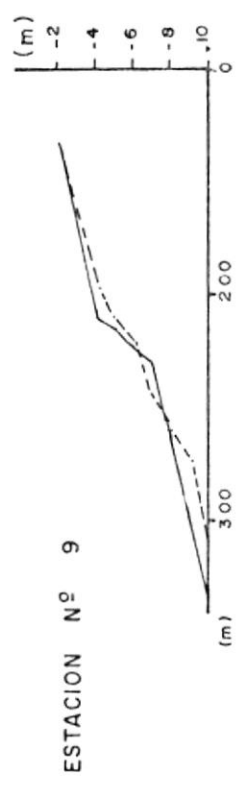
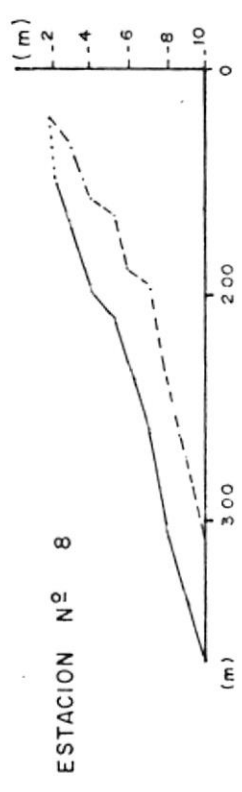
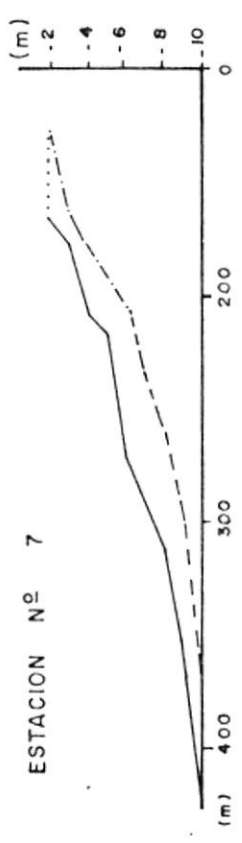


PERFILES CERCA A LA COSTA MONTEVERDE

COMPARACION DE PERFILES  
1.981 - 1.984

FIGURA N° 2

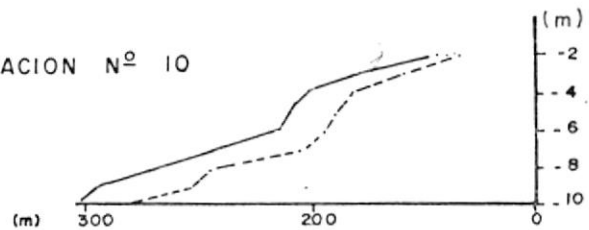
PERFIL 1.984  
PERFIL 1.981



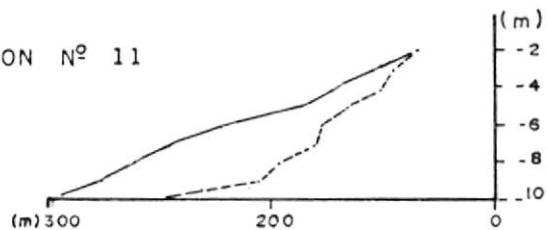
<b>FIGURA N° 3</b>	<b>PERFILES CERCA A LA COSTA MONTEVERDE</b>	
	COMPARACION DE PERFILES 1.981 — 1.984	——— PERFIL 1.984 - - - - PERFIL 1.981

*Amalia*

ESTACION N<sup>o</sup> 10



ESTACION N<sup>o</sup> 11



ESTACION N<sup>o</sup> 12

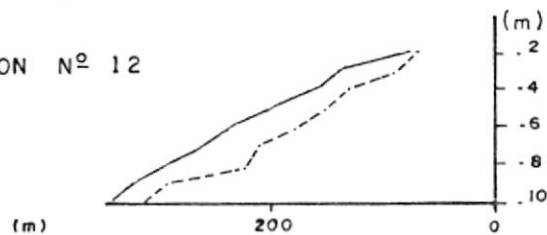
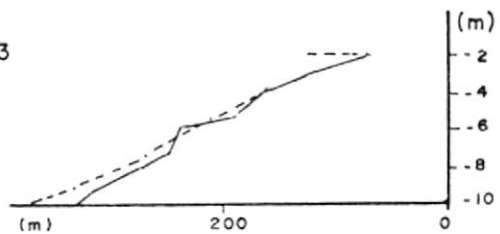
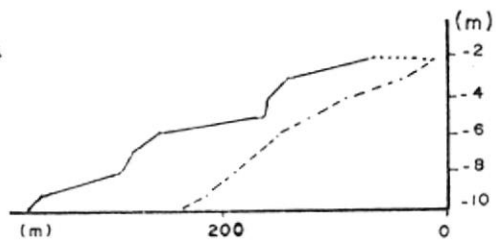


FIGURA N <sup>o</sup> 4	PERFILES CERCA A LA COSTA MONTEVERDE	
	COMPARACION DE PERFILES 1981 - 1984	— PERFIL 1984 - - - PERFIL 1981

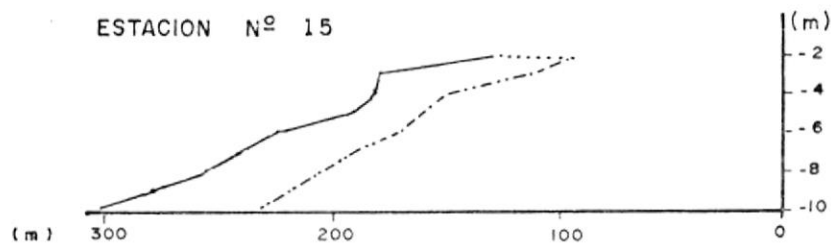
ESTACION N° 13



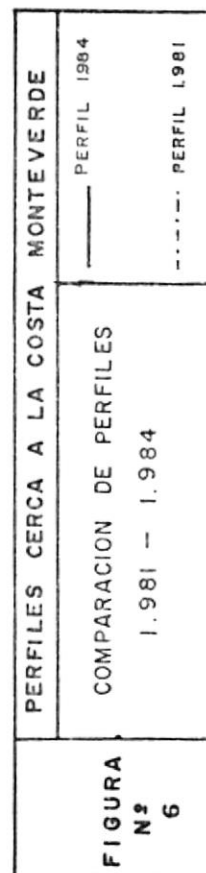
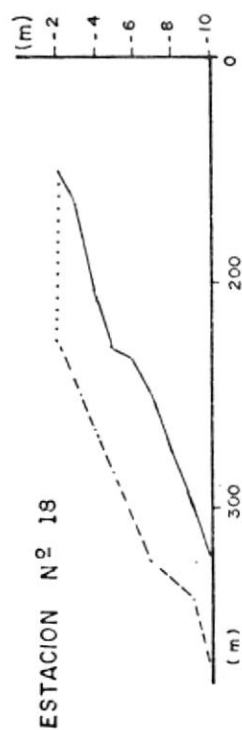
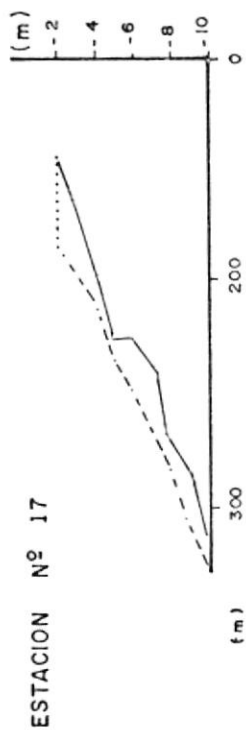
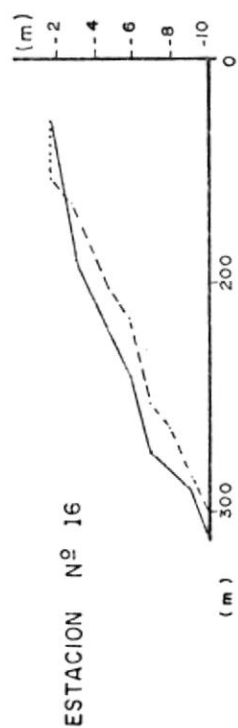
ESTACION N° 14



ESTACION N° 15

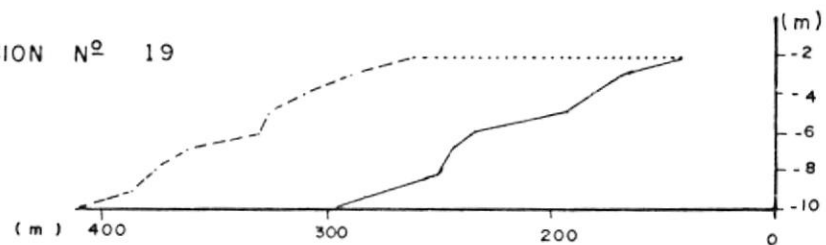


PERFILES CERCA A LA COSTA MONTEVERDE		
FIGURA N° 5	COMPARACION DE PERFILES 1.981 - 1.984	— PERFIL 1.984
		- - - PERFIL 1.981

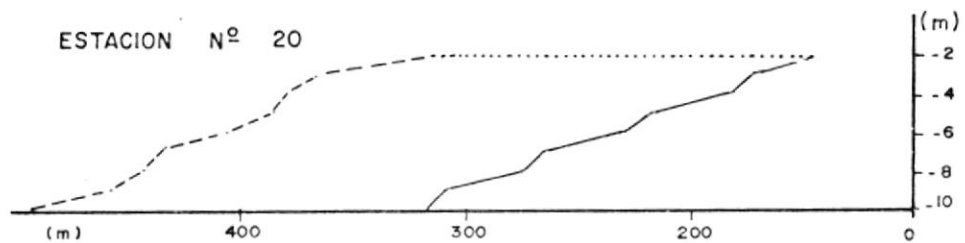




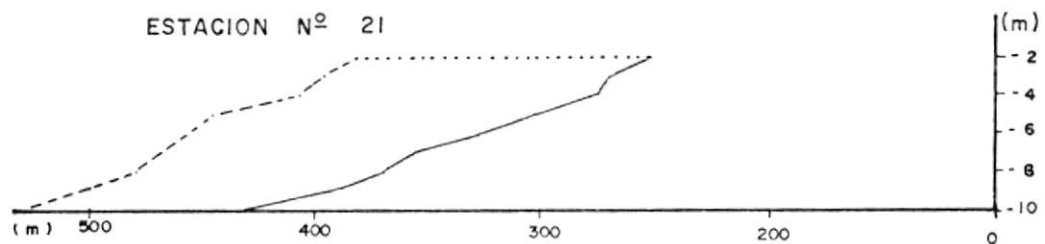
ESTACION N<sup>o</sup> 19



ESTACION N<sup>o</sup> 20



ESTACION N<sup>o</sup> 21



PERFILES CERCA A LA COSTA MONTEVERDE	
FIGURA N <sup>o</sup> 7	COMPARACION DE PERFILES 1.981 - 1.984
	— PERFIL 1984 - - - PERFIL 1981

dimentación en el sector Norte del área y una erosión al Sur de la misma\*.

Los cambios observados en la línea de costa y en las profundidades registradas son atribuidos a la presencia de la fuerte estación invernal de los primeros meses del año 1983, lo que deberá ser tomado en cuenta para futuros trabajos. Actualmente, las condiciones ambientales reinantes en el área de Monteverde tienden a redistribuir el sedimento anormalmente acumulado en la zona, debido a un equilibrio natural que le permite mantener sus características generales, produciéndose en todo caso, efectos similares a largo plazo, los cuales no serán considerados en este estudio debido a que la magnitud de tales fenómenos no afectarán sustancialmente la seguridad de las obras de ingeniería a construirse en el área a profundidades mayores que 10m.

Se presume la existencia de una barra litoral aproximadamente a -3metros (MLWS) por estimarse en esta profundidad el denominado punto nulo, sin embargo, no se aprecia claramente la presencia de esta, ni en los perfiles de playa presentados, ni en los ecogra

---

(\*) La ubicación de los perfiles cercanos a la costa se presentan en el plano N<sup>o</sup> IVa.

mas obtenidos, lo que se justifica con el tipo característico de oleaje detectado en el área (Swell). Posiblemente, la formación de la barra litoral en Monteverde es producto de los fuertes temporales como el registrado en 1983, siendo posteriormente devuelta a su situación primitiva por la acción del mar de fondo o Swell. La descripción del oleaje se encuentra en la sección 2.2.2.

#### 2.1.2. Estratigrafía.-

Las rocas que se encuentran en el área son:

Grupo Ancón, Grupo Azúcar, Formación Zapotal y Formación Tablazo (Plano V). Las tres primeras son formaciones terciarias y la última cuaternaria.

Las rocas más antiguas corresponden al Grupo Azúcar atribuidas al Paleoceno. Se trata de una serie de areniscas, conglomerados y arcillas con guijones. El conjunto es bastante endurecido y deformado estructuralmente por fallas y diaclasas. Los principales componentes son el cuarzo y fragmentos de roca.



El Grupo Ancón es atribuido al Eoceno Medio al Superior. Está constituido por areniscas, arcillas y lutitas azules y grises. Contiene abundantes vetillas de yeso.

La Formación Zapotal es atribuida al Oligoceno. Está constituida por areniscas gruesas, conglomerados y lutitas con restos de moluscos y plantas.

La Formación Tablazo corresponde al Pleistoceno. Se trata de areniscas calcáreas y conglomerados finos - con abundantes megafósiles.

La Formación Zapotal y Tablazo conforman los afloramientos en las puntas rocosas de Punta Blanca y Palmar, en consecuencia, sus constituyentes erosionados aportan directamente al transporte litoral. Las otras formaciones mencionadas se encuentran tierra adentro y, por lo tanto, sus constituyentes intervienen en el transporte litoral únicamente después de haber sufrido el transporte fluvial.

En consecuencia, los fragmentos de roca provenientes de las puntas mencionadas se identifican por una an-

gulosidad más acentuada que los fragmentos de roca provenientes de las otras formaciones.

Las Formaciones Aluviales recientes cubren las llanuras entre los cerros, tierra adentro. En la faja costera se encuentran arenas de origen litoral (marino) y sobre estas últimas se piensa construir el "Complejo Industrial de Monteverde".

Los sedimentos litorales se encuentran bastante consolidados en profundidad, pero sueltos en los primeros metros superficiales. Por ser muy arenosos, constituyen una buena base para la cimentación de las estructuras, tierra adentro. Sin embargo, las playas son erosionables.\*

### 2.1.3. Geomorfología.-

Las formaciones terciarias constituyen los relieves colinados del área. Las formaciones cuaternarias se ubican en las áreas planas y bajas, y a manera de parches en las cimas (mesas) de las formaciones terciarias; los sectores terciarios no cubiertos por los tablazos presentan cimas redondeadas con

---

(\*) Sección 2.1.2. Referencias: Mapa geológico del Ecuador; Hoja topográfica CT-MV-A 3487 del Instituto Geográfico Militar.

vertientes convexas, lo cual insinúa que los procesos de destrucción de vertientes son activos.

Los desniveles de los sectores colinados son del orden de 60 metros.

Respecto a la hidrografía cabe mencionar que los ríos principales que desembocan al Norte y Sur del área (Río Javita y Río Chipanga), desembocan directamente en el Océano Pacífico, luego de recorrer tramos de considerable longitud en sedimentos aluviales recientes, a tal punto que sus cursos son meandriiformes, a pesar de ser ríos intermitentes. Esto último explica un aporte periódico, no constante, de sedimentos fluviales al ambiente costero.

La desembocadura de los mencionados ríos rompen la monotonía de la zona costera, introduciendo ambientes lagunares litorales que son alimentados directamente por aguajes o por infiltración del mar a través de las barras litorales, e intermitentemente por el agua dulce proveniente de los ríos. Los terrenos lagunares están en proceso de desaparición por el incremento de la población. Cuando el caudal de estos

ríos es considerable, se rompe la barrera litoral a abriéndose un acceso directo al mar. En épocas se -  
cas, el oleaje tapona estas desembocaduras y la co -  
rriente litoral forma flechas (paralelas a la costa),  
convergentes en el Río Javita, con una dirección de  
crecimiento predominante hacia el Norte, mientras -  
que en el Río Chipanga la flecha que se forma se di  
rige hacia el Sur.

Tierra adentro, desde la línea de costa, y por dis -  
tancias del orden de 500m o menos, se encuentran du  
nas (montículos de arena) de formas poco definidas:  
no se ajustan a los patrones clásicos (barkanes, me  
día luna, etc.). La máxima altura de las dunas no  
sobrepasa 2m sobre el nivel de la más alta marea.  
Las dunas son de arena bien clasificada, de diámetro  
medio de 0.3mm, los granos son subangulosos, de densi  
dad media a alta, subesféricos. En Monteverde el -  
viento de más de 8.1 m/s sopla aproximadamente el 6%  
del año, lo que significa que las dunas presentes en  
la zona pueden avanzar hasta 1.2km/año (Tapanes, 1974).

No es posible apreciar una regularidad entre las cús  
pides de playa, ya que estas no coinciden con ningún



rasgo geomorfológico observable en las fotos aéreas, por lo que su ocasional presencia en las playas no será discutida en esta tesis.

En el litoral, la berma presenta una superficie convexa, mientras la playa es rectilínea con una ligera indicación de formación de barra litoral. El fondo marino por debajo del veril de 5 metros es convexo, con un fuerte gradiente entre Monteverde y el Río Chipanga.

Los veriles son sensiblemente paralelos y con muy pocas deformaciones, lo cual insinúa que el fondo está cubierto por sedimentos recientes, descontándose la posibilidad de encontrar un fondo rocoso.\*

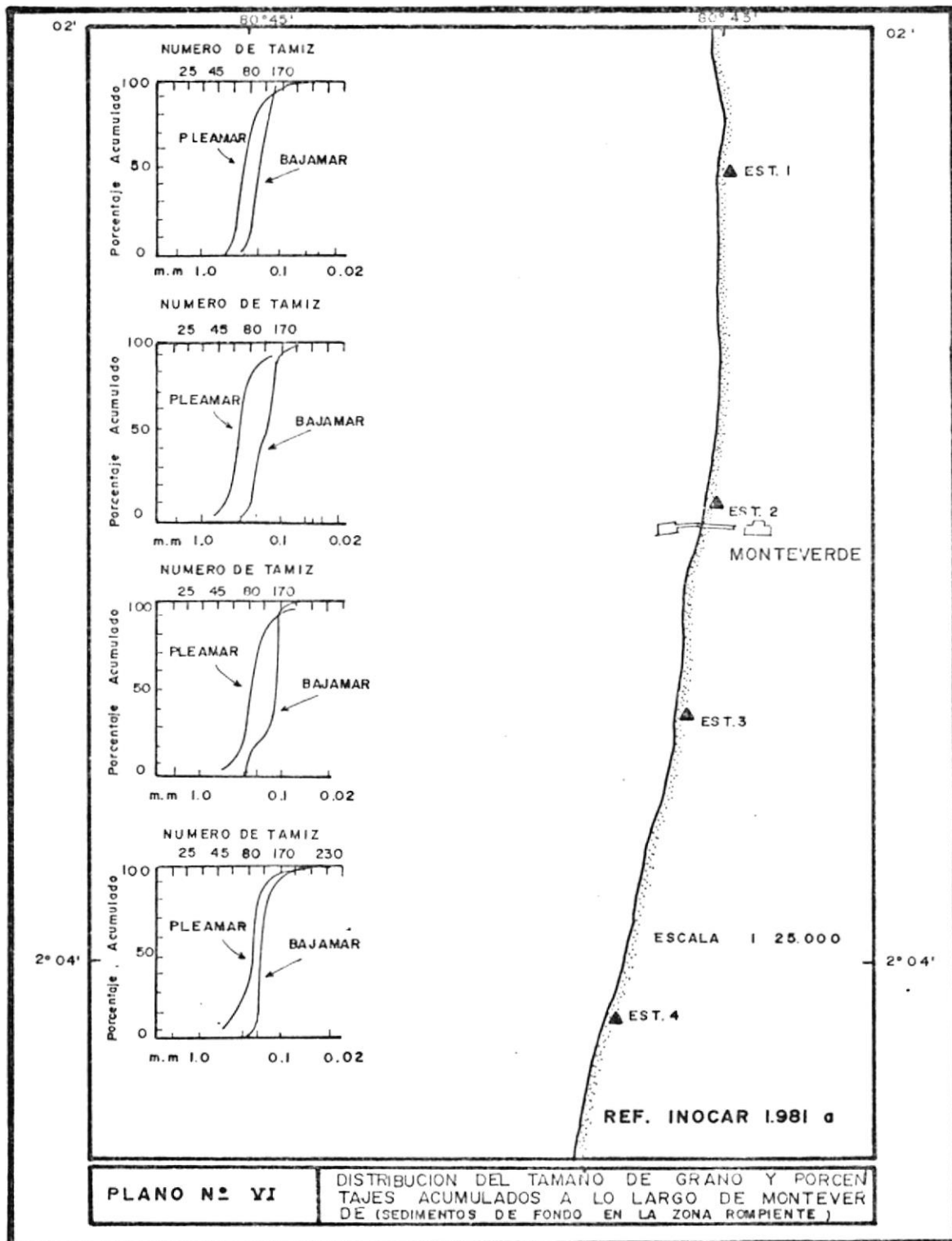
#### 2.1.4. Materiales de la playa.-

En Marzo de 1981, INOCAR realizó en Monteverde un muestreo de los sedimentos en la zona de rompiente, determinándose las características presentes tanto en pleamar como en bajamar.

El plano N<sup>o</sup> VI presenta la distribución del tamaño de grano y porcentajes acumulados obtenido en cada u

---

(\*) El fondo rocoso puede existir frente a Palmar, Pacoa y Punta Blanca, como prolongaciones de las puntas rocosas.



na de las estaciones de muestreo en las que podemos observar:

Durante la pleamar, los sedimentos son arenosos, más gruesos hacia el Norte del muelle y más finos hacia el Sur, mientras que durante el reflujo la arena muestra una tendencia hacia el material fino. Las estaciones 3 y 4 en bajamar y pleamar respectivamente, presentan una tendencia hacia los sedimentos gruesos. Casi todos los sedimentos son sensiblemente simétricos.

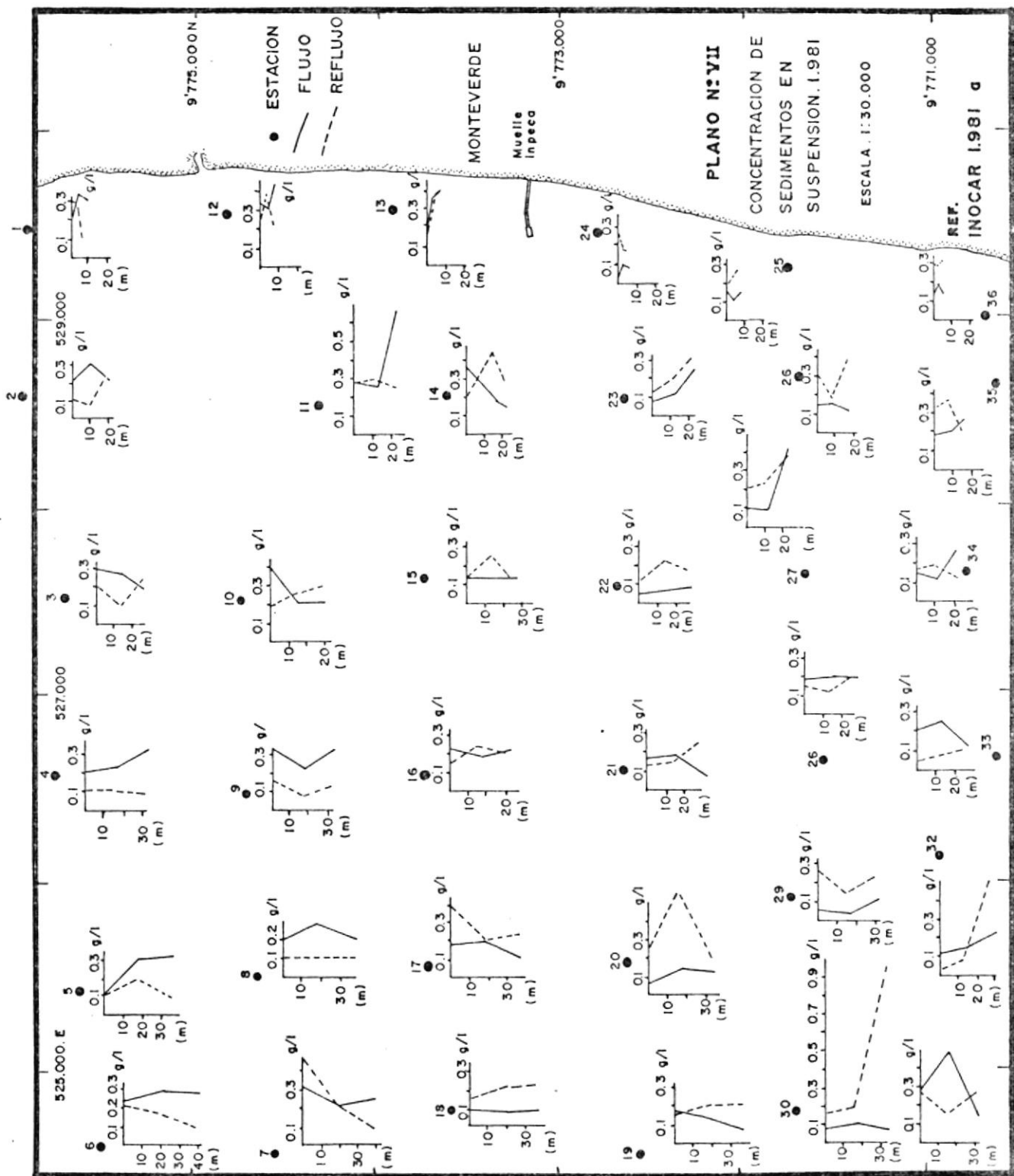
La distribución del grano de las muestras son de -lepto a platicúrticas. En la estación 2 la distribución en bajamar es platicúrtica. La estación 1 en pleamar y la 4 en bajamar muestran una distribución leptocúrtica. Las cinco muestras restantes son mesocúrticas.

#### 2.1.5. Sedimentos en suspensión.-

Las concentraciones de sedimentos en suspensión costa afuera presentan la siguiente tendencia general:

Hacia el Norte del muelle se presentan las mayores concentraciones durante el flujo (Plano VII), mientras que al Sur del muelle, las mayores concentraciones se presentan durante el reflujó. Esta tendencia insinúa un flujo ciclónico del sedimento - suspendido frente a la costa de Monteverde durante el período de muestreo, siendo esta tendencia concordante con el flujo superficial reinante en el área para la misma época, cuyo análisis se presenta en la sección 2.2.3.

El examen microscópico de los sedimentos en suspensión muestra que éstos son parcialmente biógenos (esqueletos de microorganismos), de diámetro variable entre 30 micras y 200 micras. Los componentes terrígenos no sobrepasan el 5% del total de las muestras retenidas en los filtros y son partículas arcillosas y coloides. Los valores obtenidos son concordantes con las concentraciones obtenidas para condiciones similares en otros sitios (Ayón 1984), considerando que la zona muestreada es de alta productividad primaria.



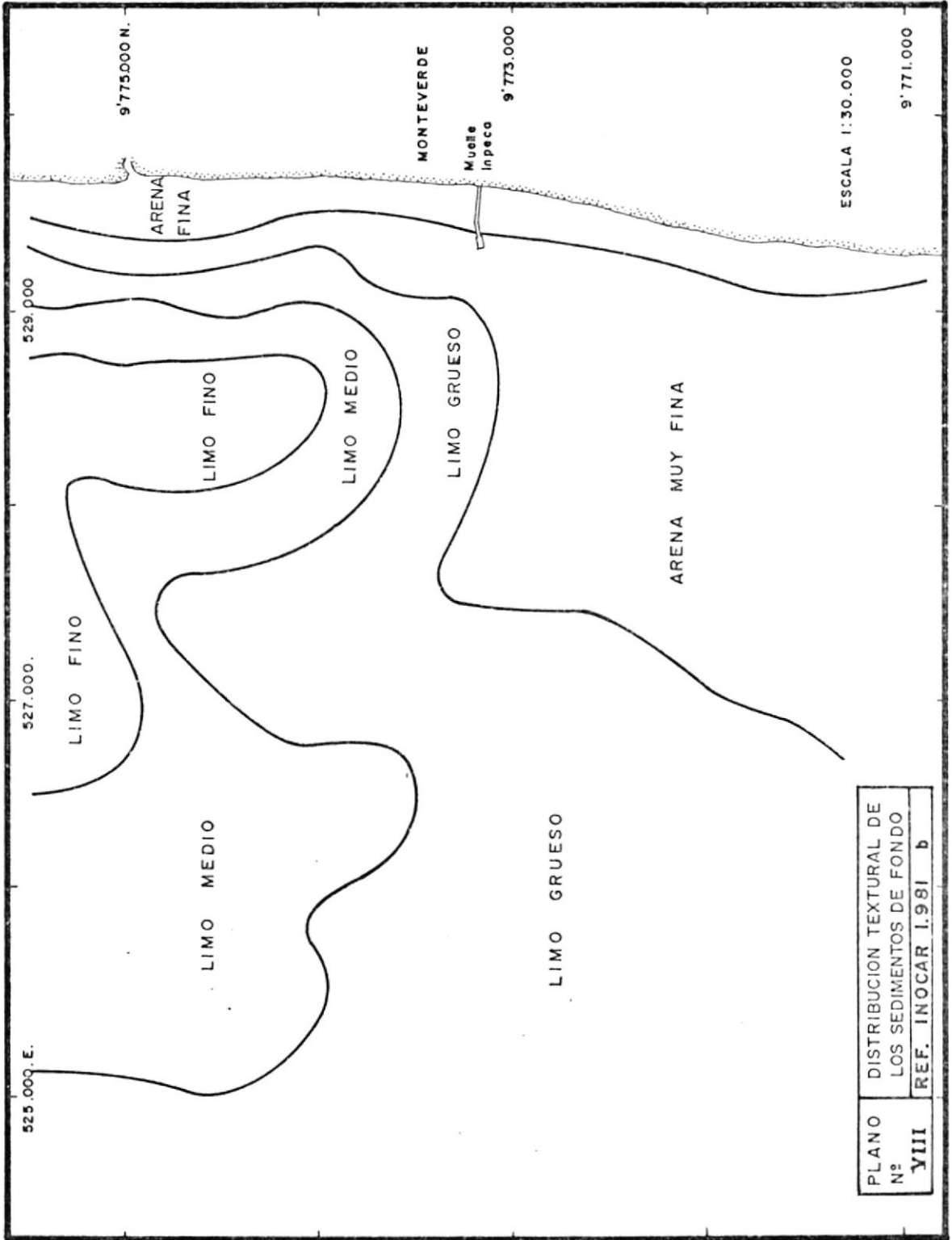
El examen de los perfiles de contenido de sedimentos en suspensión no revela ninguna tendencia decifrabable en cuanto al aporte de sedimentos hacia la playa, por lo que no se volverá a mencionar el tema o su influencia en la sedimentación costera.

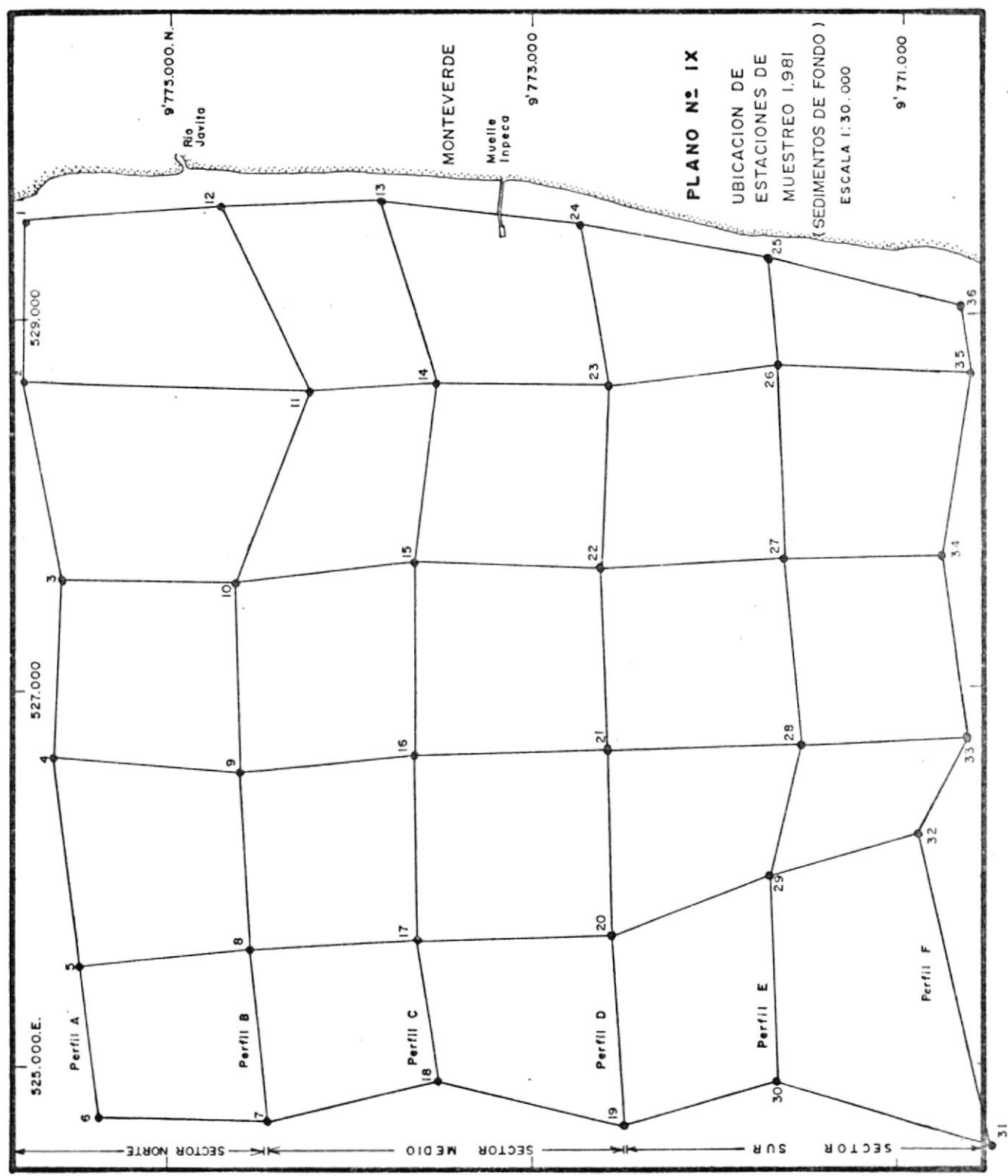
#### 2.1.6. Sedimentos de Fondo.-

Con el objeto de determinar la distribución textural del fondo marino (Plano VIII), se colectó muestras de sedimentos de fondo en 36 estaciones, cubriendo el área de estudio (Plano IX).

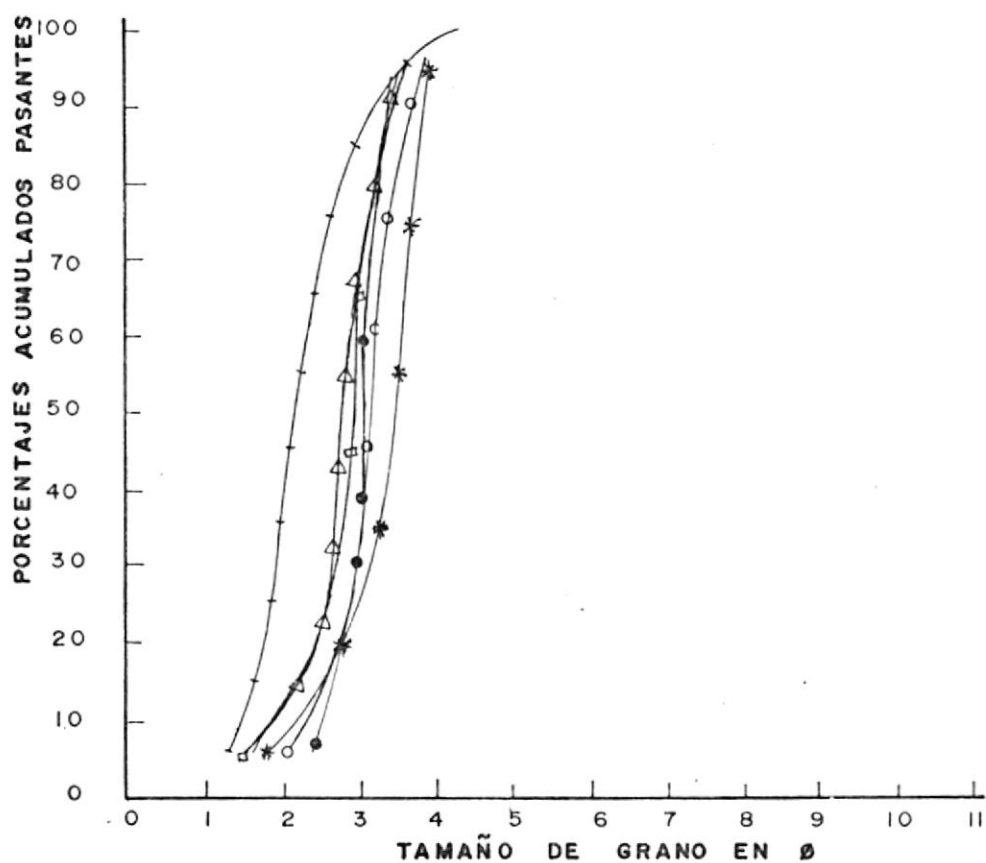
Las figuras 8, 9, 10, 11, 12 y 13, representan los porcentajes acumulados de los tamaños de las partículas. Las muestras están agrupadas de acuerdo a las estaciones que constituyen perfiles paralelos a la costa. Del análisis granulométrico se obtuvo que, las estaciones 1, 12, 13, 24, 25 y 36, ubicadas a lo largo de la playa, están constituidas por arena fina, con lo que se puede determinar la existencia de una faja de aproximadamente 200 metros de ancho.

Las demás estaciones muestran que hacia el Norte del muelle de Inpeca se produce una disminución del

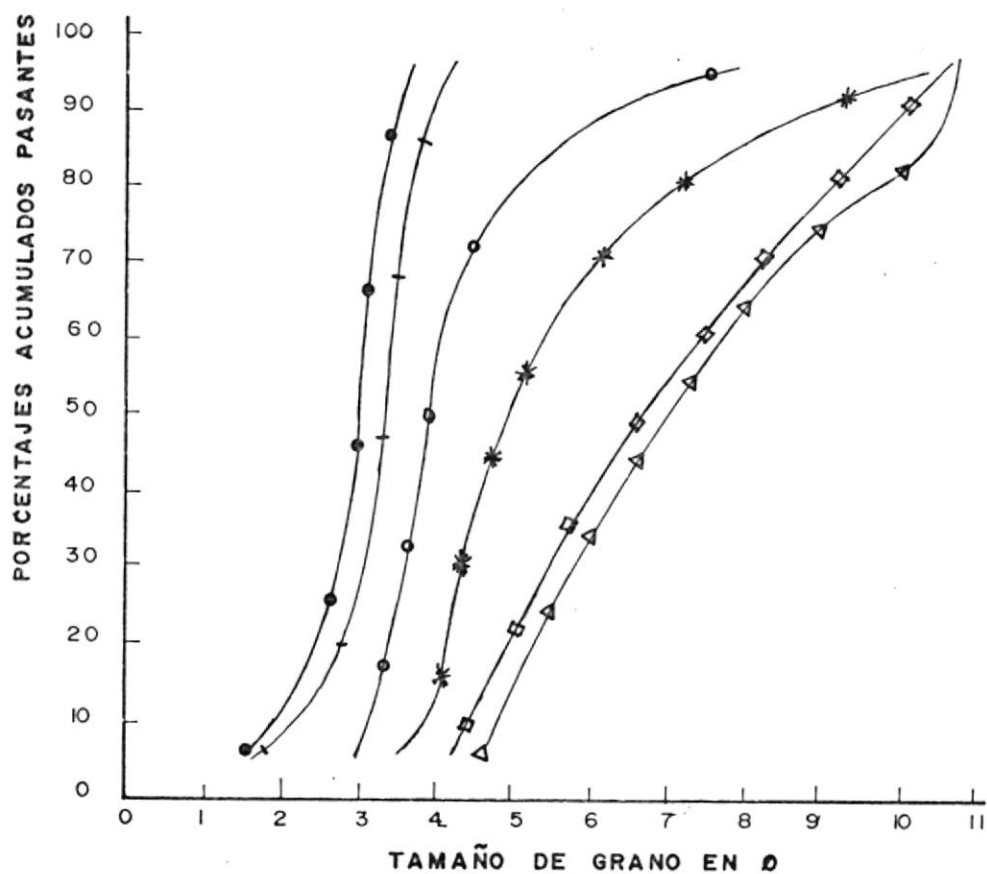




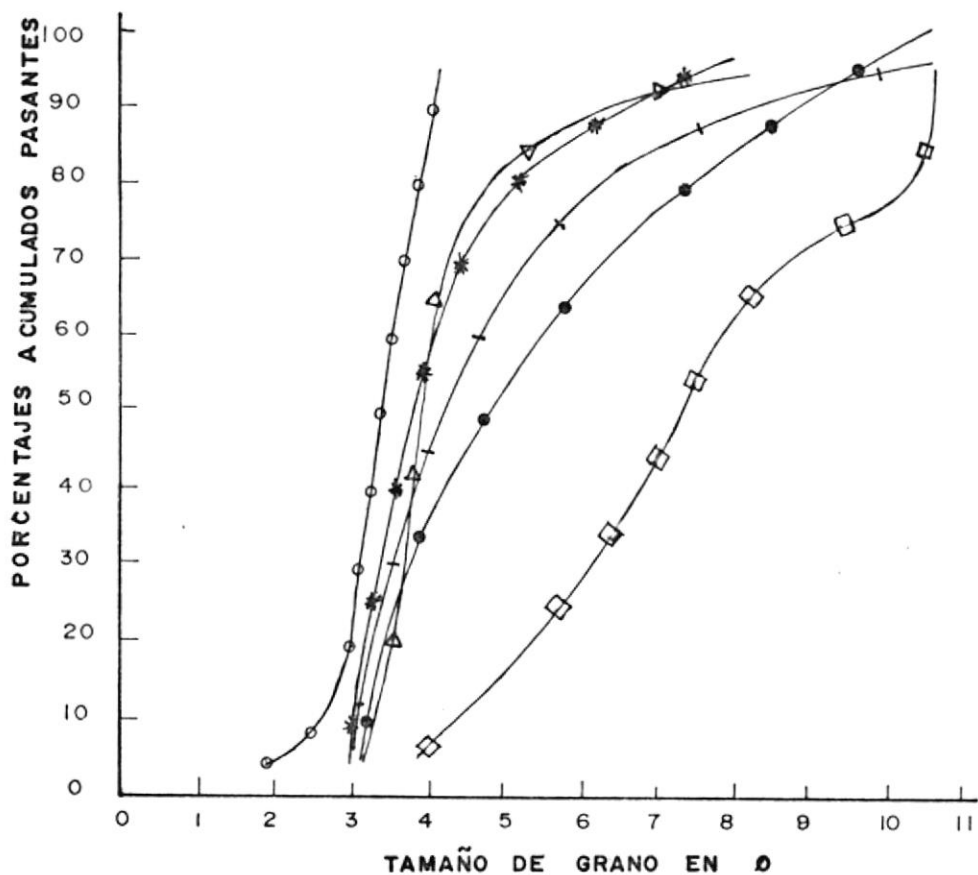




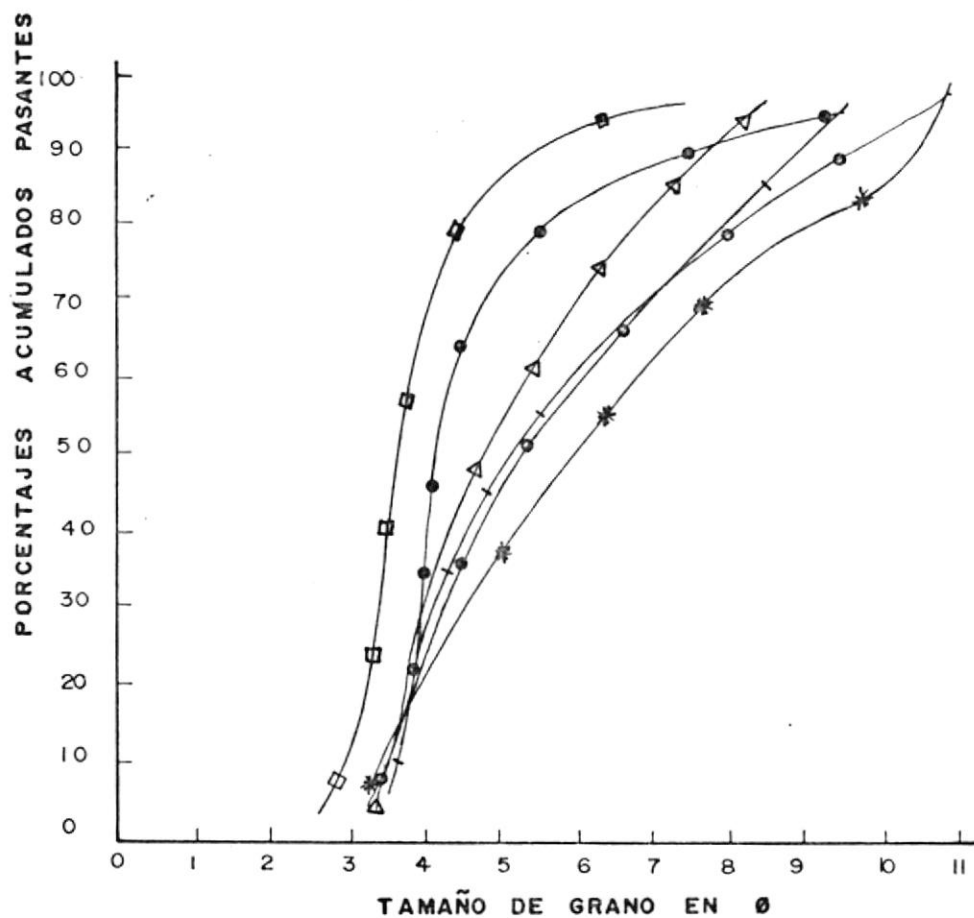
SEDIMENTOS DE FONDO (MONTEVERDE 1991)				
FIGURA Nº 8	PORCENTAJES ACUMULADOS Vs TAMAÑO DE LAS PARTICULAS (ESTACIONES PARALELAS A LA COSTA)		* ESTACION 12	△ ESTACION 24
			○ " 13	□ " 25
			● " 36	
REF. INOCAR 1.981 a				



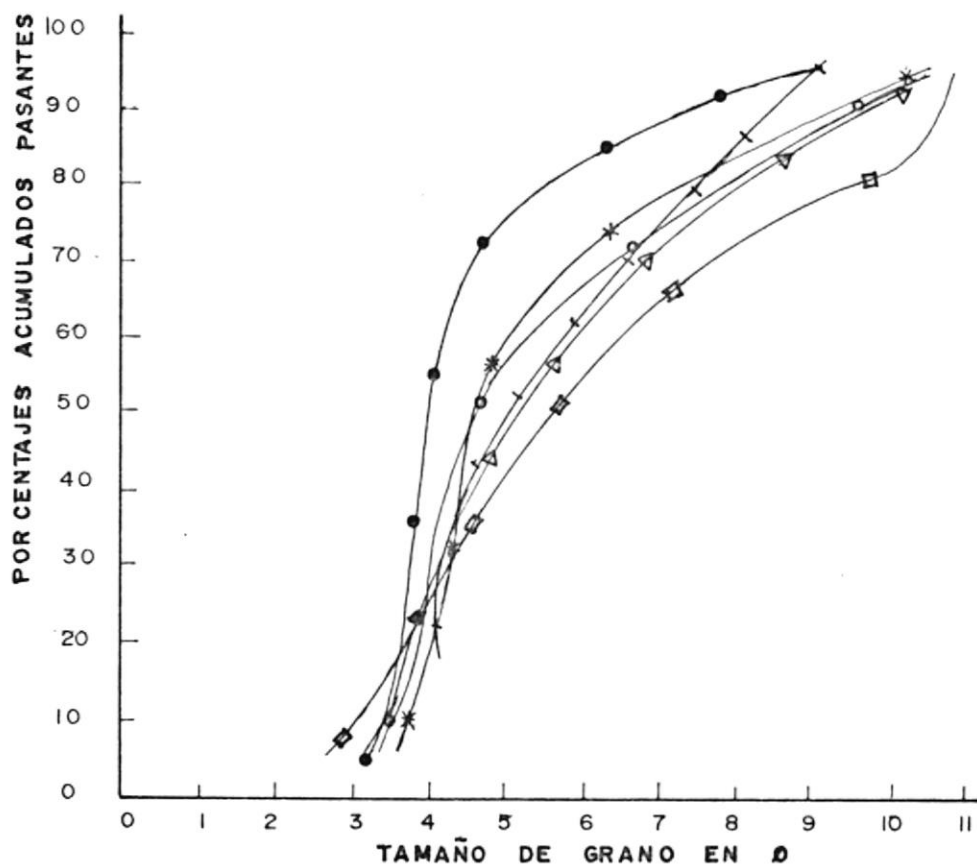
<b>FIGURA</b> <b>Nº</b> <b>9</b>	<b>SEDIMENTOS DE FONDO (MONTEVERDE 1981)</b>			
	PORCENTAJES ACUMULADOS Vs		Δ ESTACION 2	○ ESTACION 23
	TAMAÑO DE LAS PARTICULAS		□ " 11	● " 26
	(ESTACIONES PARALELAS A LA COSTA)		✱ " 14	- " 35
REF. INOCAR 1.981 a				



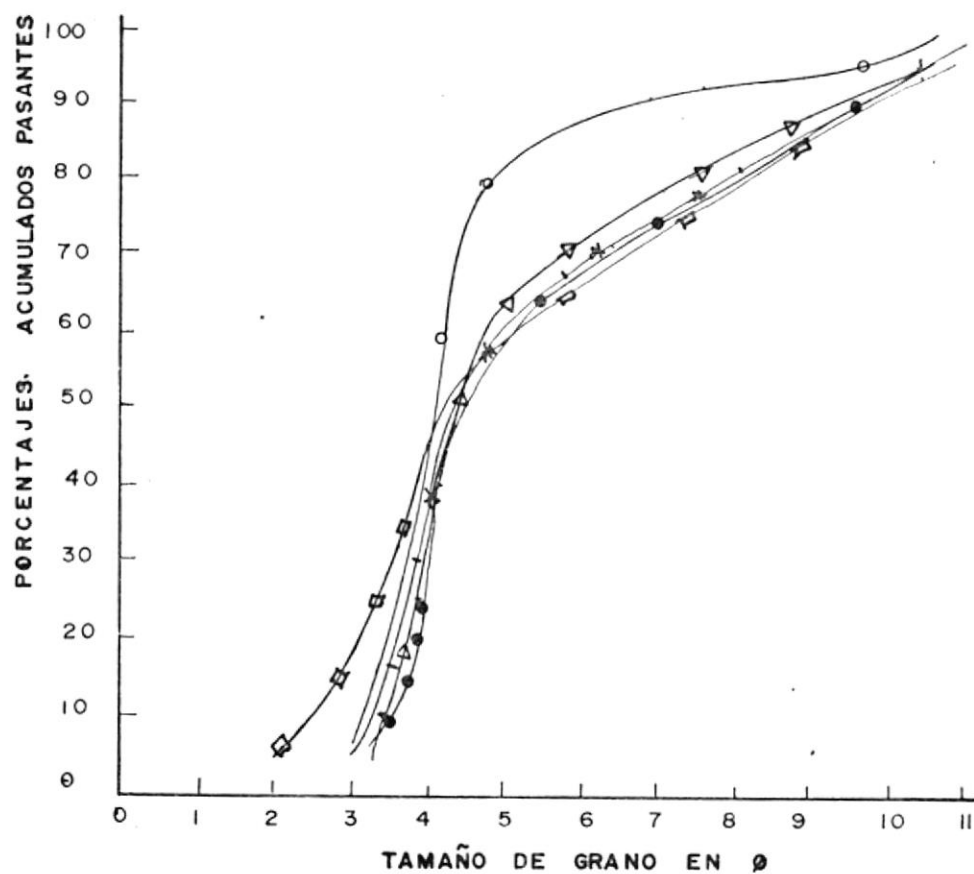
<b>FIGURA N<sup>o</sup> 10</b>	<b>SEDIMENTOS DE FONDO (MONTEVERDE 1981)</b>			
	PORCENTAJES ACUMULADOS Vs. TAMAÑO DE LAS PARTICULAS (ESTACIONES PARALELAS A LA COSTA)		□ ESTACION 3	+ ESTACION 22
	● " 10	△ " 27	- " 15	○ " 34
<b>REF. INOCAR 1981 a</b>				



<b>FIGURA</b> <b>N°</b> <b>11</b>	<b>SEDIMENTOS DE FONDO (MONTEVERDE 1.981)</b>			
	PORCENTAJES ACUMULADOS $V_s$		# ESTACION 4	△ ESTACION 21
	TAMAÑO DE LAS PARTICULAS		○ " 9	● " 28
	(ESTACIONES PARALELAS A LA COSTA)		— " 16	◻ " 33
				REF. INOCAR 1.981 a



<b>FIGURA Nº 12</b>	<b>SEDIMENTOS DE FONDO (MONTEVERDE 1981)</b>							
	PORCENTAJES ACUMULADOS $V_s$ TAMAÑO DE LAS PARTICULAS (ESTACIONES PARALELAS A LA COSTA)	<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td>□ ESTACION 5</td> <td>— ESTACION 20</td> </tr> <tr> <td>△ " 8</td> <td>* " 29</td> </tr> <tr> <td>○ " 17</td> <td>● " 32</td> </tr> </table>	□ ESTACION 5	— ESTACION 20	△ " 8	* " 29	○ " 17	● " 32
	□ ESTACION 5	— ESTACION 20						
△ " 8	* " 29							
○ " 17	● " 32							
<b>REF. INOCAR 1981 a</b>								

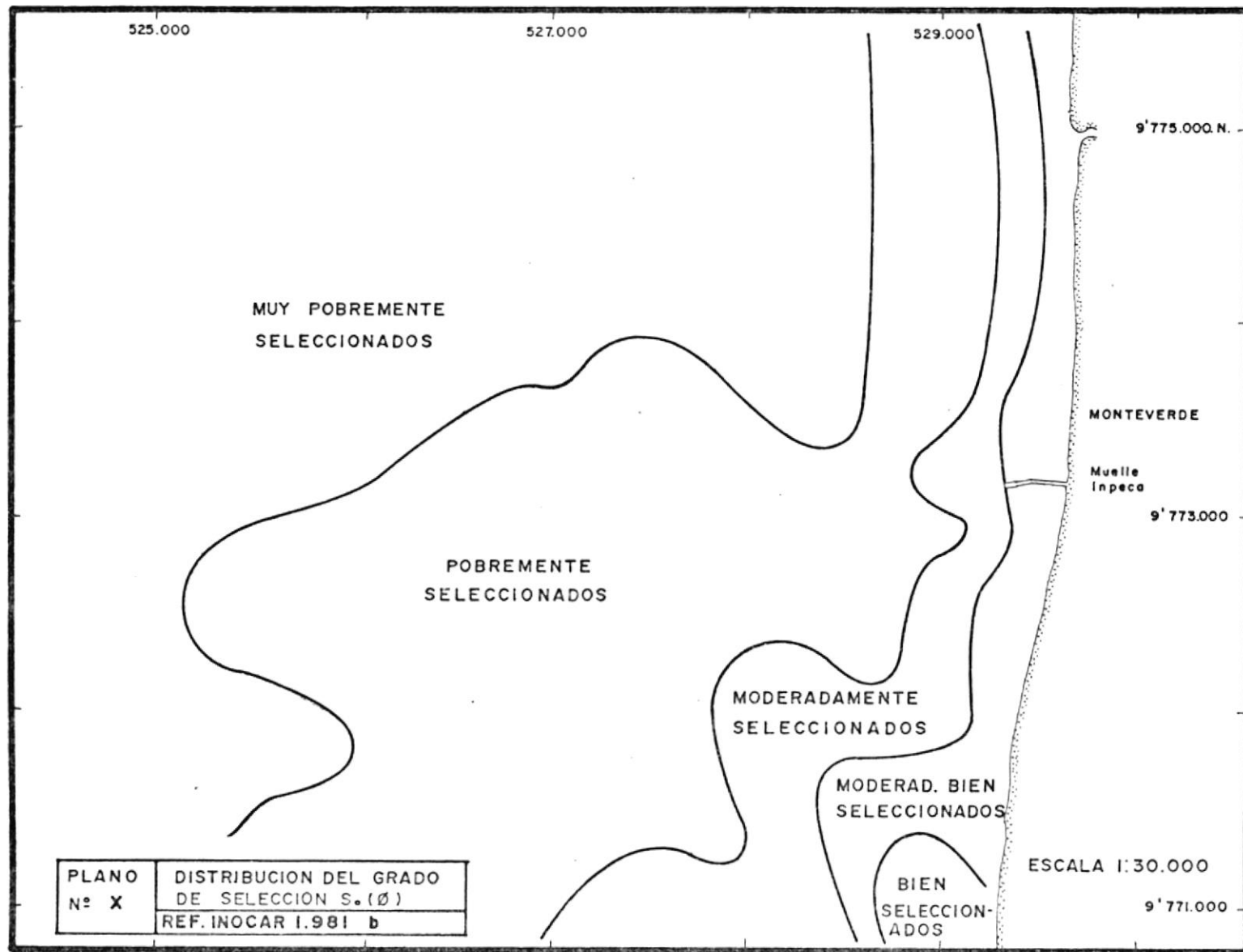


<b>FIGURA Nº 13</b>	<b>SEDIMENTOS DE FONDO (MONTEVERDE 1981)</b>	
	PORCENTAJES ACUMULADOS Vs. TAMAÑO DE LAS PARTICULAS (ESTACIONES PARALELAS A LA COSTA)	
	□ ESTACION 6 * " 7 - " 18	● ESTACION 19 △ " 30 ○ " 31
	<b>REF. INOCAR 1981 a</b>	

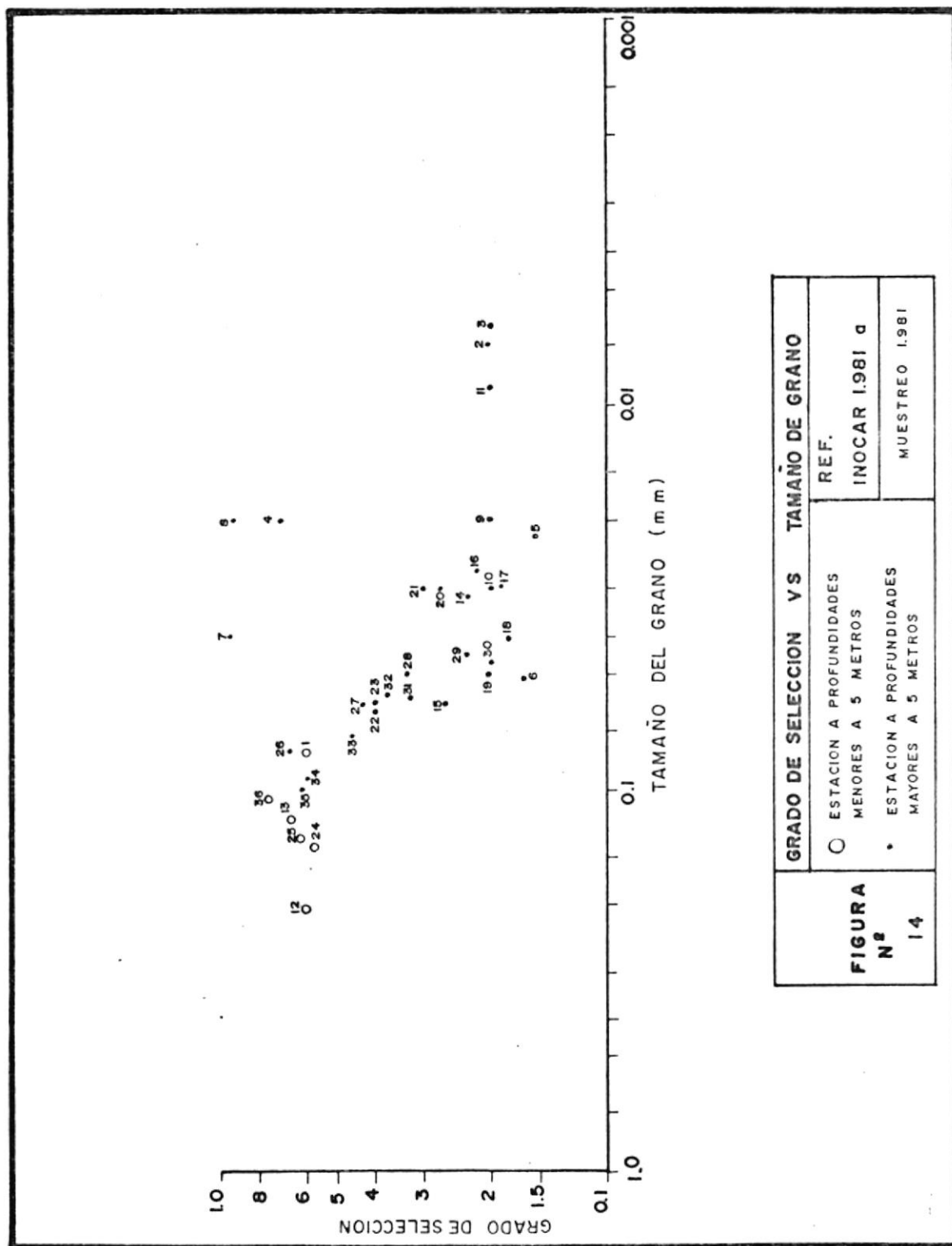
tamaño de grano conforme se aleja de la playa. Encontrándose arena fina y sucesivamente limo grueso, limo medio y limo fino, mientras que hacia el Sur del muelle de Inpeca, predominan las arenas muy finas y el limo grueso a partir de la faja de arena fina cercana a la costa.

El Plano X, presenta la distribución de los sedimentos de acuerdo al grado de selección, con lo que es posible apreciar que en el extremo Sur del área cercano a la playa, se encuentra un tipo de sedimento bien seleccionado, sin embargo, en la mayor parte del área predominan los sedimentos pobremente y muy pobremente seleccionado.

Teóricamente no existe relación entre el tamaño del grano y el grado de selección, sin embargo en la práctica comparando los Planos VIII y X, se desprende que los sedimentos pobremente o mal seleccionados corresponden con los de textura limo grueso y los sedimentos bien a moderadamente bien seleccionados se corresponden con los de textura de arena fina y muy fina (figura N° 14).



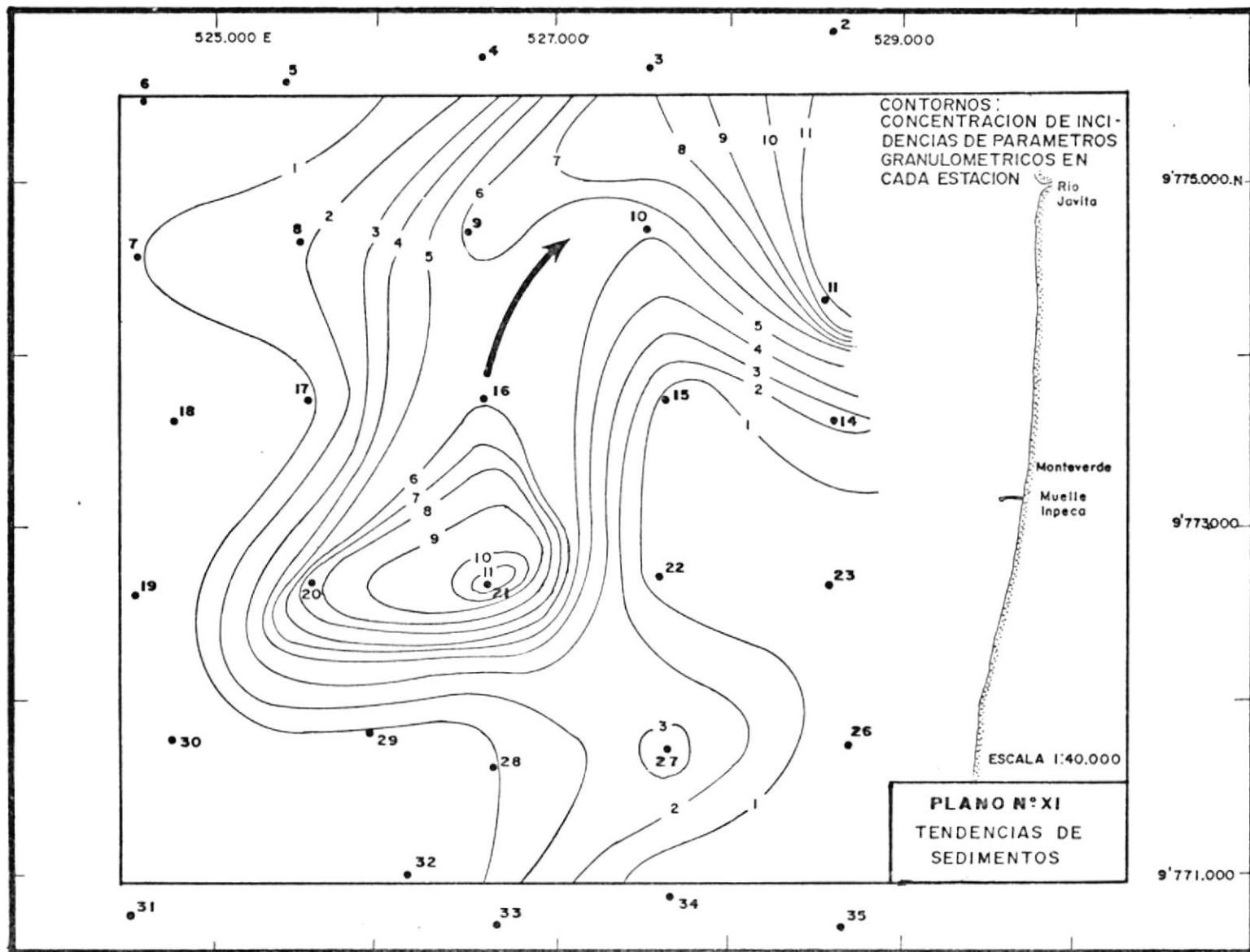


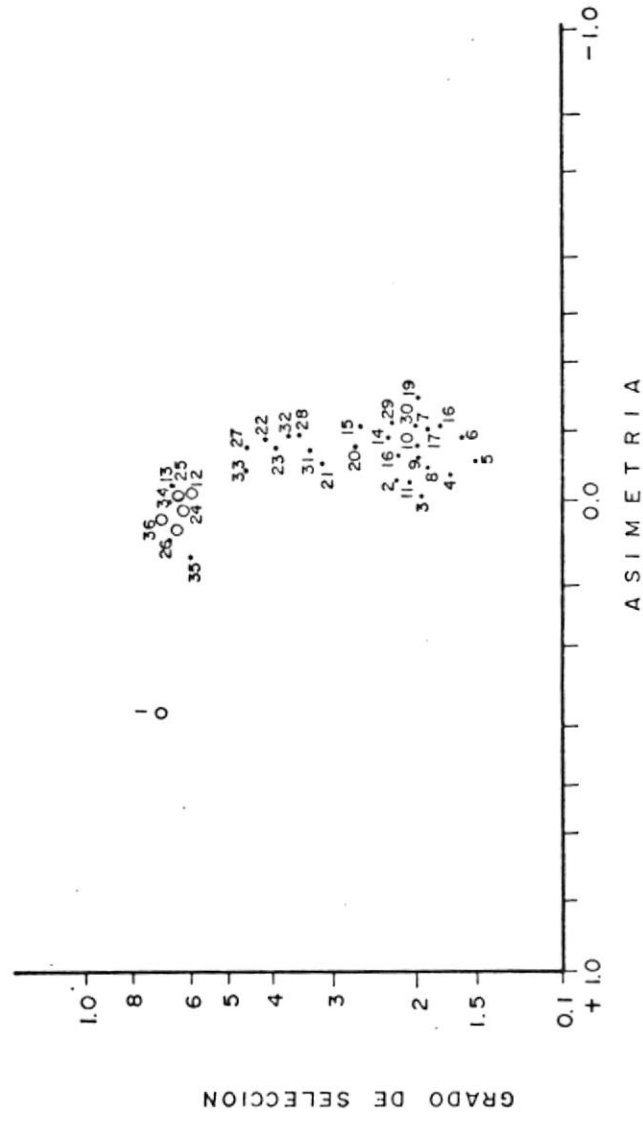


Las estaciones cercanas a la playa, de acuerdo con la figura 15, en la que se muestra el grado de selección versus asimetría, presentan una tendencia general hacia el material grueso, reflejando un mejor

parte del año.

general de la dirección del oleaje durante la mayor N.E. (Plano XI), lo cual concuerda con la tendencia de fondo. Esta tendencia es sensiblemente hacia el transporte de los sedimentos de un mapa de concentraciones de aportes que muestra la tendencia del transporte de los sedimentos por los aportes del resto de estaciones, obteniendo En cada estación se sumaron los puntos obtenidos - así un determinado nivel de energía de transporte. Debido a un proceso natural de selección al sobrepasados y de asimetría hacia los tamaños gruesos, que se encuentran sedimentos más gruesos, mejor clasificados hacia los tamaños finos, migran hacia las zonas de sedimentos finos, mal clasificados y de asimetría - ha realizado considerándose la hipótesis de que los sedimento hacia el Norte del área. El análisis se de sedimentos, encontrándose un desplazamiento de los sedimentos, se obtuvo el análisis de tendencias Determinando la configuración de los parámetros gra-





<b>FIGURA</b>  <b>Nº 15</b>	<b>GRADO DE SELECCION VS ASIMETRIA</b>	
	○ ESTACION A PROFUNDIDADES MENORES A 5 METROS	REF. INOCAR 1.981 ○
• ESTACION A PROFUNDIDADES MAYORES A 5 METROS	MUESTREO 1.981	

grado de selección. Puede decirse entonces que un incremento en el nivel de energía da lugar a un mejor grado de selección del sedimento. Las estaciones 2, 11 y 14 (también cercanas a la playa) no presentan las características mencionadas anteriormente. Estas excepciones podrían ser atribuidas a la influencia de la sedimentación de material fino del Río Javita.

## 2.2. Oceanografía Física de la Zona.-

Los vientos, olas, mareas y corrientes, introducen energía al sistema marino generando procesos que interactúan entre sí, los cuales forman y modifican la costa. Resulta así necesario analizar separadamente estos cuatro parámetros que actúan sobre la zona litoral de Monteverde.

### 2.2.1. Mareas.-

Las mareas son descritas por Defant (1958) como un proceso interno del océano, cuyas variaciones de rango pueden ser consideradas importantes en la geomorfología de las playas.

El tipo de marea que encontramos en Monteverde es semidiurna (marea característica de nuestras costas),

presenta una periódica elevación y caída del nivel del agua dos veces diariamente; cada pleamar y cada bajamar tienen una duración de 6 horas y media, aproximadamente.

En esta tesis se toman los datos registrados por INOCAR (1981) desde el 7 de marzo al 9 de abril de 1981, en la localidad de Monteverde. De la información presentada (Tabla I) se encontró que el rango medio para todas las mareas durante el período de medición fue de 1.81m., que corresponde a un tiempo corto de registro. El rango medio para las mareas de *sisigia* considerado fue de 2.79m. Debido a lo necesario que resulta el conocer la mayor cantidad de datos de marea del lugar de estudio o de zonas adyacentes, se consideraron los datos mareográficos correspondientes al Puerto de La Libertad desde 1950 hasta 1981 (Espinoza, 1982<sup>2</sup>), por encontrarse apenas a 32Km de distancia del sitio objeto de este estudio. De esta estadística obtenemos que los valores de máxima amplitud oscilan entre 2.6m y 2.9m, siendo su promedio anual de 2.6m. Este valor corresponde al 70% de los datos totales, por lo que se considera a esta marea como Mesotidal de acuerdo a la clasificación de Davies (1965).

## TABLA N° I

## REGISTRO DE MAREAS EN MONTEVERDE (Marzo 7/81 - Abril 9/81)

Ref.: INOCAR 1981a.

Promedio de pleamates de <i>sisigia</i>	MHWS = 4.48 m
Promedio de pleamates mayores diarias	MHWS = 4.09 m
Promedio de pleamates	MHWS = 4.03 m
Promedio de pleamates de <i>cuadratura</i>	MHWS = 3.63 m
Nivel medio del mar	MSL = 3.13 m
Nivel medio de la marea	MTL = 3.12 m
Promedio de bajamates de <i>cuadratura</i>	MLWN = 2.72 m
Promedio de bajamates	MLLW = 2.22 m
Promedio de bajamates mayores	MLWS = 1.69 m
Bajamar más baja del mes	LT = 1.68 m
Rango de <i>sisigia</i>	= 2.79 m
Rango medio	= 1.81 m

De la información analizada en ambas localidades se observa que los rangos de marea tanto de la Libertad como de Monteverde son similares, por lo que se deduce que en Monteverde no existirán variaciones de marea mayores que las encontradas en la Libertad.

Se considera que: las variaciones entre las mareas y sus rangos pequeños presentes en Monteverde disminuyen su importancia en los procesos que actúan sobre la playa.

#### 2.2.2. Olas.-

##### Características Generales.-

Las olas pueden considerarse un factor determinante en la geometría y composición de las playas sobre ambientes litorales que presentan características de una costa abierta (Bird, 1976), constituyendo la principal fuente de energía en el transporte de sedimentos hacia la costa, hacia afuera de ella y a lo largo de la misma (Shore Protection Manual, Vol. 1, - 1975).

Siendo la costa de Monteverde considerada como una amplia ensenada frente al Océano Pacífico, es esen-

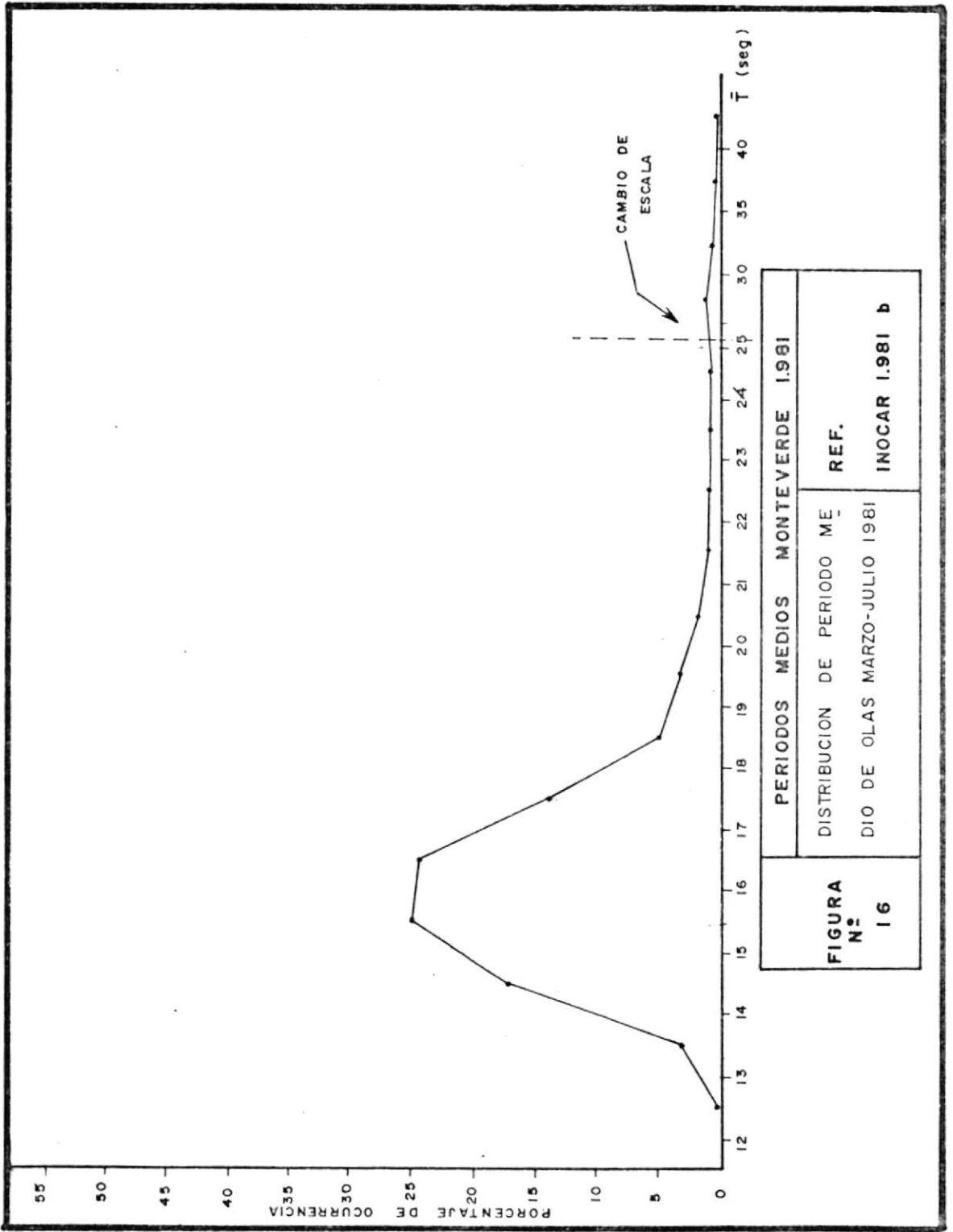


cial entonces, conocer la incidencia del oleaje sobre su ambiente litoral, con el objeto de estimar: las fuerzas que se generan a lo largo de la costa, así como el flujo de energía generado. Estimaciones que serán de utilidad en el planeamiento, diseño y construcción de las estructuras costeras a ubicarse en el área.

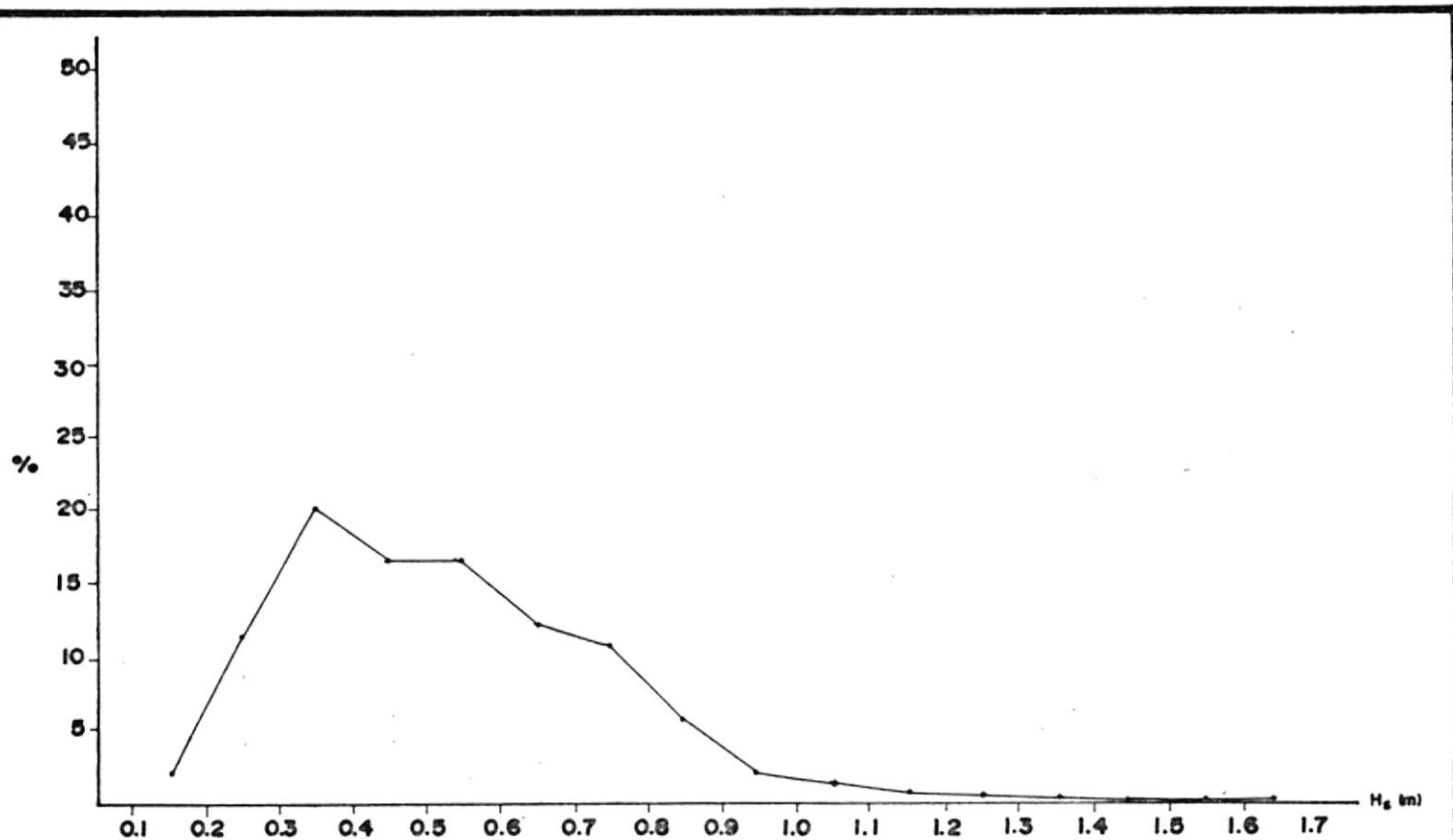
La determinación de las características del oleaje en el área de estudio, se realizó mediante el análisis comparativo del régimen de olas registrado para el mismo período (Marzo-Julio) de 1981 y 1984. Estos años fueron considerados por ser estimados como épocas normales que representan las características generales en el área.

Para 1981, predominan períodos entre 14s y 18s que representan el 79.78% y alturas significativas entre 0.3m y 0.6m., que representan el 52.89% de ocurrencia de los eventos (figuras 16 y 17).

En 1984 predominaron períodos entre 15s y 19s que representan el 78.24% de los eventos registrados, y alturas significativas entre 0.3m y 0.6m que consti



<b>FIGURA</b> <b>Nº</b> <b>16</b>	<b>PERIODOS MEDIOS MONTEVERDE 1.981</b>
	DISTRIBUCION DE PERIODO MEDIO DE OLAS DE MARZO-JULIO 1981 REF. INOCAR 1.981 b

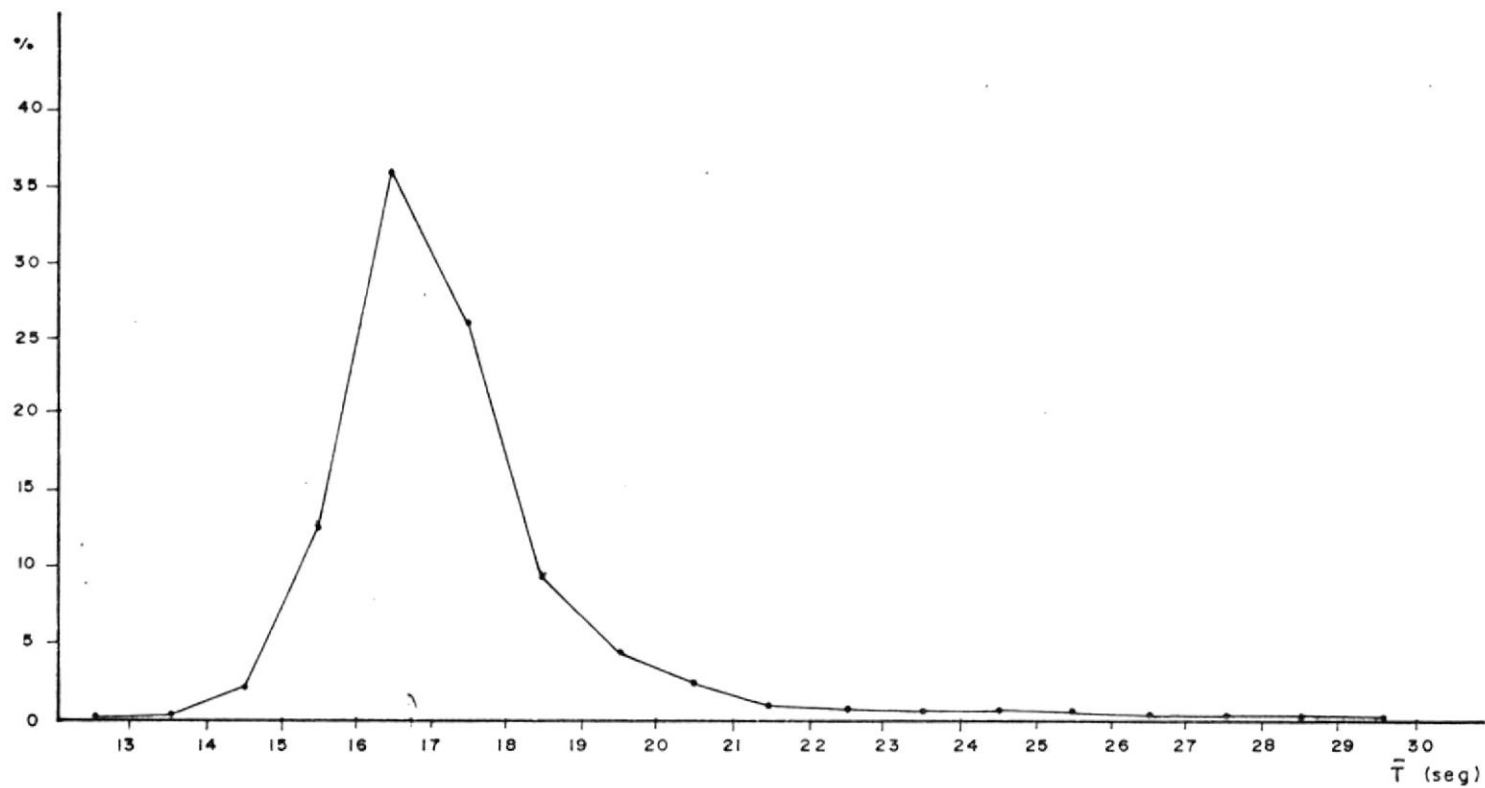


ALTURA SIGNIFICATIVA MONTEVERDE 1981		
FIGURA Nº 17	DISTRIBUCION DE ALTURAS SIGNIFICATIVAS DE OLAS DE -	REF
	MARZO - JULIO DE 1981.	INOCAR 1981 b

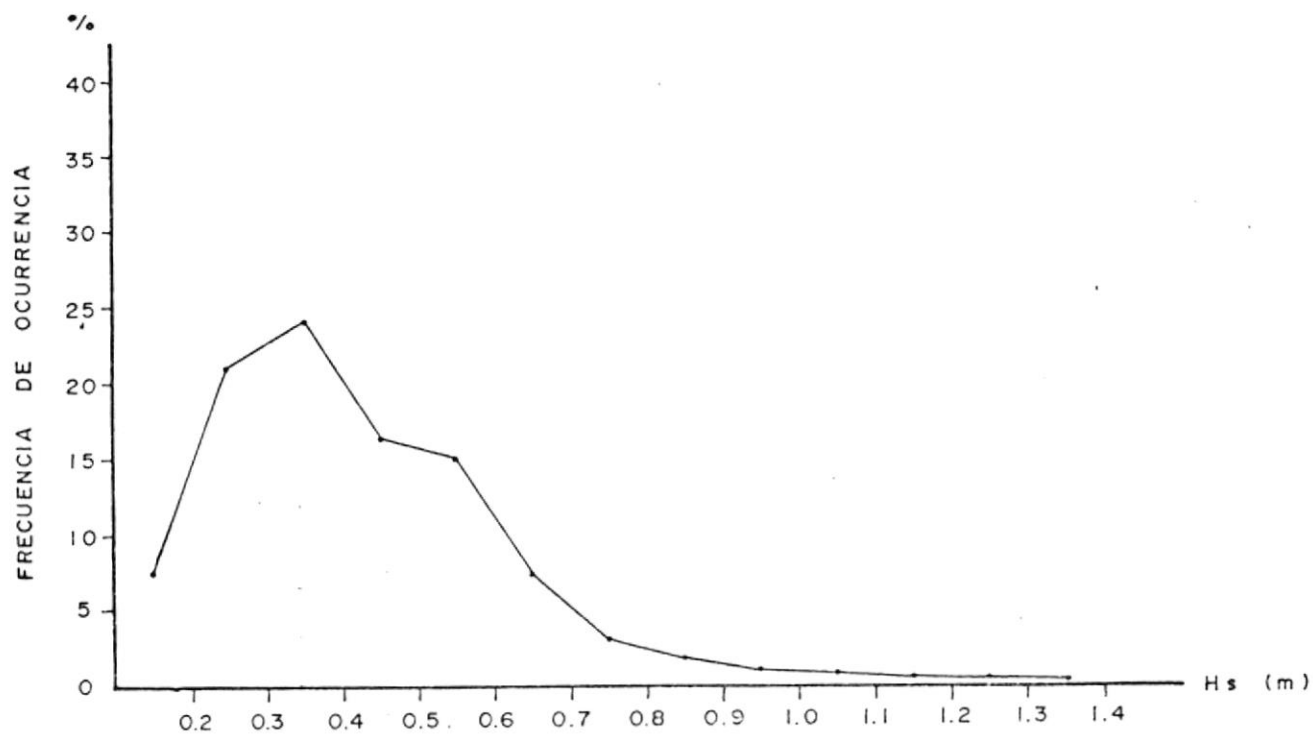
tuyen el 62.43% de ocurrencia de los eventos (figuras 18 y 19).

La comparación del régimen de olas entre ambos años, muestra pequeñas diferencias en los porcentajes de altura significativa y períodos medios, por lo que podemos considerar que existieron características similares durante estos dos años.

Las figuras 20 y 21, representan la variación temporal de las alturas significativas medias y períodos medios durante 1981 y 1984 respectivamente. Del análisis de estas figuras, se observa mayores alturas significativas durante los meses de Enero a Abril, atribuido en gran parte a la presencia de olas provenientes del Norte, que generalmente son de mayor altura que las del Sur-Oeste. Las olas Norte-Noroeste son producto de la ocurrencia de tormentas en el Pacífico Norte debido a la intensificación de los vientos en esas regiones. Esto se corrobora con los datos mensuales de vientos presentados para Salinas en el Atlas Meteorológico del Mar Territorial (INOCAR, 1977), donde se observa que durante los meses de Enero a Abril, se presentan en nuestras costas vientos



<b>FIGURA</b> <b>Nº</b> <b>18</b>	<b>PERIODOS MEDIOS MONTEVERDE 1984</b>	
	DISTRIBUCION DE PERIODOS MEDIOS DE OLAS MARZO - JULIO 1984	REF. INOCAR 1984 a



<b>FIGURA</b> <b>Nº</b> <b>19</b>	<b>ALTURA SIGNIFICATIVA MONTEVERDE 1.984</b>	
	DISTRIBUCION DE ALTURAS SIGNIFICATIVAS DE OLAS MARZO - JULIO DE 1.984	<b>REF.</b> <b>INOCAR 1.984 a</b>

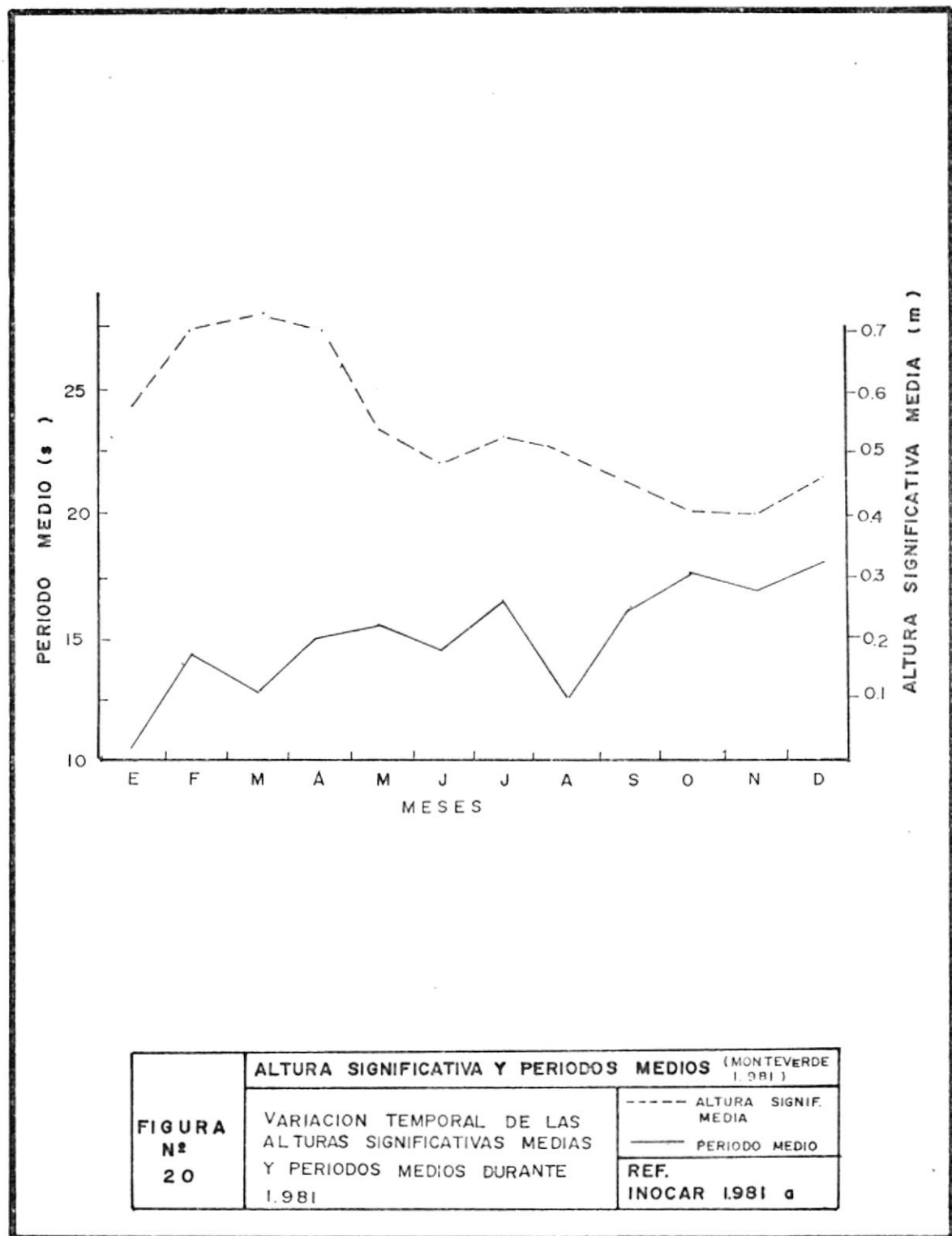
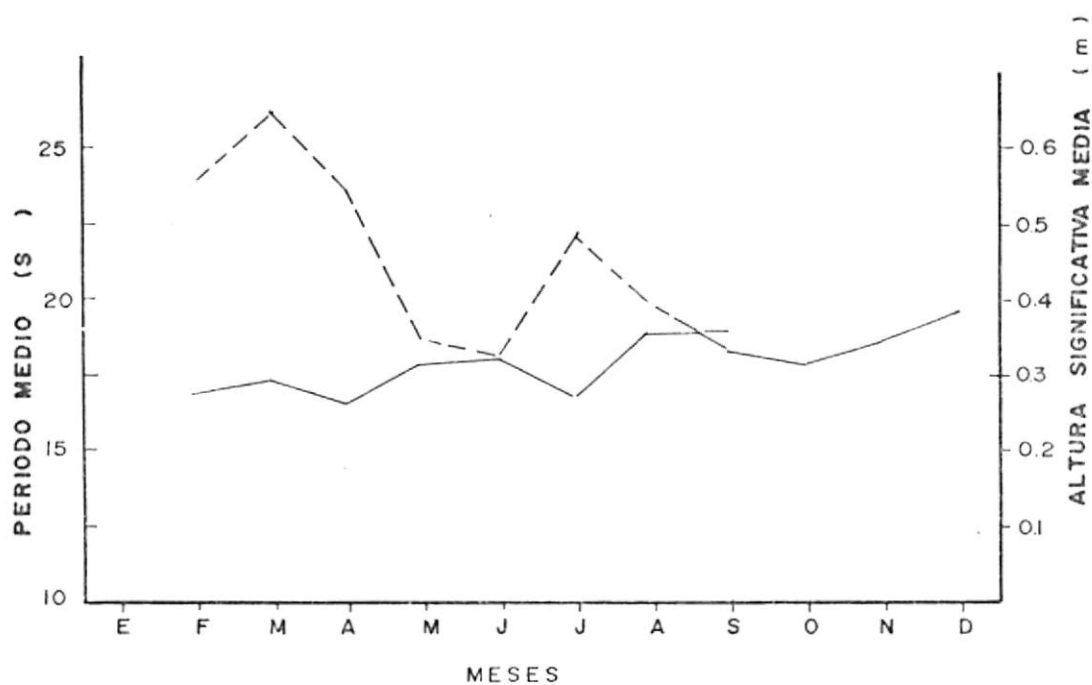


FIGURA Nº 20	ALTURA SIGNIFICATIVA Y PERIODOS MEDIOS (MONTEVERDE 1.981)	
	VARIACION TEMPORAL DE LAS ALTURAS SIGNIFICATIVAS MEDIAS Y PERIODOS MEDIOS DURANTE 1.981	----- ALTURA SIGNIF. MEDIA
		———— PERIODO MEDIO
REF. INOCAR 1.981 a		



<b>FIGURA Nº 21</b>	<b>ALTURA SIGNIFICATIVA Y PERIODOS MEDIOS</b> (MONTEVERDE 1.984)	
	VARIACION TEMPORAL DE ALTURAS SIGNIFICATIVAS Y PERIODOS MEDIO DURANTE 1.984	- - - - Hs MEDIO ——— PERIODO MEDIO
	REF. <b>INOCAR 1.984 a</b>	



del Norte, mientras que en los otros meses del año, prácticamente desaparecen.

De la información obtenida para el área de Monteverde, se determina que la presencia de períodos menores a 12s, corresponden a un mínimo porcentaje de ocurrencia en el año\*. Por otra parte, la longitud de onda calculada para aguas profundas ( $L_0$ ) fue de 425.19m (1395 pies), obtenida a partir de la relación  $L_0 = \frac{g T^2}{2\pi}$ , siendo esta 500 veces mayor que el valor de altura significativa ( $H_s$ ) considerada para el área 0.56m (1.85 pies). Estas características son indicativas de que existe predominio del mar de leva (Swell) durante todo el año en el área de estudio.

Las direcciones en aguas profundas del Swell frecuentemente varían entre el Sur-Oeste y Oeste, durante los 12 meses del año, mientras que los primeros meses, se presentan también oleajes provenientes del Nor-Oeste.

---

(\*). Para el análisis de los procesos litorales se utilizarán los valores promedios de altura significativa ( $H_s$ ) igual a 0.56m (1.85 pies), período medio ( $T$ ) igual a 16.5, valores que constituyen el promedio de la mayor ocurrencia de eventos para 1981 y 1984, habiéndose determinado estos años como normales.

### Refracción.

La altura de ola en aguas profundas ( $H_0$ ) para el área, fue igual a 0.49m (1.63 pies), encontrada con la relación  $H/H_0 = K_s \times K_r$

, a partir de la altura de ola significativa a 30 metros de profundidad y un promedio de los  $K_s \times K_r$  encontrados para olas entre 14s y 18s con direcciones entre  $220^\circ$  y  $280^\circ$  (IHOCAR, 1981 b).

Cuando las olas se propagan hacia la costa, donde las profundidades son menores, éstas se ven afectadas gradualmente por el fondo, produciéndose una deflexión en la dirección de propagación, semejante a la de los rayos ópticos, por el hecho de que son el efecto de un fenómeno ondulatorio

La magnitud de este efecto de refracción puede ser determinada a partir de los diagramas de refracción llamados también planos de olas, los cuales son de utilidad para:

- i. Predecir la dirección de las corrientes a lo largo de la costa, ya que estas son dispersadas desde sectores de costa donde la energía de onda está

concentrada por efecto de la refracción

- ii. Examinar los efectos de las ondas sobre el perfil de las playas (Munk y Traylor, 1947), considerándose que la distribución de energía de las olas está indicada por el espaciamiento de las ortogonales

En esta tesis se utilizarán los diagramas de refracción con el objeto de determinar las áreas vulnerables a la erosión a lo largo de la zona de playa de Monteverde, según el Método de E.J. John e I.V.

Nayak, cuyo análisis y discusión se encuentran en la sección 3.2.2.

Rompiente.-

"En cualquier punto de la costa pueden presentarse olas de una amplia gama de alturas. A medida que disminuye la profundidad, la altura de la ola se incrementa hasta que pierde estabilidad y rompe" (Moral del Carro, 1978).

Tipos de Rompiente.-

En Monteverde, las olas se precipitan sobre la playa rompiendo en dos formas, según observaciones visuales.

- i. Con la cresta en forma vertical entrocándose sobre sí y cayendo como una masa intacta de agua.
- ii. Con una empinación gradual hasta que la cresta se vuelve inestable y rompe formando gran cantidad de espuma, especialmente al Norte y al Sur del área.

Estas características ubican a las olas rompientes del área de Monteverde en rompientes tumbadas y rompientes rociadas, respectivamente.

La existencia del tipo de rompiente puede demostrarse en función de los parámetros que definen el tipo de rotura: la altura de la ola en aguas profundas ( $H_0$ ); la longitud de la ola en aguas profundas ( $L_0$ ) y la pendiente de la playa ( $m$ ). Galvin (1968) encuentra una predicción generalmente buena para la

transición de los diferentes tipos de olas rompien-  
tes utilizando las relaciones  $H_o/L_o m^2$  o  $H_o/g m T^2$ ,  
siendo  $m$  la pendiente de la playa.

Tabla N° II

TRANSICION ENTRE TIPOS DE ROMPIENTE (Galvin)

Ref.: Moral del Carro 1978. pág. 32.

	SURGING-PLUNGING PULSACION-TUMBADA	PLUNGING-SPILLING TUMBADA-ROCIADA
$H_o/L_o m^2$	0.09	4.8
$H_o/g m T^2$	0.003	0.068

Utilizando el criterio de Galvin en el área de Monte-  
verde: tomando la pendiente de la playa  $m$  de los  
perfiles de playa obtenidos por INOCAR (1981) en cua-  
tro estaciones ubicadas a lo largo de la playa, eva-  
luando el valor de  $H_o = 1.63$  pies y  $L_o = 1395$  pies,  
se obtuvo que el valor de la relación  $H_o/L_o m^2$  para  
cada una de las estaciones indicadas (Plano N° IV)  
fue: 0.379, 0.672, 0.483, 0.228 respectivamente.  
Comparando estos valores con los presentados en la  
Tabla II, es posible comprobar que se encuentran den-  
tro del rango de ocurrencia de rompientes tumbadas.

De observaciones visuales es posible apreciar también la existencia de rompientes rociadas en la zona.

#### Índice de Rompiente.-

Mc Cowan [1984], determina teóricamente el valor de  $(\delta b)$ , llamado índice de rompiente, dado por la relación  $H_b/db$ . Estudios de laboratorio, demuestran que el valor de  $\delta b$  varía con la pendiente de la playa (m) y la empinación de la ola en aguas profundas ( $H_o/L_o$ ). Coastal Engineering (VOL. 1, 1972) presenta valores para  $\delta b$  determinados a partir del tipo de rompiente; de ahí obtenemos rangos de  $\delta b$  entre 0.5 - 0.8 y 0.8 - 1.1. que corresponden a rompientes rociadas y rompientes tumbadas, respectivamente.

Debido a que el área de estudio presenta los dos tipos de rompientes mencionados anteriormente, es posible considerar para nuestro análisis el valor intermedio de índice de rompiente  $\delta b = 0.8$  (M.Sc. Enrique Sánchez, comunicación personal).

#### Altura de Rompiente.-

El cálculo de altura de rompiente  $(H_b)$  para el área de estudio fue obtenida en forma iterativa conocien

do, de observaciones, que las olas rompen aproximadamente a una profundidad (d) que varía entre 5m - (16,4 pies) y 1m (3,28 pies), partiendo del valor conocido de la altura significativa a 30m de profundidad, y tomando el criterio de índice de rompiente anteriormente expuesto. La metodología seguida fue la siguiente:

- Se utilizó la relación dada en la ecuación (1), obtenida por la Teoría de Refracción (Shore Protection Manual, Vol. I, 1975):

$$H_d = H_s \times K_r \times K_s \quad (1)$$

Los términos de la ecuación <sup>1</sup> serán:

$H_d$  = Altura de la ola a la profundidad (d) asumida.

$H_s$  = Altura significativa de la ola, determinada para el área: 0.56 m (1.85 pies).

$K_r$  = Coeficiente de refracción, cuyo valor encontrado fue igual a 0.9326 calculado de los diagramas de refracción elaborados para el área (Planos N<sup>o</sup> XVIII, XIX y XX). Se conside-

ra a este valor constante debido a que la separación entre ortogonales (rayos normales a la cresta de la ola que indican sus posiciones sucesivas) presentan pequeñas variaciones en el sector analizado.

$K_s$  = Coeficiente de Shoaling. Su determinación se realiza por interpolación de los valores dados en la Tabla C-1 del Shore Protection Manual (Vol. 3), que están en función de la relación de profundidad versus longitud de onda en aguas profundas ( $d/L_0$ ).

- Los valores de  $H_s$ ,  $K_r$ , y  $K_s$  se evalúan en la ecuación (1), obteniéndose así un valor asumido de altura en la rompiente, el cual será comprobado si corresponde a la altura de rompiente ( $H_b$ ).
- Se determina si la relación  $H_d/d$  es igual a 0.8 (criterio del índice de rompiente para Monteverde). Si esta igualdad no se cumple, se repite el procedimiento para una nueva profundidad asumida.



Con el propósito de determinar las características más notables que presentan las corrientes en el área de estudio, se realizó el análisis de los registros de dirección y magnitud de las corrientes obtenidas por INOCAR mediante el método Euleriano (convertido por el perforador Hidroproduct 460-465) en los niveles de: Superficie (0m), Medio (15m) y Fondo (30m). De este análisis, resaltan las siguientes características:

### 2.2.3. Corrientes.

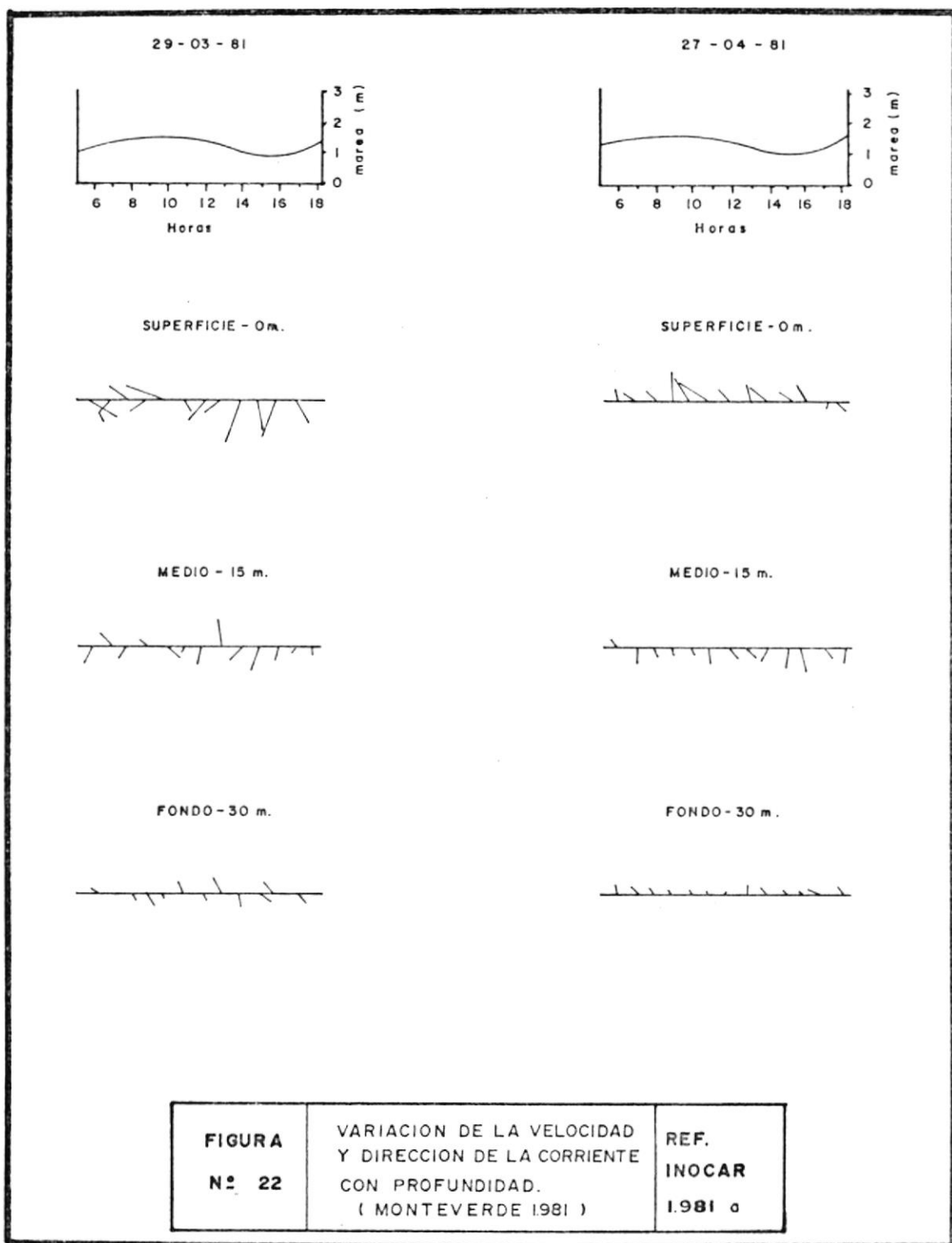
De los resultados obtenidos se determina que en Mon-teverde las olas rompen aproximadamente a una profundidad (db) igual a 1.26m (4.13 pies), con una altura de rompiente (Hb) de 1.01m (3.33 pies) valores que son comparables con las observaciones realizadas en el área.

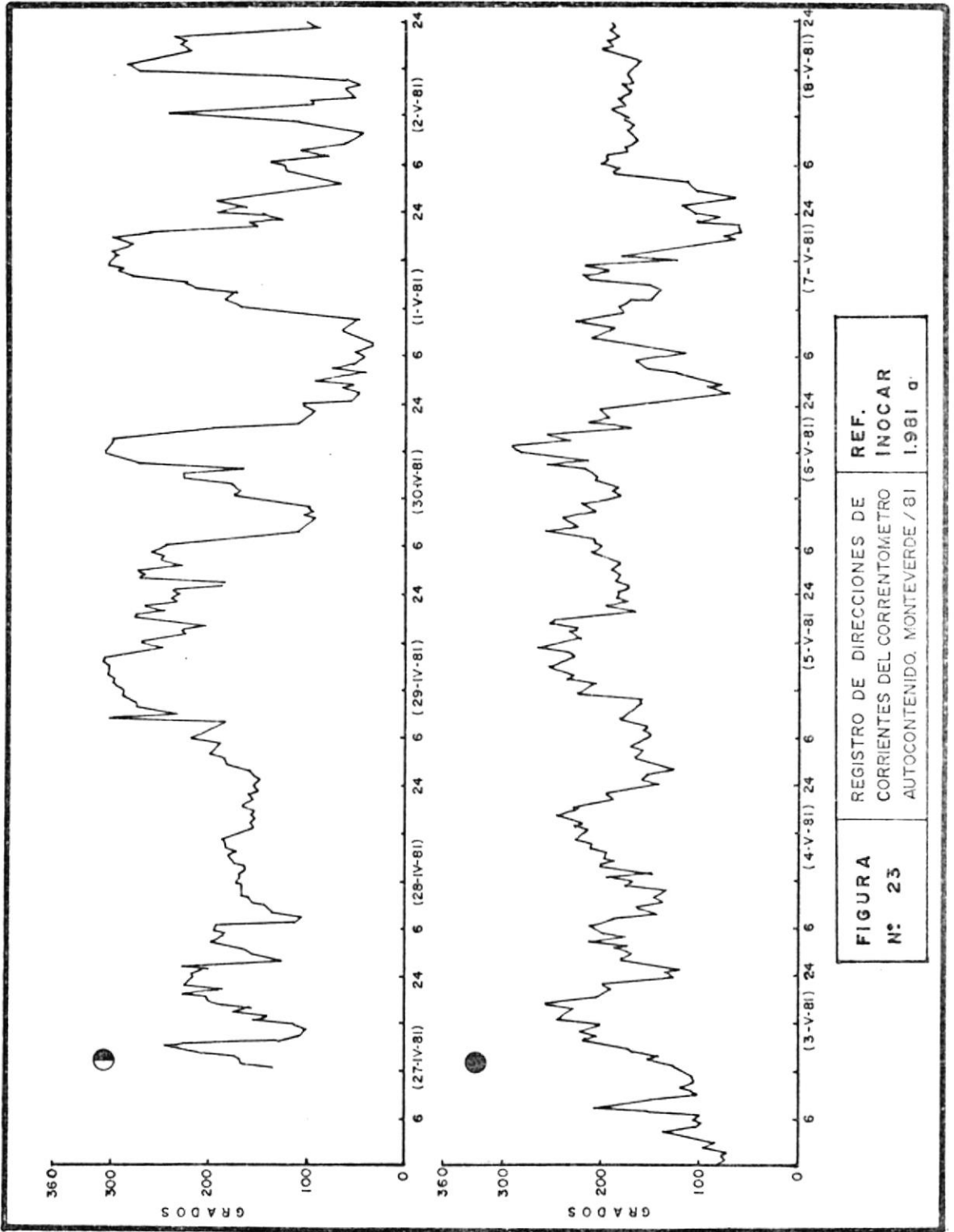
- Cuando se cumple la relación  $H/d = 0.8$  consideramos que el valor de H obtenido es igual a la altura de rompiente (Hb) para el área de estudio.

- i. Una disminución aproximada de la magnitud de la corriente del nivel medio (60%) y de fondo (75%), respecto al valor de superficie, figuras 22 [Datos que corresponden a dos días de registros en 1981 al azar].
- ii. Los niveles de superficie y fondo no presentan direcciones concordantes para el mismo estado de marea entre los dos días analizados, figura 22. En general se estima que las corrientes en Monteverde tienden hacia la costa. Esta característica se observa al considerar a grosso modo los rangos de dirección de corrientes de los registros obtenidos por el correntómetro autocontenido (figura 23)\*.

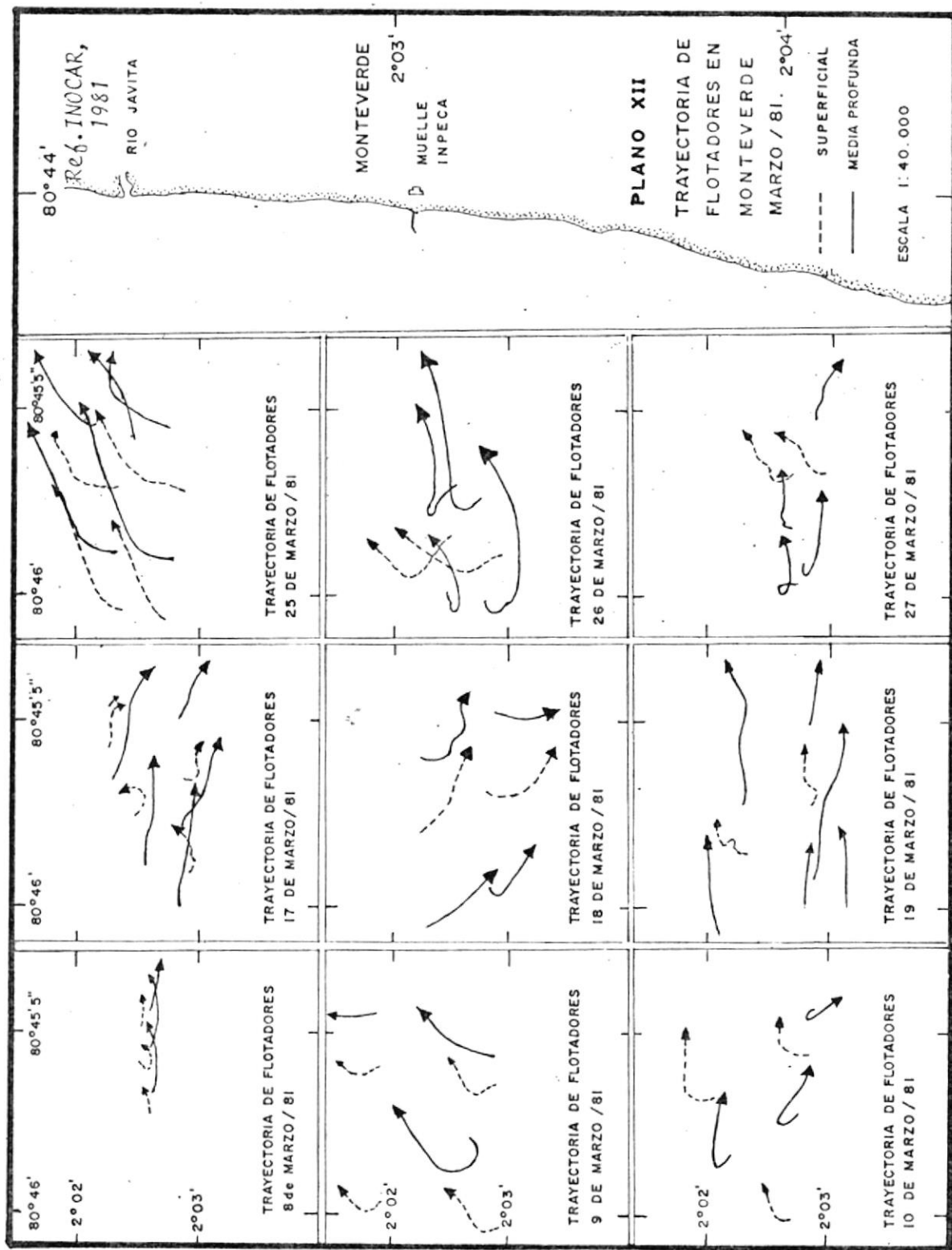
En forma colateral, una comprobación de la dirección del flujo superficial en la zona cercana a la costa de Monteverde se efectuó empleando el método Lagrangiano, (flotadores a la deriva), obteniéndose velocidades promedios que fluctúan entre 0.2 y 0.3 nudos (INOCAR 1981). La tendencia general del flujo es la de dirigirse hacia la costa independiente del estado de la marea (Plano N° XII). Estas direcciones

(\*) Las características observadas en las direcciones de las corrientes son similares a la encontradas en 1984, según estudios de INOCAR.





<b>FIGURA</b> <b>Nº 23</b>	REGISTRO DE DIRECCIONES DE CORRIENTES DEL CORRENTOMETRO AUTOCONTENIDO, MONTEVERDE / 81	REF. INOCAR 1.981 a.



concuerdan con las obtenidas por el perfilador.

#### Corrientes de Marea.-

El movimiento vertical del agua en forma periódica denominado marea, está acompañado por un movimiento horizontal también periódico denominado corriente de marea. Las observaciones de corrientes sobre un intervalo razonable de tiempo revelarán oscilaciones en la amplitud y dirección de las corrientes de marea que se deben exclusivamente a las fuerzas de marea. La constituyente de la corriente causada por otras fuerzas diferentes a las mareas se denominan corrientes residuales.

INOCAR (1981) determina que la corriente de marea en Monteverde es de tipo rotatoria, con un orden de magnitud de  $10^{-2}$  nudos (0.00514 m/s). Este valor es inferior al flujo medio registrado en el área que fue de 0.057 m/s durante los períodos de marea de Sisi-gia y Media y de 0.026 m/s en el período de Cuadratura (Informe INOCAR, 1981 b). Esto permite concluir que las corrientes de marea se encuentran enmarcadas por las corrientes residuales siendo éstas últimas las que predominan en el área, mostrando así el

predominio del flujo con dirección a la costa como se determinó anteriormente.

Estas características demuestran que las corrientes de marea en el área de estudio, no son importantes en los efectos que podrían manifestarse sobre la erosión, acreción o flujo de sedimentos hacia la costa, por lo que no se tomarán en cuenta en los procesos litorales.

### 2.3. Condiciones Meteorológicas.-

#### 2.3.1. Vientos.-

El efecto que el viento realiza en el movimiento del sedimento en las playas, se presenta en dos formas:

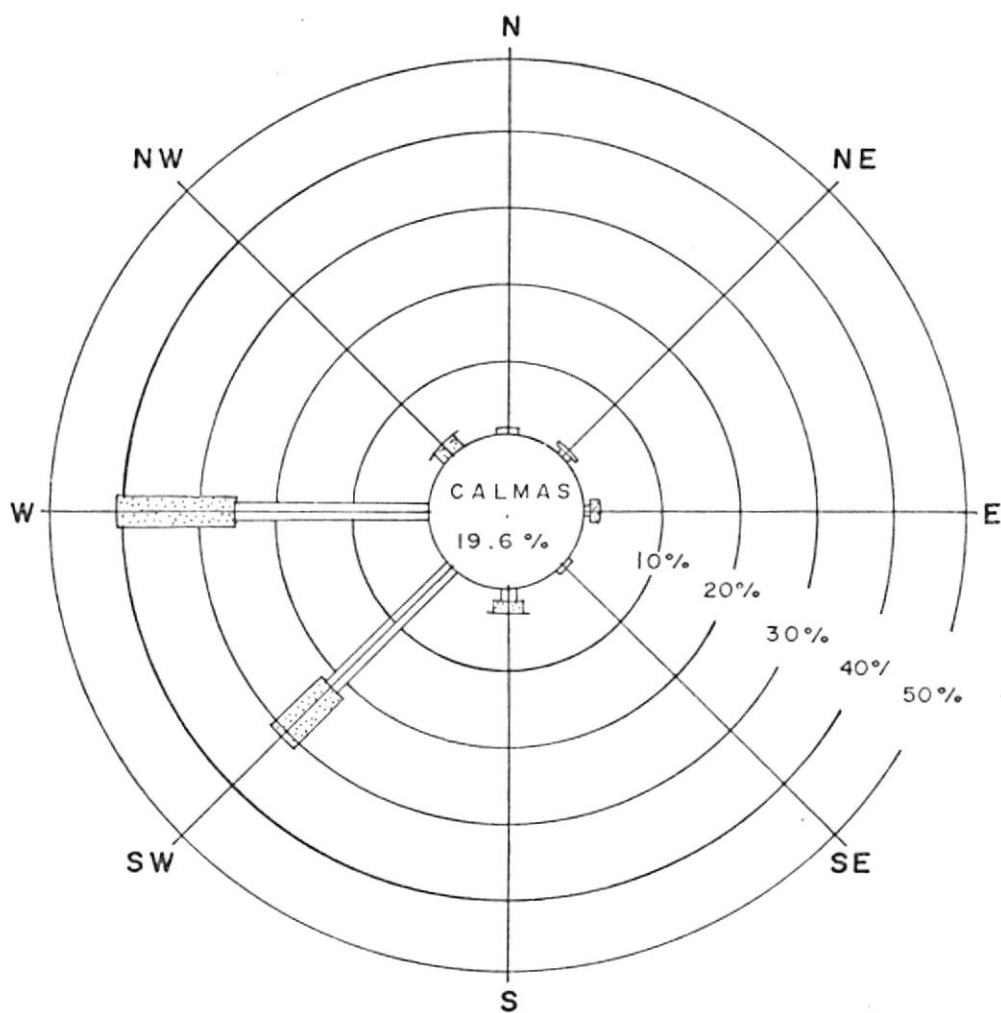
- i . Hacia la costa, provocando la remoción de la arena de la playa y depositándola sobre las dunas.
- ii. Hacia afuera de la costa, depositándolo en la zona del surf e introduciéndolo en el sistema de transporte litoral de la zona.

Los registros de vientos considerados pertinentes para el ambiente litoral de Monteverde, fueron obtenidos de la estación meteorológica de Salinas (distante 32 Km aproximadamente), siendo comparados con observaciones simultáneas realizadas por 30 días en Monteverde (INOCAR, 1981 c). La comparación de estos registros muestran discrepancias en la magnitud de los vientos (en Monteverde se observan valores de magnitud que corresponden a un 78% de aquellos observados en Salinas), diferencias que pueden ser atribuidas en gran parte a la localización de los sitios de medición, ubicándose Salinas como mas expuesta a la influencia de los vientos del Sur-Oeste (figuras 24, 25 y 26). La tendencia general muestra un predominio de vientos provenientes del Oeste en ambas estaciones. Estas consideraciones nos permiten tomar los datos de Salinas como representativos de nuestra área de estudio, considerando que en Monteverde no existen registros para largos períodos.

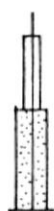
En Salinas, durante la época lluviosa, se observa una mayor frecuencia de vientos provenientes de Oeste y Sur-Oeste representando un 41% y un 31% respectivamente. El 28% restante corresponde a frecuen-



ROSA DE VIENTOS PARA SALINAS PERIODO ENERO  
 ABRIL ( FRECUENCIAS MEDIAS MENSUALES AÑOS  
 1.975 - 1.980 )



VELOCIDAD DEL VIENTO

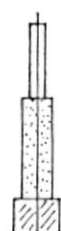
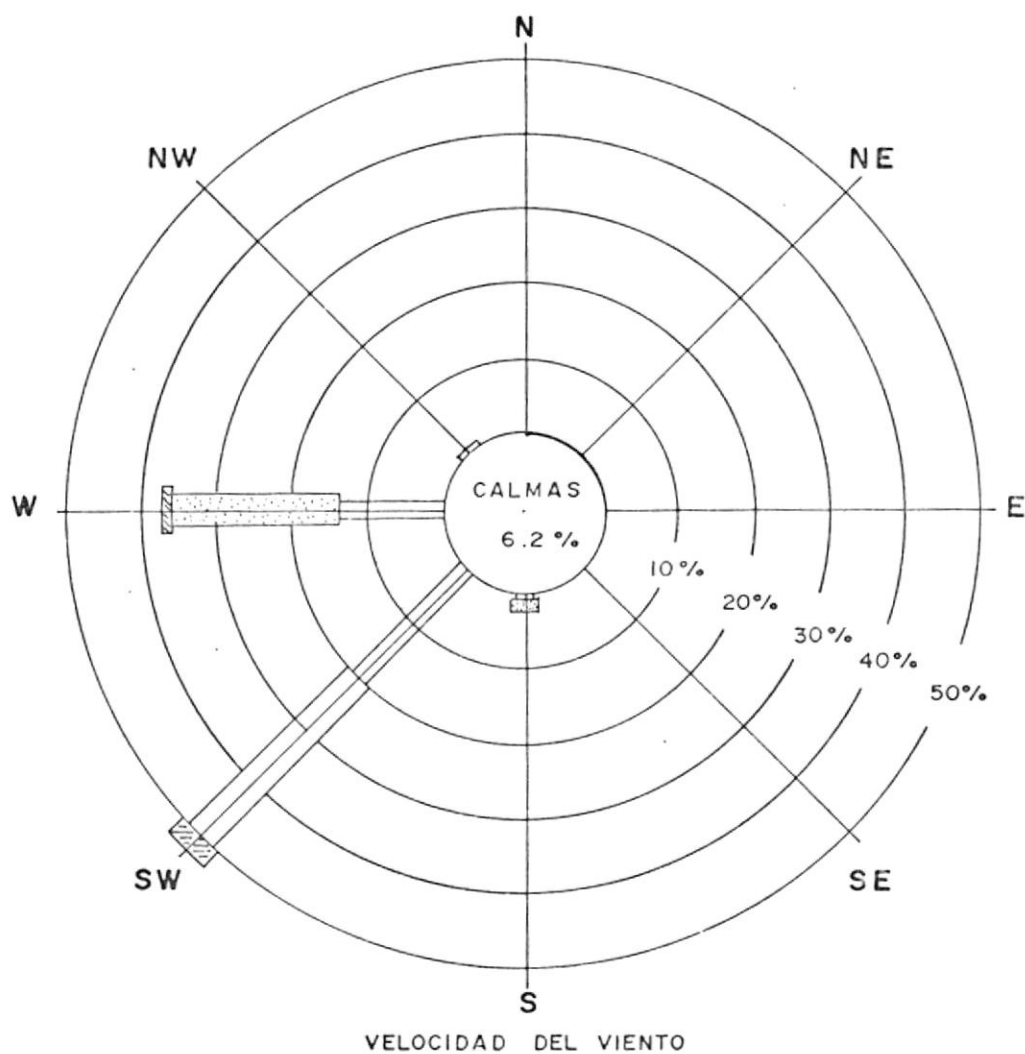


— 0 - 4 m / s

— 4.1 - 8 m / s

FIGURA N° 24. REF. INOCAR 1.981 b

ROSA DE VIENTOS PARA SALINAS PERIODO - MAYO  
 DICIEMBRE (FRECUENCIAS MEDIAS MENSUALES AÑOS  
 1.975 - 1.980 )



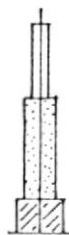
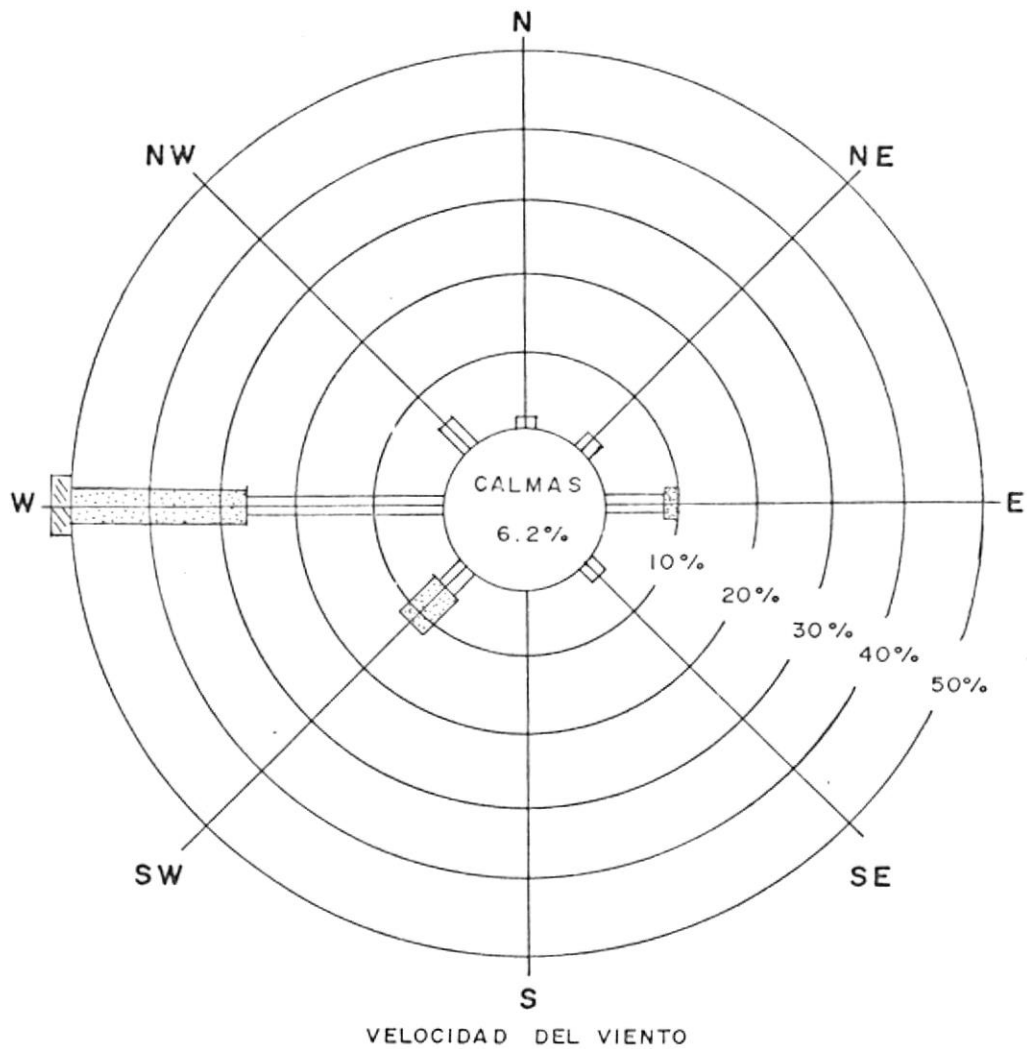
— 0 - 4 m/s

— 4.1 - 8 m/s

— 8.1 - 12 m/s

FIGURA N.º 25 REF. INOCAR 1.981 b

ROSA DE VIENTOS PARA MONTEVERDE  
MARZO 1.981



— 0 - 4 m/s

— 4.1 - 8 m/s

— 8.1 - 12 m/s

FIGURA N.º 26 REF. INOCAR 1.981 b

cias de vientos desde las demás direcciones. Las velocidades del viento que se observan en esta época alcanzan hasta los 8 m/s (figura 24).

Para la época seca, la frecuencia de vientos del Oeste es bastante similar a la que se presenta en la época lluviosa (38% aproximadamente) observándose un incremento de los vientos provenientes del Sur-Oeste alcanzando un 52% de ocurrencia. El 10% restante representa frecuencias del Sur y Nor-Oeste en ese orden. Se presentan vientos hasta de 12 m/s (figura 25).

El promedio anual de la velocidad del viento para Salinas fue de 7.5 nudos (INAMHI, 1981).

La dirección del viento presente en el área, concuerda de manera general con el flujo superficial del agua registrado en la zona, teniendo concordancia también con la dirección que presenta el frente de olas (Sur-Oeste y Oeste) en aguas profundas.

### 2.3.2. Otros Parámetros.-

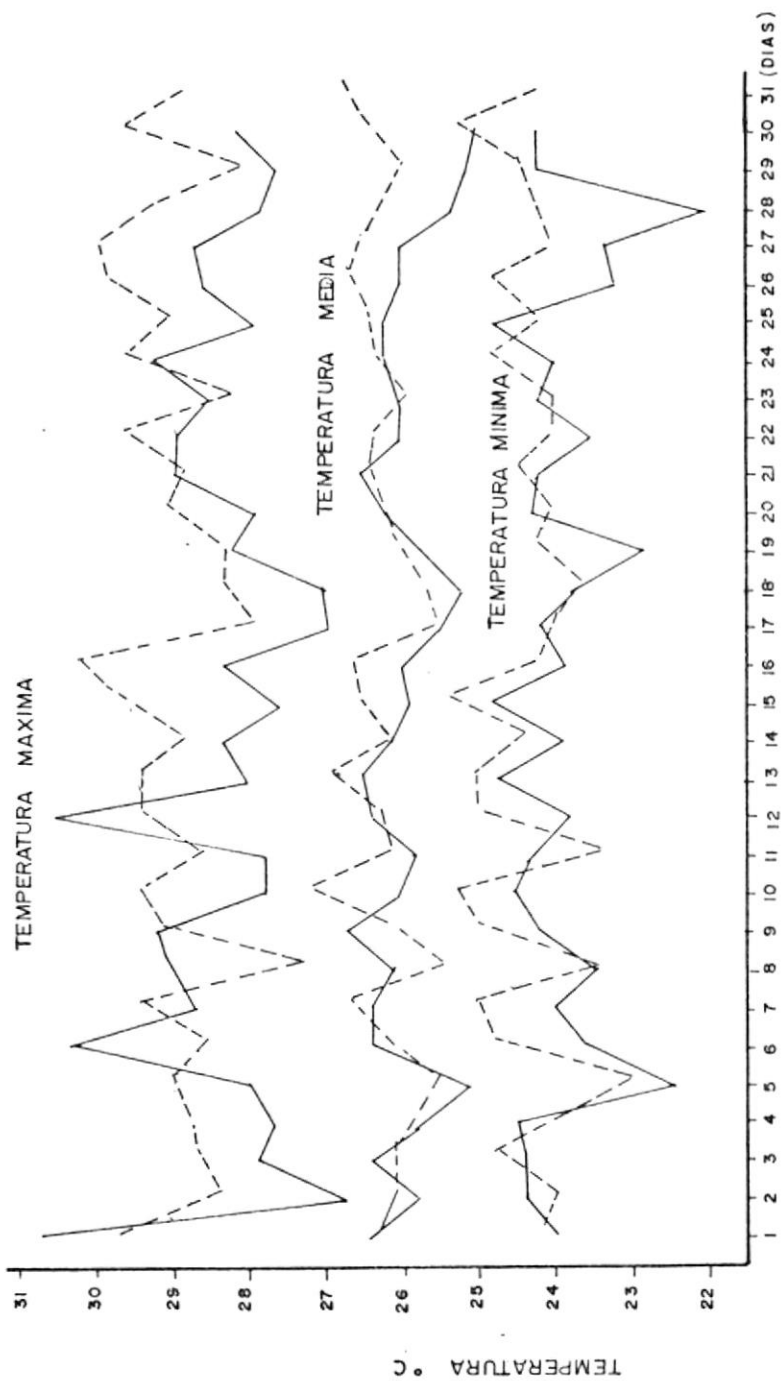
Las condiciones atmosféricas de Monteverde son características de un clima Tropical Seco. Estas condi -

ciones son relativamente benignas, por lo cual no influyen notoriamente en la dinámica costera, excepto por la brisa salina que provoca una profunda meteorización en las rocas de los acantilados y colinas interiores, lo cual incide en fenómenos erosivos a muy largo plazo. Únicamente durante épocas de fuertes precipitaciones (e.g., invierno 1983) se producen aportes notables de sedimentos fluviales acarreados por el Río Javita y, ocasionalmente, por el Río Chipanga.

Las condiciones climáticas analizadas son:

#### Temperatura del Aire.-

La figura N° 27 muestra que la media mensual para marzo 1981 en Salinas es ligeramente superior que la de Monteverde en  $0.5^{\circ}\text{C}$ . En la misma figura se observa que, en términos generales, el comportamiento de la temperatura del aire en Salinas y Monteverde presentan características similares, por lo que podemos asumir que los datos de Salina son adecuadamente aceptables para Monteverde, con fines de extrapola-



TEMPERATURA DEL AIRE EN MONTEVERDE Y SALINAS DURANTE MARZO/81	
FIGURA N° 27	TEMPERATURAS: MAXIMA MEDIA Y MINIMA
	— MONTEVERDE - - - SALINAS REF. INOCAR 1.981 b

### Presión Atmosférica.-

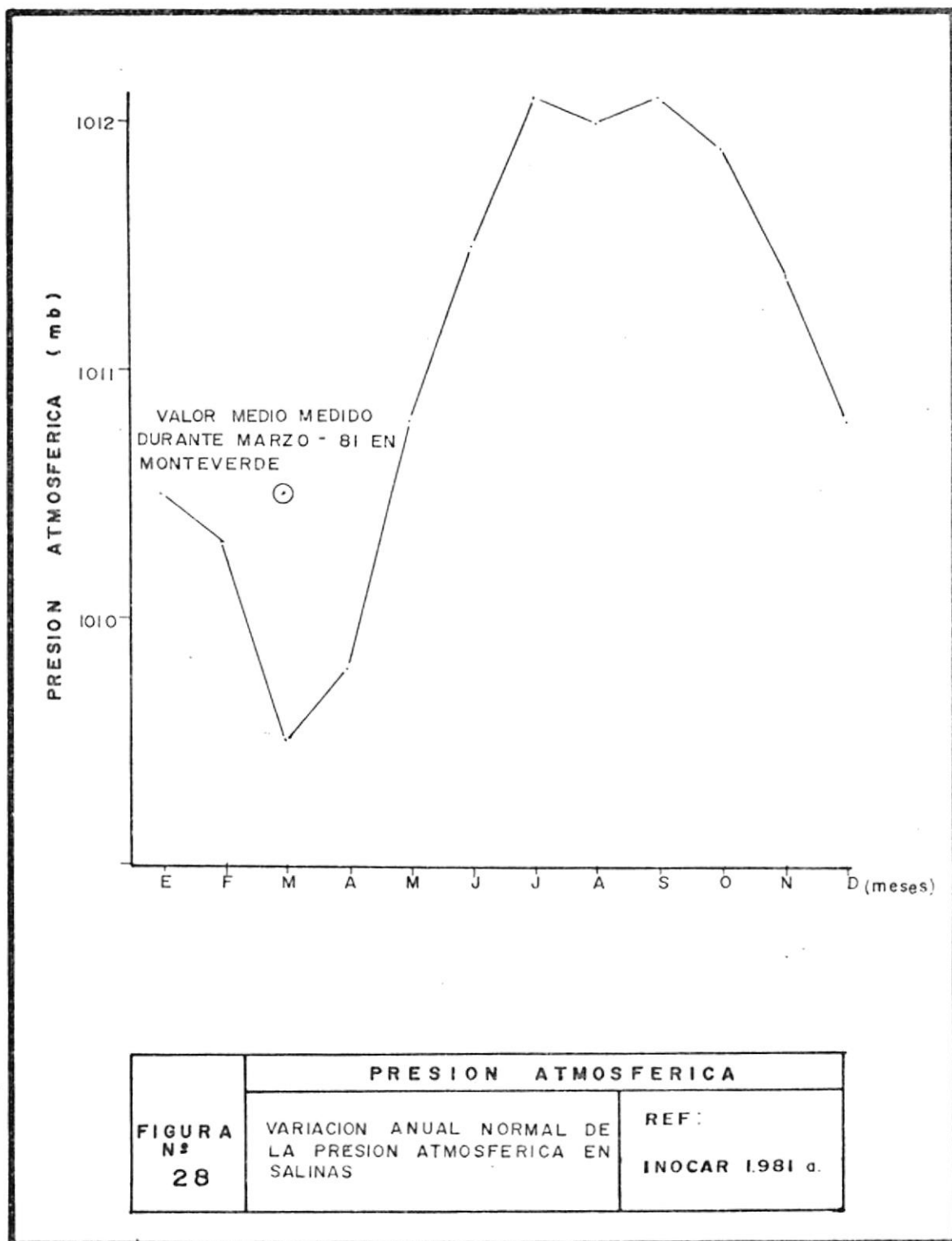
La presión atmosférica en Salinas muestra una variación estacional. De Enero a Abril presentan valores inferiores a 1010,5 mb; de Mayo a Diciembre, los valores oscilan entre 1010.5 mb y 1012 mb.

En Marzo la media en Monteverde fue de 1010.5 mb; - en Salinas, 1009.5 mb.

El valor correspondiente a Monteverde es ligeramente superior al promedio de Salinas para la estación lluviosa (figura 28).

### Humedad Relativa.-

Durante los primeros meses del año (Enero-Abril), - la humedad relativa presenta una variación entre - 81% y 85%; obteniéndose valores mas altos para los meses de Julio y Agosto y un máximo de 87% para el mes de Septiembre. La humedad relativa en Marzo - 1981, en Monteverde es concordante con el valor correspondiente a Salinas para el mismo mes (figura 29 ).





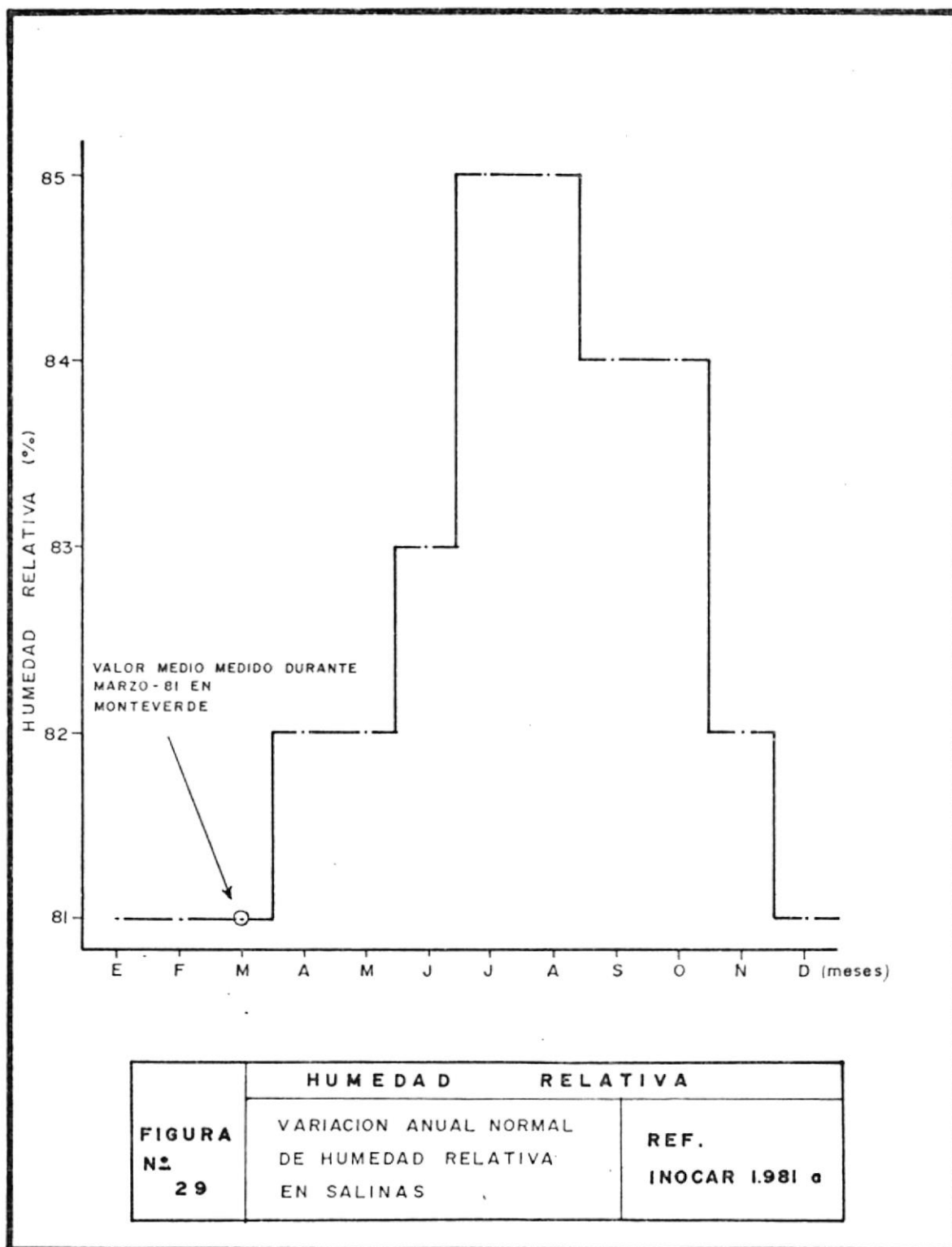


FIGURA N.º 29	HUMEDAD RELATIVA	
	VARIACION ANUAL NORMAL DE HUMEDAD RELATIVA EN SALINAS	REF. INOCAR 1.981 a

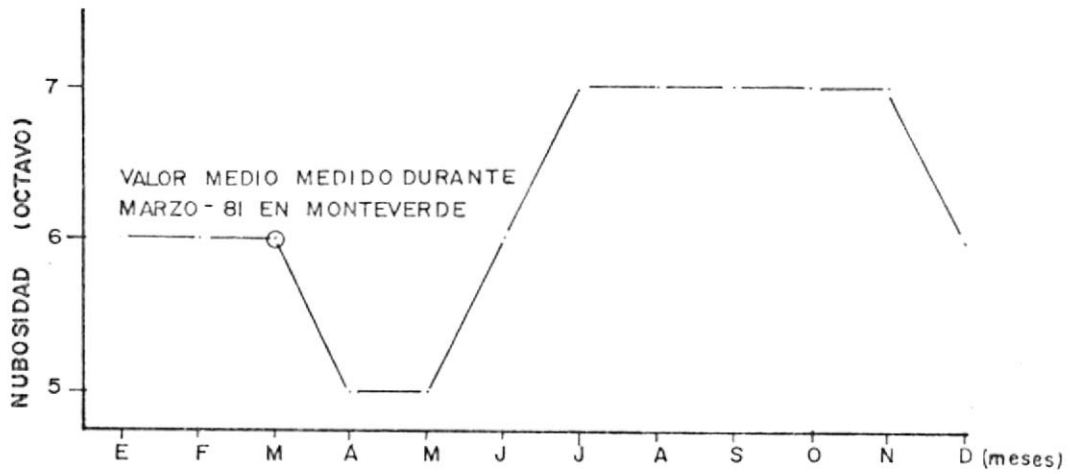
### Nubosidad.-

La cobertura de nubes para Salinas indica que los meses más despejados son Abril y Mayo con cobertura 5/8, mientras que los meses de Julio-Noviembre se presentan con una mayor cobertura (7/8).

Las observaciones realizadas en Monteverde, durante Marzo de 1981, concuerdan con el promedio multianual de cobertura, obtenido en Salinas para el mismo mes (6/8), durante el verano se han reportado escasos cielos claros y soleados, mientras en el invierno se presentan formaciones de nubes bajas del tipo Stratus a una altura que varía entre 600m y 800m, con días generalmente soleados (figura 30).

### Visibilidad.-

La visibilidad en el área de Monteverde fluctúa entre 10 y 15 Km, alcanzando un máximo valor de 25Km. Durante Marzo se presentan las mayores intensidades de lluvias, por lo que la visibilidad se reduce hasta 1km. Para los meses de Julio-Agosto, la visibilidad es de 2 Km a 4 Km, debido a la alta concentración de humedad en las mañanas (bruma costera).

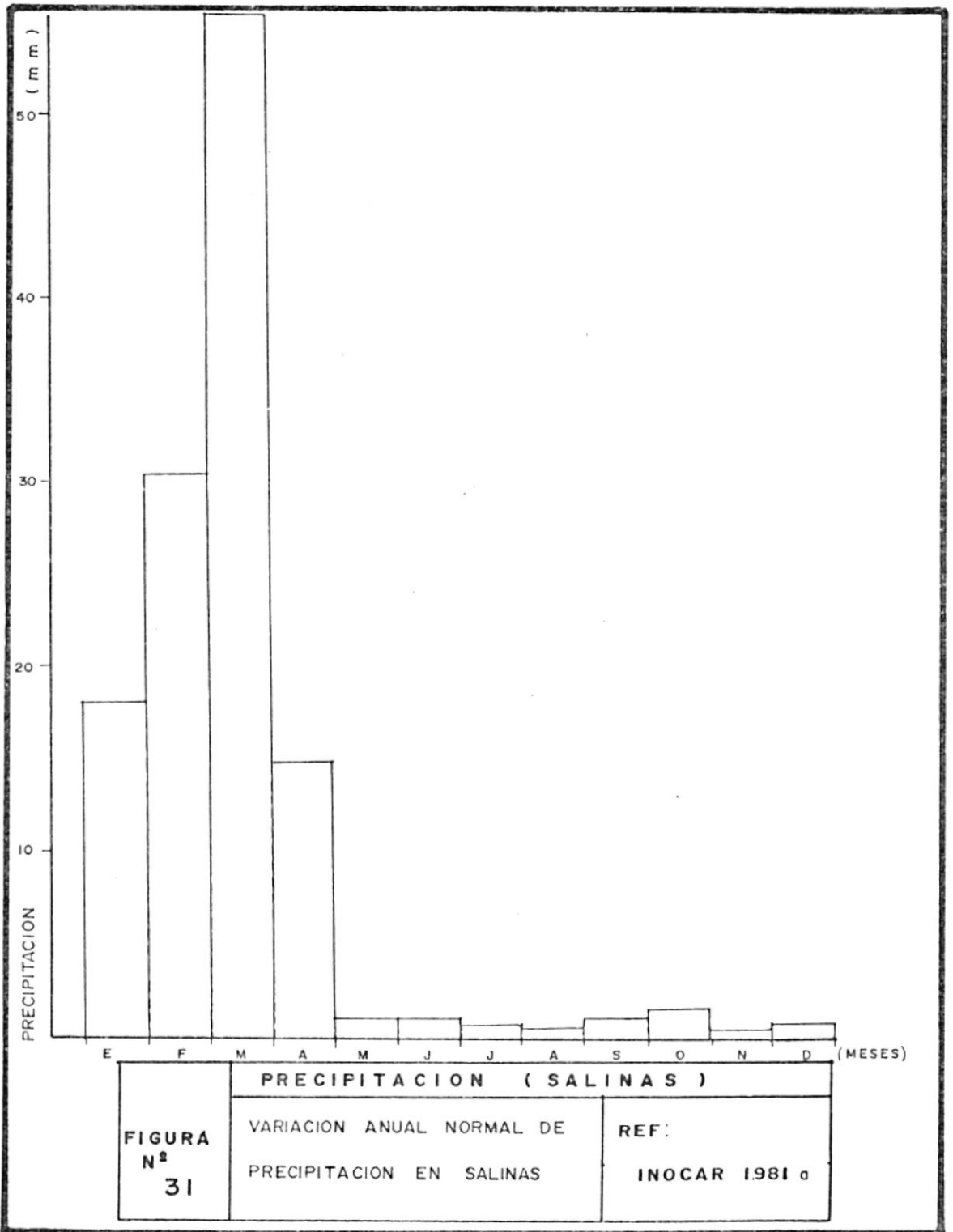


<b>FIGURA</b> <b>Nº</b> <b>30</b>	<b>N U B O S I D A D</b>	
	<b>VARIACION ANUAL NORMAL DE</b> <b>NUBOSIDAD EN SALINAS</b>	<b>REF:</b> <b>INOCAR 1.981 a</b>

Precipitación.-

El análisis de los datos de Salinas (figura N° 31), indica que la época lluviosa está comprendida entre los meses de Enero-Abril, apareciendo el mes de Marzo como el de mayor precipitación. Por otra parte, la época seca corresponde a los meses de Mayo a Diciembre siendo el mes de Noviembre el más seco.

Aunque no se tienen registros de precipitación en Monteverde para el período de comparación con Salinas, presumimos que debido a la cercanía de la cordillera Chongón-Colonche, la precipitación es ligeramente superior que en Salinas.



## CAPITULO III

### III. PROCESOS LITORALES

Los factores ambientales: geológicos (evolución de la zona litoral y costera), de mareas, climáticos (relación de procesos físicos, químicos y biológicos), oceanográficos (olas, corrientes), meteorológicos (vientos), entre otros, introducen energía (e.g. vientos, olas) y materiales (e.g. sedimentos) en la zona litoral, interactúan entre sí e influyen notablemente en los "Procesos Litorales" (acción de los factores ambientales sobre la costa). Su acción se ve reflejada en los rasgos costeros (ambientes lagunares, cúspides de playa, dunas, flechas, etc.).

Los factores ambientales mencionados son de intensidad relativamente baja o producen efectos a muy largo plazo, excepto el oleaje que es el causante de los cambios notorios a corto plazo, y entre éstos hemos observado: el transporte de sedimentos costa afuera y el transporte litoral propiamente dicho el cual tiene lugar en la zona cercana a la costa (zona costera).

#### 3.1. Transporte Costa Afuera (Offshore).-

En la zona costa afuera (comprendida desde la rompiente hacia mar adentro hasta una distancia a la cual las olas no ejercen influencia sobre el fondo), las olas mueven el se-

dimiento hacia atrás y hacia adelante a medida que ellas avanzan.

Este movimiento es el "Transporte de Masa", el cual, según Dean (1970) y Eagleson (1956), puede obtenerse con las siguientes relaciones:

$$2A = (H \cdot T \cdot \sqrt{gd}) / 2\pi \cdot d \quad (2)$$

$$U_{max.} = (H \cdot \sqrt{gd}) / 2 \cdot d \quad (3)$$

Donde:

$2A$  y  $U_{max.}$  son: el desplazamiento horizontal de las partículas de agua (pies) y las velocidades que poseen (pies/segundos) con el paso de una ola, respectivamente.

$H$  = altura de la ola (pies)

$T$  = período de la ola (segundos)

$g$  = aceleración de la gravedad (pies/segundos<sup>2</sup>)

$d$  = profundidad del agua a la cual se determina el transporte de masa (pies).

Los mencionados autores utilizan la teoría de Airy para es timar el movimiento del agua aún cerca de la zona de rom - piente.

### 3.1.1. Cálculo de Transporte de Masa.-

Se desarrolló aplicando las ecuaciones (2) y (3), las cuales son función de las características del oleaje y de la profundidad del agua.

i . De acuerdo a las características del oleaje, se subdividió el área en tres sectores (Norte, Medio y Sur). Tomando como referencia el Pla no N<sup>o</sup> IX, el sector Norte está comprendido entre el perfil A y el perfil B; el sector Me dio entre el perfil B y el perfil D y el sector Sur entre el perfil D y el perfil F. Estos sectores fueron determinados con el objeto de agrupar las direcciones similares de los rayos ortogonales en los diagramas de refracción elaborados para el área (Planos XVIII, XIX y XX).

La altura de ola promedio para cada sector - fue obtenida mediante la relación  $H = H_0 \cdot K_r$ .



.  $K_s$ , en la que se evaluó el valor de la altura de ola en aguas profundas  $H_0 = 1,109$  pies (sección 2.2.2); el valor del coeficiente de refracción ( $k_r$ ) y del coeficiente de reducción de profundidad ( $k_s$ ) se tomaron de la tabla C-4 (pág. 48) del informe INOCAR 1981 b.

Se consideraron los períodos de 14 s, 16 s, y de 18 s por corresponder a los de mayor frecuencia de ocurrencia (sección 2.2.2.).

Los valores de  $K_r$ ,  $K_s$  y  $H$  determinados para cada sector y períodos analizados se presentan en la Tabla III.

- ii. Considerando que el transporte de masa varía con la profundidad del agua ( $d$ ), se obtuvo la profundidad promedio de los niveles de superficie, medio y fondo para los seis grupos de estaciones (perpendiculares a la costa) en cada uno de los tramos analizados.

Se evaluó en las ecuaciones (2) y (3), el valor de altura de ola ( $H$ ) calculada para cada

TABLA N° III

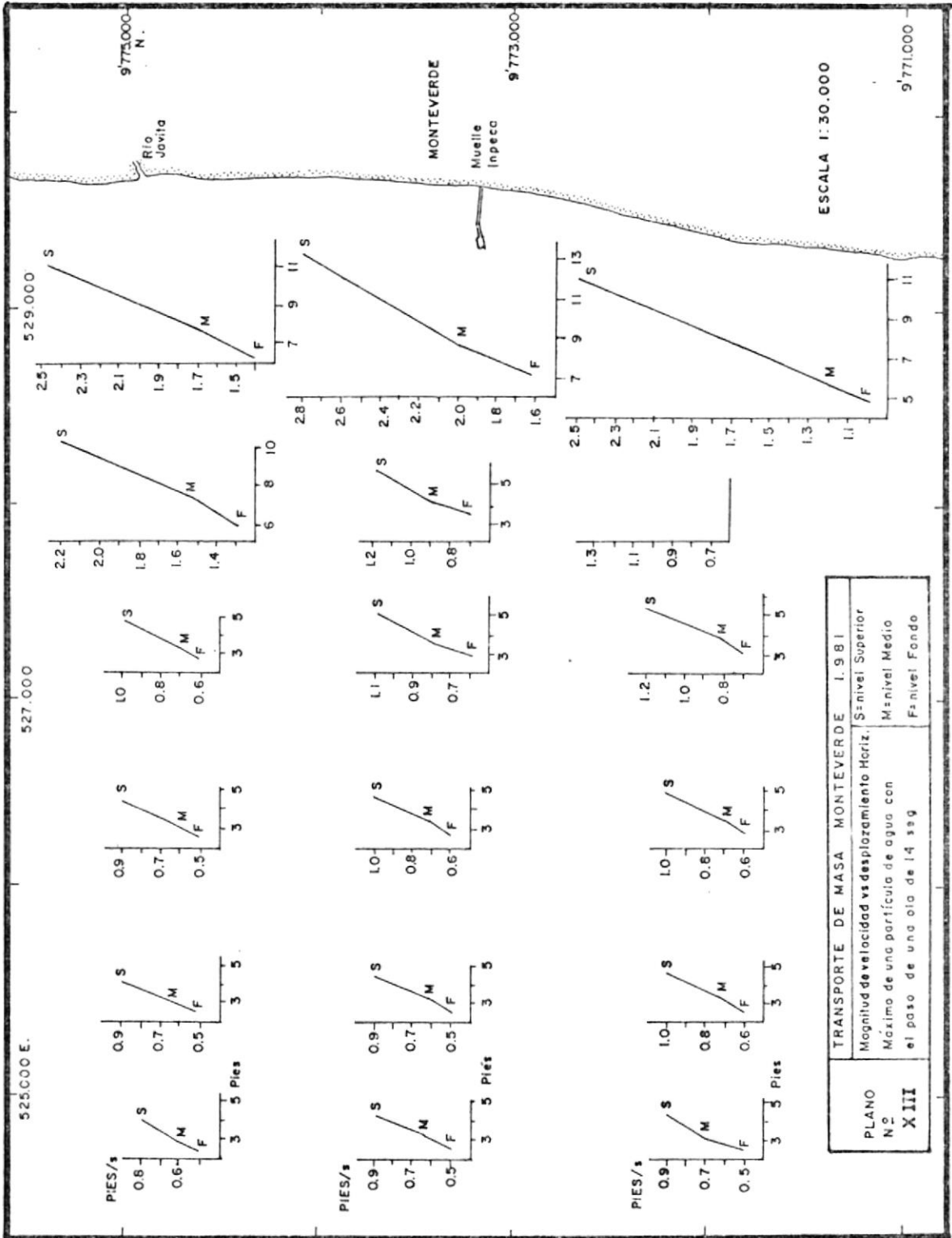
ALTURA DE LA OLA PROMEDIO PARA LOS SECTORES NORTE, MEDIO Y SUR ( $H = H_0 \cdot K_r \cdot K_s$ )

<u>Sector</u>	<u>T (Segundos)</u>	<u><math>K_r</math></u>	<u><math>K_s</math></u>	<u>H (pies)</u>
NORTE	14	0.9037	1.1836	2.03
	16	0.9369	1.2139	2.16
	18	0.8414	1.2352	1.97
MEDIO	14	0.9598	1.1836	1.26
	16	0.9426	1.2139	1.27
	18	0.8836	1.2352	1.09
SUR	14	0.9135	1.1836	2.05
	16	1.0171	1.2139	2.35
	18	1.0126	1.2352	2.37

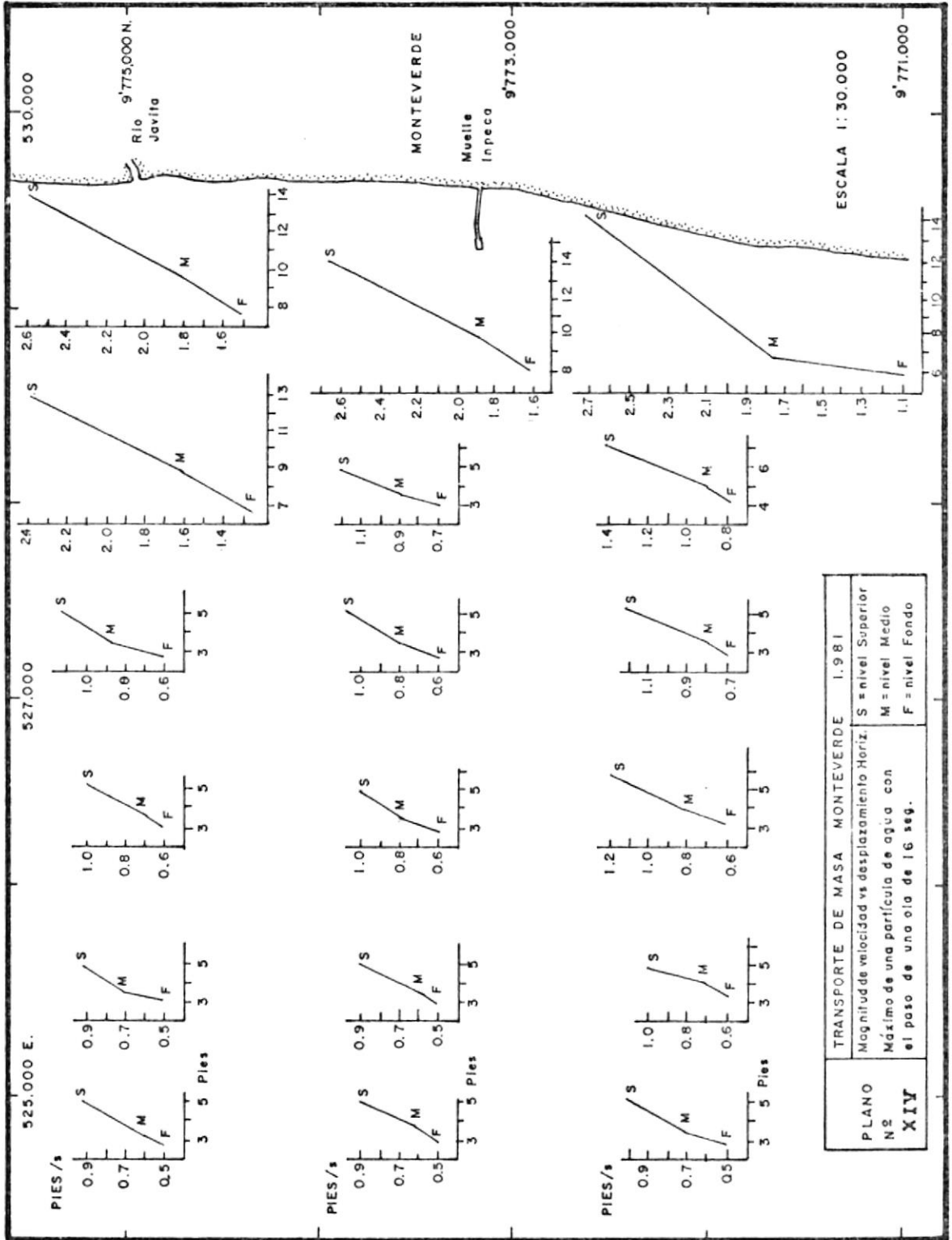
sector (Tabla III) y los períodos antes mencionados para determinar el desplazamiento horizontal de las partículas de agua y sus velocidades máxima en los niveles de Superficie, Medio y Fondo para los seis grupos de estaciones considerados.

La relación entre los desplazamientos horizontales (2A) y velocidades máximas ( $U_{max.}$ ) de las partículas de agua en los niveles de Superficie, Medio y Fondo fueron graficadas en los planos XIII, XIV y XV. Sus valores se presentan tabulados en la Tabla IV.

Del análisis de los resultados, es posible apreciar que las mayores velocidades y desplazamientos horizontales de las partículas de agua tienen lugar en la zona más próxima a la costa (2m - 6m de profundidad aproximadamente) y disminuyen a medida que nos alejamos de ésta (menor efecto de las olas con mayor profundidad del agua). El sector Sur del área presenta mayores velocidades y desplazamientos - respecto al sector Medio y éste a su vez res-



PLANO N° XIII	TRANSPORTE DE MASA MONTEVERDE 1.981
	Magnitud de velocidad vs desplazamiento Horiz.
Máximo de una partícula de agua con el paso de una ola de 14 seg	



TRANSPORTE DE MASA MONTEVERDE 1.981  
 Magnitudde velocidad vs desplazamiento Horiz. S = nivel Superior  
 M = nivel Medio  
 F = nivel Fondo  
 Máximo de una partícula de agua con el paso de una ola de 16 seg.

PLANO  
 N°  
**XIV**

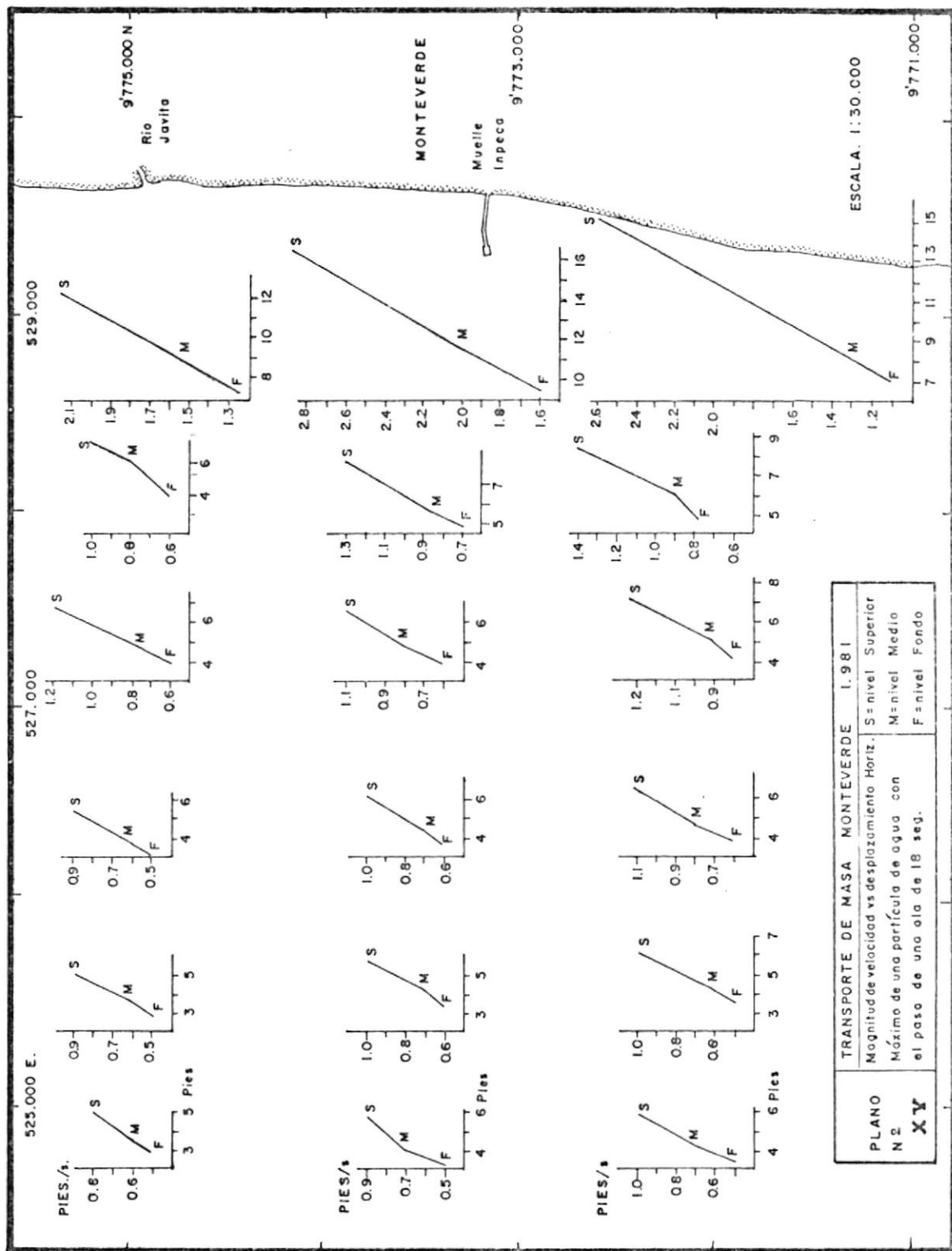


TABLA N<sup>o</sup> IV

DESPLAZAMIENTO HORIZONTAL (2A) Y VELOCIDADES MAXIMAS ( $U_{max}$ ) DE LAS PARTICULAS DE AGUA EN LOS NIVELES DE SUPERFICIE (S), MEDIO (M) Y FONDO (F) PARA LOS SEIS GRUPOS DE ESTACIONES A LO LARGO DE CADA UNO DE LOS SECTORES ANALIZADOS; (LA SECUENCIA DEL GRUPO DE ESTACIONES CORRESPONDE DESDE LAS MAS CERCANAS A LA PLAYA (1) HASTA LAS UBICADAS FUERA DE ELLA (6)).

<u>Grupo de Período</u>		<u>Niveles</u>	<u>Sector Norte</u>		<u>Sector Medio</u>		<u>Sector Sur</u>	
<u>Estacio.</u>			2A (P)	$U_{max}$ . (p/s)	2A (P)	$U_{max}$ . (p/s)	2A (p)	$U_{max}$ . (p/s)
1	14s	S	11.5	2.5	12.6	2.8	11.5	2.5
		M	8.0	1.7	8.9	2.0	5.7	1.2
		F	6.5	1.4	7.2	1.6	4.9	1.0
2	14s	S	9.5	2.2	5.7	1.2	5.9	1.3
		M	7.5	1.5	4.0	0.9	4.1	0.9
		F	5.8	1.3	3.3	0.7	3.3	0.7
3	14s	S	4.5	1.0	5.1	1.1	5.4	1.2
		M	3.5	0.7	3.6	0.8	3.8	0.8
		F	9.6	0.6	2.9	0.6	3.1	0.7
4	14s	S	4.4	0.9	4.7	1.0	4.9	1.0
		M	3.0	0.6	3.3	0.7	3.4	0.7

		F	2.5	0.5	2.7	0.6	2.8	0.6
5	14s	S	4.3	0.4	4.4	0.9	4.6	1.0
		M	3.0	0.6	3.1	0.6	3.2	0.7
		F	2.5	0.5	2.5	0.5	2.6	0.6
6	14s	S	4.0	0.8	4.3	0.9	4.4	0.9
		M	3.0	0.6	3.0	0.6	3.1	0.7
		F	2.5	0.5	2.5	0.5	2.5	0.5
1	16s	S	13.5	2.6	14.4	2.7	14.3	2.8
		M	10.0	1.8	10.1	1.9	7.3	1.8
		F	8.0	1.5	8.2	1.6	6.2	1.1
2	16s	S	12.5	2.9	6.5	1.2	7.3	1.4
		M	9.0	1.6	4.6	0.9	5.1	0.9
		F	7.0	1.3	3.7	0.7	4.2	0.8
3	16s	S	6.0	1.1	5.8	1.1	6.6	1.2
		M	4.5	0.8	4.1	0.8	4.7	0.8
		F	3.3	0.6	3.3	0.6	3.8	0.7
4	16s	S	5.7	1.0	5.4	1.0	6.1	1.2
		M	4.0	0.7	3.7	0.7	4.3	0.8
		F	3.5	0.6	3.1	0.6	3.5	0.6

TABLA N<sup>o</sup> IV



5	16s	S	5.1	0.9	5.1	0.9	5.7	1.0
		M	4.0	0.7	3.5	0.6	4.0	0.7
		F	3.0	0.5	2.9	0.5	3.3	0.6
6	16s	S	5.1	0.9	4.9	0.9	5.7	1.0
		M	3.5	0.6	3.5	0.6	3.8	0.7
		F	2.9	0.5	2.9	0.5	3.1	0.5
1	18s	S	12.3	2.1	16.6	2.8	15.2	2.6
		M	9.0	1.5	11.6	2.0	8.0	1.3
		F	7.1	1.2	9.5	1.6	6.8	1.1
2	18s	S	7.0	1.1	7.5	1.3	8.2	1.4
		M	5.0	0.8	5.3	0.9	5.8	0.9
		F	4.0	0.6	4.3	0.7	4.7	0.8
3	18s	S	7.1	1.2	6.7	1.1	7.1	1.2
		M	5.0	0.8	4.7	0.8	5.0	0.8
		F	4.0	0.6	3.8	0.6	4.1	0.7
4	18s	S	5.5	0.9	6.2	1.0	6.5	1.1
		M	4.0	0.6	4.4	0.7	4.6	0.8
		F	3.0	0.5	3.6	0.6	3.8	0.6
5	18s	S	5.5	0.9	5.8	1.0	6.1	1.0
		M	4.0	0.6	4.1	0.7	4.1	0.6

TABLA N° IV

		F	3.0	0.5	3.3	0.6	3.5	0.5
6	18s	S	5.0	0.8	5.7	0.9	5.8	1.0
		M	4.0	0.6	4.0	0.7	4.1	0.7
		F	3.0	0.5	3.2	0.5	3.3	0.5

*Estimado por el autor*

GRUPO	ESTACIONES (PLANO IX)		
	Sector Norte	Sector Medio	Sector Sur
De estaciones en cada/sector			
1	1,12	12, 13, 24	24, 25, 36
2	2,11	11, 14, 23	23, 26, 35
3	3,10	10, 15, 22	22, 27, 34
4	4,9	9, 16, 21	21, 28, 33
5	5,8	8, 17, 20	20, 29, 32
6	6,7	7, 18, 19	19, 30, 31

TABLA N° IV

pecto al sector Norte. Estas diferencias de velocidades insinúan que en el sector Norte hay menor transporte y por lo tanto una mayor disposición para la sedimentación respecto al sector Sur.

### 3.1.2. Cuantificación del Volumen de Erosión/Sedimentación.-

Al comparar las cartas batimétricas de Marzo-81 - versus Marzo-84 (Planos II, III) y los respectivos perfiles cercanos a la costa (figuras 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7) aparece una mayor sedimentación en 1984 - en el sector Norte costa afuera. Esta sedimentación se atribuye al aporte del río Javita durante la fuerte estación lluviosa de 1983, favorecida - por las menores velocidades del transporte de masa detectadas en el sector Norte del área (ver sección anterior).

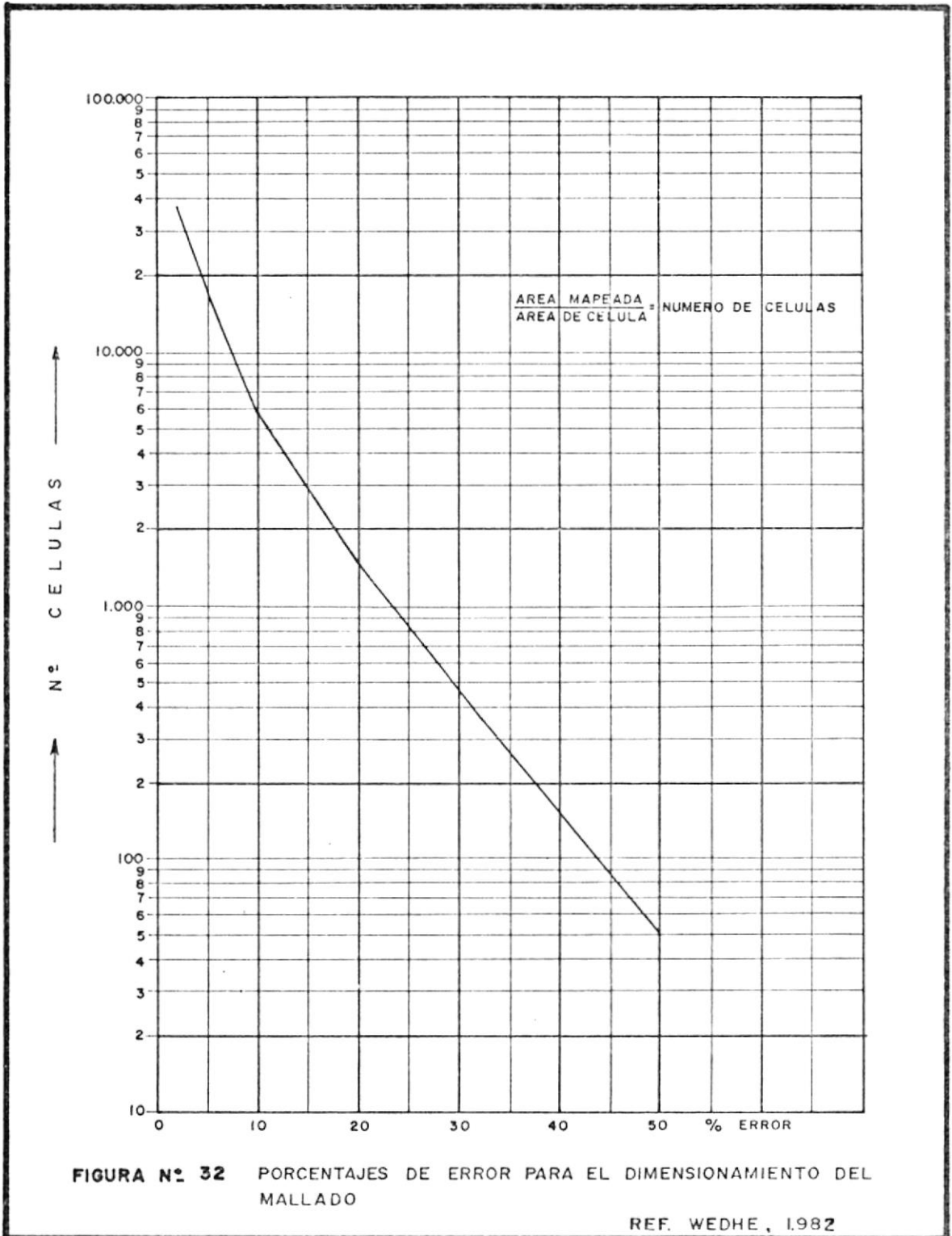
La cuantificación del volumen de sedimentación y/o erosión se realizó mediante la siguiente metodología.

Se sobrepusieron las cartas batimétricas LH-01-81 (Plano II) y HB-LH-Nº P-3-03-84 (Plano III), trazando sobre ellas un mayado de 125 metros por lado, entre las coordenadas 528.500 hasta 529.500 y entre 9'700.500 a 9'775.500, abarcando la mayor cantidad de información comparable entre las dos cartas batimétricas (Plano XVI).

La figura 32 muestra la curva correspondiente al dimensionamiento de las células del mallado, relacionadas al porcentaje de error que éste representa (Wedhe, 1982). En base a esta curva se obtuvo que el mallado para el área de estudio contiene aproximadamente el 16% de error, en comparación con un muestreo sumamente denso del orden de una célula cada milímetro cuadrado de mapa, a la escala de presentación de la carta batimétrica original.

Se calculó la profundidad promedio de cada una de las células en ambas cartas batimétricas, determinándose las respectivas diferencias de los promedios calculados en la batimetría de 1984 menos los de 1981. Los resultados representan espesores de acreción si las diferencias son positivas; por el





contrario, se consideran espesores de erosión cuando las diferencias son negativas. Por otra parte, el volumen de sedimentos acumulado o removido en cada célula fue determinado multiplicando el espesor de cada célula por su respectiva área.

Las profundidades encontradas en 1981, las de 1984, las diferencias de profundidad 1984-1981 (espesores) y el volumen de sedimento de cada célula del malla-do se presentan en la Tabla V numeradas de acuerdo al Plano XVI.

El Plano XVII muestra los contornos de espesores de sedimentación y erosión, así como el volumen total de material sedimentado y erosionado en cada sector, indicado por los símbolos (+) y (-) en cada uno de los casos respectivamente. Puede observarse que al Norte del muelle de INPECA se presenta el mayor volumen de sedimentación (+ 4'131.160 m<sup>3</sup>), mientras que al Sur del muelle hay predominio de erosión (- 1'616.567 m<sup>3</sup>) con parches de sedimentación (+ 201.124 m<sup>3</sup>). Estas características constituyen una base para estimar que existe un transporte predominante hacia el Norte.

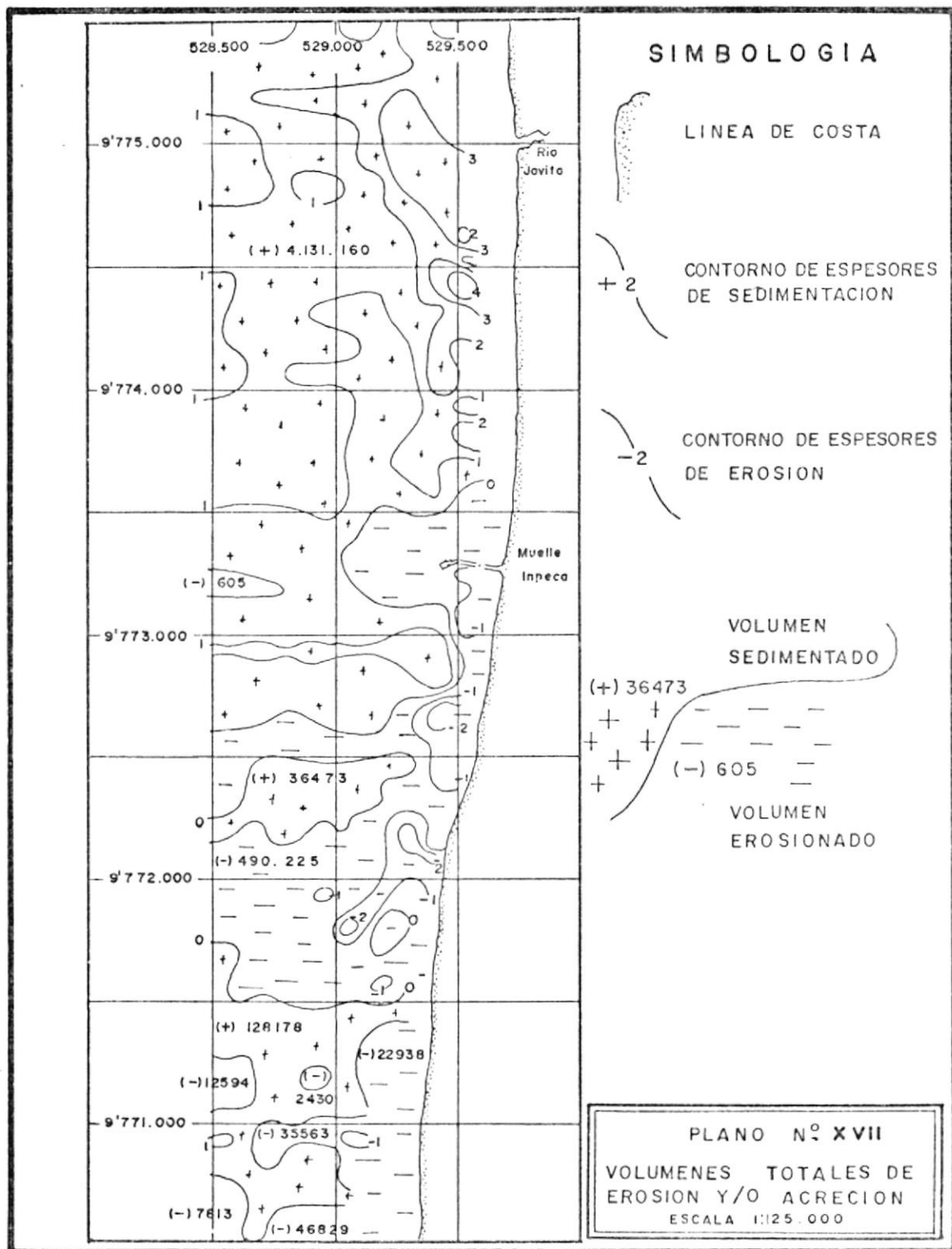




TABLA N° V

CUANTIFICACION DEL VOLUMEN SEDIMENTADO/EROSIONADO SEGUN CARTAS BATIMÉ-  
TRICAS LH-01=81 Y HB-LH-N° P-3-03-84.

N° Célula (Plano N°	Prof. (1981) (m)	Prof. (1984) (m)	Espesor (1984-1981)	Volumen (m <sup>3</sup> )
1	2.6	6.5	3.9	21938
2	2.8	7.1	4.3	24188
3	2.8	4.8	2.0	11230
4	2.7	7.5	4.8	27000
5	2.6	7.0	4.4	24750
6	3.6	6.2	2.6	14625
7	4.0	7.1	3.1	17438
8	4.3	4.9	0.6	3375
9	4.6	6.5	1.9	10688
10	4.8	6.7	1.9	10688
11	4.9	5.8	0.9	5063
12	4.9	7.0	2.1	11813
13	4.3	6.6	2.3	12938
14	4.5	5.2	0.7	3938
15	4.7	5.5	0.8	4500
16	5.2	3.5	-1.7	- 9563

17	4.8	4.3	-0.5	- 2813
18	3.8	3.8	0.0	0000
19	3.8	3.0	-0.5	- 2813
20	4.1	2.5	-1.6	- 9000
21	3.1	3.1	0.0	0000
22	3.4	1.3	-2.1	-11813
23	3.0	1.4	-1.6	- 9000
24	3.0	2.2	-0.8	- 4500
25	2.1	1.4	-0.7	- 3938
26	1.8	1.4	-0.4	- 2250
27	5.1	7.0	1.9	29688
28	4.4	7.0	2.6	40625
29	3.9	6.2	2.3	35938
30	3.4	6.0	2.6	40625
31	3.3	7.1	3.8	59375
32	3.8	7.7	3.9	60938
33	4.8	7.9	3.1	48438
34	5.3	8.1	2.8	43750
35	4.6	8.3	3.7	57813
36	6.6	8.5	1.9	29688
37	6.4	8.9	2.5	39063
38	5.8	9.1	3.3	51563
39	8.2	9.5	1.3	20313
40	8.7	9.8	1.1	17188

TABLA N° V

41	8.8	9.8	1.0	15625
42	8.7	9.7	1.0	15625
43	9.1	8.7	-0.4	- 6250
44	8.8	8.3	-0.5	- 7813
45	9.0	8.9	-0.1	- 1563
46	9.1	9.7	0.6	9375
47	7.1	8.6	1.5	23438
48	6.3	8.2	1.9	29688
49	5.7	3.2	-2.5	-39963
50	3.7	2.4	-1.3	-20313
51	3.6	1.9	-1.7	-26563
52	3.2	2.3	-0.9	-14063
53	2.1	2.1	0.0	0000
54	2.1	1.6	-0.5	- 1250
55	2.1	1.6	-0.5	- 1250
56	2.1	0.0	-2.1	- 5250
57	1.6	0.0	-1.6	- 4000
58	6.4	8.7	2.3	35938
59	6.7	8.6	1.9	29688
60	5.6	8.9	3.3	51563
61	4.9	8.5	3.6	56250
62	4.9	8.8	3.9	60938
63	5.8	9.0	3.2	50000
64	7.5	9.6	2.1	32813

TABLA N° V

65	7.8	9.6	1.8	28125
66	8.8	9.9	1.1	17188
67	8.6	10.1	1.5	23438
68	9.2	10.2	1.0	15625
69	9.8	10.7	0.9	14063
70	10.3	11.0	0.7	10938
71	10.5	11.5	1.0	15625
72	10.1	11.7	1.6	25000
73	11.8	12.1	0.3	4688
74	12.4	12.2	-0.2	- 3125
75	12.7	12.3	-0.4	6250
76	12.4	10.6	-1.8	-27344
78	12.3	13.1	0.8	12500
79	12.0	13.3	2.0	31250
80	11.7	12.9	0.9	14063
81	10.6	11.3	-0.4	- 6250
82	9.9	15.6	0.1	1563
83	8.2	10.0	-0.8	-12500
84	7.3	7.6	-2.4	-37500
85	4.7	4.9	-1.7	-26563
86	3.3	3.0	-0.6	- 9375
87	3.1	2.7	0.0	0000
88	2.9	3.1	-0.7	-10938
89	9.7	2.2	1.0	15625

TABLA N° V

90	9.5	11.1	1.6	25000
91	8.3	10.7	2.4	37500
92	7.9	10.9	3.0	46875
93	8.3	11.0	2.7	42183
94	9.4	10.8	1.4	21875
95	9.9	11.1	1.2	18750
96	10.2	11.3	1.1	17188
97	10.9	12.0	1.1	17188
98	11.0	11.8	0.8	12500
99	11.4	11.9	0.5	7813
100	11.7	12.4	0.7	10938
101	12.2	12.7	0.5	7813
102	12.5	13.0	0.5	7813
103	13.1	13.7	0.6	9375
104	13.6	14.0	0.4	6250
105	14.2	13.4	-0.8	-12500
106	14.5	14.3	-0.2	- 3125
107	14.5	14.2	-0.3	- 4688
108	14.6	14.8	0.2	3125
109	14.1	15.2	1.1	17188
110	14.7	14.8	0.1	1563
111	14.5	15.0	0.5	7813
112	14.2	14.1	-0.1	- 1563
113	13.7	13.8	0.1	1563

TABLA N° V

114	13.2	13.4	0.2	3125
115	12.0	11.3	-0.7	-10938
116	11.4	10.5	-0.9	-14063
117	9.7	8.6	-1.1	-17188
118	8.0	8.6	0.6	9375
119	6.6	6.7	0.1	1563
120	5.4	4.3	-1.1	-17188
121	3.6	4.0	0.4	6250
122	2.8	2.0	-0.8	-12500
123	2.0	1.3	-0.7	-10938
124	11.8	12.7	0.9	14063
125	11.5	12.9	1.4	21875
126	10.8	13.4	2.6	40625
127	11.1	12.8	1.7	26563
128	11.5	13.4	1.9	29688
129	12.2	13.2	1.0	15625
130	11.9	13.6	1.7	26563
131	12.6	13.7	1.1	17188
132	12.7	14.3	1.6	25000
133	13.3	13.9	0.6	9375
134	13.2	14.4	1.2	18750
135	13.7	14.5	0.8	12500
136	14.0	15.3	1.3	20313
137	14.7	14.0	-0.7	-10938

TABLA N° V

138	14.9	15.9	1.0	15625
139	15.0	16.0	1.0	15625
140	15.3	16.0	0.7	10938
141	15.7	15.6	-0.1	- 1563
142	15.9	16.0	0.1	1563
143	16.0	16.4	0.4	6250
144	15.7	16.7	1.0	15625
145	16.1	16.6	0.5	7813
146	15.5	16.4	0.9	10463
147	15.8	15.5	-0.3	- 4688
148	15.6	15.7	0.1	1563
149	15.4	15.9	0.5	7813
150	14.7	14.7	0.0	0000
151	14.1	13.8	-0.3	- 4688
152	13.2	12.8	-0.4	- 6250
153	12.5	10.5	-2.0	-31250
154	10.9	10.6	-0.3	- 4688
155	10.1	9.7	-0.4	- 6250
156	9.3	9.6	0.3	4688
157	7.5	8.3	0.8	12500
158	6.9	7.3	0.4	6250
159	4.2	4.8	0.6	9375
160	3.5	2.3	-1.2	-18750
161	2.8	2.2	-0.6	- 9375

TABLA N° V

162	13.0	14.5	1.5	23438
163	13.5	14.6	1.1	17188
164	13.1	15.2	2.1	32813
165	13.5	15.0	1.5	23438
166	13.9	15.2	1.3	20313
167	14.5	15.1	0.6	9375
168	14.1	15.7	1.6	25000
169	14.3	15.5	1.2	18750
170	14.4	16.1	1.7	26563
171	14.9	15.8	0.9	14063
172	14.9	16.3	1.4	21875
173	15.3	16.0	0.7	10938
174	15.6	17.0	1.4	21875
175	15.8	17.5	1.7	26563
176	16.3	17.8	1.5	23438
177	16.6	18.3	1.7	26563
178	16.7	17.4	0.7	10938
179	17.0	17.2	0.2	3125
180	17.2	17.3	0.1	1563
181	17.1	17.7	0.6	9375
182	17.0	18.3	1.3	20313
183	17.5	18.2	0.7	10938
184	17.4	17.7	0.3	4688
185	17.2	16.9	-0.3	- 4688

TABLA N° V



186	16.8	17.0	0.2	3125
187	16.5	16.7	-0.2	3125
188	16.2	16.1	-0.1	-1563
189	15.5	15.3	-0.2	-3125
190	15.3	14.3	-1.0	-15625
191	14.4	14.4	0.0	0000
192	13.5	13.0	-0.1	-1563
193	12.5	11.9	-0.6	-9375
194	12.1	12.3	0.2	3125
195	11.6	12.4	0.8	12500
196	11.5	11.2	-0.3	-4688
197	10.3	10.7	0.4	6250
198	9.2	8.6	-0.6	-9375
199	7.0	7.2	0.2	3125
200	4.7	5.5	0.8	12500
201	3.9	1.8	-2.1	-32813
202	14.8	15.7	0.9	14063
203	15.0	16.4	1.4	21875
204	14.8	17.0	2.2	34375
205	15.3	17.3	1.7	26563
205	15.6	16.8	1.2	18750
207	15.9	17.0	1.1	17188
208	15.6	17.3	1.7	26563
209	15.8	17.5	1.7	26563

TABLA N° V

210	16.0	17.7	1.7	26563
211	16.3	17.5	1.2	18750
212	16.2	17.7	1.5	23438
213	16.8	17.8	1.0	15625
214	17.2	18.3	1.1	17188
215	17.2	19.0	1.8	28125
216	17.9	18.9	1.0	15625
217	17.7	19.3	1.6	25000
218	18.0	18.3	0.3	4688
219	18.0	18.3	0.3	4688
220	18.4	18.4	0.0	0000
221	18.5	18.9	0.4	6250
222	18.2	19.2	1.0	15625
223	18.6	19.3	0.7	10938
224	18.7	18.7	0.0	0000
225	18.4	18.0	-0.4	- 6250
226	17.8	18.1	0.3	4688
227	17.6	17.7	0.1	1563
228	17.1	17.3	0.2	3125
229	16.9	16.6	-0.3	- 4688
230	16.4	16.2	-0.2	- 3125
231	15.7	15.6	-0.1	- 1563
232	15.2	14.9	-0.3	- 4688
233	14.7	14.3	-0.4	- 6250

TABLA N° V

234	14.1	14.4	0.3	4688
235	13.7	13.9	0.2	3125
236	13.3	13.6	0.3	4688
237	13.1	13.4	0.3	4688
238	12.2	12.0	-0.2	3125
239	11.6	11.4	0.1	1563
240	10.8	11.1	0.3	4688
241	9.1	8.3	-0.8	12500
242	16.6	17.4	0.8	12500
243	16.4	17.8	1.4	21875
244	16.6	18.7	2.1	32813
245	17.2	18.2	1.0	15625
246	17.4	18.3	0.9	14063
247	17.4	18.1	0.7	10938
248	17.3	18.6	1.3	20313
249	17.4	18.8	1.4	21875
250	17.5	18.7	1.2	18750
251	17.6	18.7	1.1	17188
252	17.9	19.1	1.2	18750
253	18.0	19.1	1.1	17188
254	18.7	19.7	1.0	15625
255	18.3	20.0	1.7	26563
256	18.9	19.9	1.0	15625
257	18.8	20.2	1.4	21875

TABLA N<sup>o</sup> V

258	19.2	19.3	0.1	1563
259	19.1	19.3	0.2	3125
260	19.4	19.4	0.0	0000
261	19.4	20.1	0.7	10938
262	19.1	20.2	1.1	17188
263	19.6	20.2	0.6	9375
264	19.4	19.7	0.3	4688
265	19.0	18.8	-0.2	- 3125
266	18.9	19.1	0.2	3125
267	18.6	18.7	0.1	1563
268	18.4	18.3	-0.1	- 1563
269	17.9	17.7	-0.2	- 3125
270	17.5	17.3	-0.2	- 3125
271	17.0	17.0	0.0	0000
272	16.7	16.5	-0.2	- 3125
273	16.1	15.9	-0.2	- 3125
274	15.6	16.0	0.4	6250
275	15.3	15.4	0.1	1563
276	14.8	14.9	0.1	1563
277	14.5	14.6	0.1	1563
278	13.9	13.8	-0.1	- 1563
279	13.6	13.5	-0.1	- 1563
280	12.5	12.7	0.2	3125
281	12.5	12.7	0.2	3125

TABLA N° V

282	18.0	18.6	0.6	9375
283	18.0	19.1	1.1	17188
284	18.0	19.3	1.3	20313
285	18.5	19.3	0.8	12500
286	18.7	19.6	0.9	14063
287	18.7	19.6	0.9	14063
288	18.9	20.0	1.1	17188
289	18.9	20.1	1.2	18750
290	19.0	19.9	0.9	14063
291	18.9	19.9	1.0	15625
292	19.2	20.2	1.0	15625
293	19.5	20.2	0.7	10938
294	19.6	20.7	1.1	17188
295	19.7	20.9	1.2	18750
296	19.6	20.9	1.3	20313
297	19.8	21.4	1.6	25000
298	20.0	20.3	0.3	4688
299	20.0	20.1	0.1	1563
300	20.1	20.1	-0.1	- 1563
301	20.1	20.8	0.7	10938
302	20.1	21.1	1.0	15625
303	20.3	21.1	0.8	12500
304	20.1	20.7	0.6	9375
305	19.9	19.7	-0.2	- 3125

TABLA N° V

306	19.7	19.0	-0.7	-10938
307	19.4	19.3	-0.1	- 1563
308	19.2	19.3	0,1	1563
309	18.8	18,6	-0.2	- 3125
310	18.5	18.3	-0,2	- 3125
311	18.0	17.9	-0.1	- 1563
312	17.3	17,4	0,1	1563
313	17.2	17,2	0,0	0000
314	16.8	17,0	0,2	3125
315	16.3	16,8	0,5	7813
316	16.2	15,5	-0.7	-10938
317	15.6	15.4	-0.2	- 3125
318	15.1	16.3	1,2	18750
319	14.8	15.0	0,2	3125
320	14.5	14.2	-0.3	- 4688
321	14.2	14.0	-0.2	- 3125

TABLA N° V

### 3.2. Transporte Litoral, -

En la zona de rompiente el sedimento se suspende por la turbulencia de las olas que rompen. Este sedimento es transportado por efecto de la incidencia oblicua de las olas con una dirección promedio neta paralela a la cota. Este es el transporte litoral propiamente dicho o, transporte a lo largo de la costa ( $Q$ ).

En Monteverde se presentan dos posibles direcciones de transporte: hacia el Norte y/o hacia el Sur.

Teóricamente, si consideramos un punto sobre la playa durante un tiempo determinado, el transporte litoral bruto ( $Q_g$ ) es la suma de la deriva litoral hacia el Norte y hacia el Sur, respectivamente. La diferencia de estas cantidades se denomina transporte neto ( $Q_n$ ).

#### 3.2.1. Cálculo de Transporte Litoral. -

Método Empírico. - Galvín [1972] determinó que el transporte litoral bruto en  $yd^3/año$  es proporcional al cuadrado de la altura de rompiente, y puede ser expresado con la relación:

$$Q_g = 2 \cdot 10^5 \cdot H_b^2 \quad (\text{yd}^3/\text{año}) \quad (4)$$

Siendo:

$$Q_g = \text{Transporte litoral bruto } (\text{yd}^3/\text{año}).$$

$H_b$  = Altura de ola rompiente promedio del área -  
(pies).

$2 \cdot 10^5$  = Constante de proporcionalidad que relaciona  $Q_g$  con  $H_b$ .

Utilizando la relación (4) y tomando la altura de rompiente igual a 3.33 pies (sección 2.2.2) se obtiene que el transporte litoral bruto ( $Q_g$ ) es igual a:

$$Q_g = 2 \cdot 10^5 \cdot (3.33)^2 \quad (\text{yd}^3/\text{año})$$

$$Q_g = 2'217.780 \quad \text{yd}^3/\text{año}$$

Cabe destacar que la fórmula de Galvín no considera posibles direcciones de transporte y por lo tanto no es posible efectuar comparaciones con los resultados que se obtengan mediante el método de flu-



jo de energía que se describe a continuación.

Método de flujo de energía.- Este método relaciona la tasa con la cual se mueve el sedimento a lo largo de la costa ( $Q$ ) con el factor de flujo de energía ( $Pls$ ):

$$Q = K \cdot Pls \quad (5)$$

Donde:

$Q$  = volumen de sedimento transportado por unidad de tiempo ( $yd^3/año$ ).

$K$  = coeficiente de proporcionalidad empírica - mente determinado.

$Pls$  = cantidad relacionada con la componente a lo largo de la costa del flujo de energía (potencia de la ola), que corresponde a una unidad de energía por segundo por unidad de longitud a lo largo de la cresta de la onda (pie-libra/segundo/pie).

El factor  $P_{ls}$  depende de la dirección de avance de las olas respecto a la línea de costa (ver procedimiento matemático más adelante); su valor es determinado mediante la relación:

$$P_{ls} = (\rho \cdot g \cdot H^2) / 16 \cdot C_g \cdot \text{Sen } 2\alpha b. \quad (6)$$

Donde:

$H$  y  $C_g$  = altura de la ola (pies) y celeridad de grupo (pie/s) respectivamente, las cuales son evaluadas en la zona de rompiente.

$\alpha b$  = ángulo que forma la ola con la línea de costa en la zona de rompiente.

$g$  = aceleración de la gravedad (pies/s<sup>2</sup>).

$\rho$  = densidad de la masa de agua (lb/pie<sup>3</sup>).

La ecuación (5) ha sido publicado de diferentes formas por varios investigadores: Watt's (1953); Cadwell (1956); Savage (1962); CERC (1966); Das (1972); Shore Protection Manual (1973). Las diferencias bá

sicas que se presentan, dependen de la determinación del coeficiente (K) de proporcionalidad que cada uno de los autores establece. "K" es función de la cantidad de datos considerados así como de las unidades utilizadas.

La tabla VI presenta seis referencias publicadas (columna A), la relación entre (Q) y (Pls) presentadas en las publicaciones originales (columna B), las unidades que se utilizan (columna C) y las relaciones unificadas con las unidades usadas en el S.P.M. (Shore Protection Manual, 1973) en la columna D.

La relación de Watt's (1953) fue obtenida para las condiciones encontradas al Sur del Lago Worth Inlet en Florida. Las características del oleaje (altura significativa, períodos) fueron tomadas de los registros de un medidor de presión ubicado a 11 millas del lago y las direcciones del oleaje se realizaron por observaciones visuales.

Cadwell (1956) midió el transporte litoral por comparaciones sucesivas de reconocimiento de la playa

TABLA N° VI

ECUACIONES ESTABLECIDAS POR DIFERENTES INVESTIGADORES ENTRE LA RAZON DE TRANSPORTE LITORAL Y

EL FACTOR DE FLUJO DE ENERGIA A LO LARGO DE LA COSTA

Ref.: *Coastal Engineering* Vol. II, 1976).

A	B	C	D
<u>Autor</u>	<u>Ecuación dada</u>	<u>Unidades utilizadas</u>	<u>Ecuaciones unificadas con</u>
	<u>de (C)</u>	<u>(Q)</u>	<u>las unidades dadas en el S.P.M.</u>
Watt's (1953)	$0.011 (Et)^{0.9}$	$yd^3/año$	$p-1b/día/p$ 11.130 (PLs) <sup>0.9</sup>
Cadwell (1956)	$210 (Ei)^{0.8}$	$yd^3/año$	$10^6 p-1b/día/p$ 10.810 (PLs) <sup>0.8</sup>
Savage (1962)	$1.30 Ea$	$yd^3/año$	$10^4 p-1b/día/p$ 4.110 (PLs)
CERC (1966)	$130 Ea$	$yd^3/año$	$p-1b/día/p$ 4.110 (PLs)
Das (1972)	$193 (10)^{-7} Ea$	$yd^3/año$	$p-1b/día/p$ 6.090 (PLs)
S.P.M. (1973)	$7.5 (10)^3 PLs$	$yd^3/año$	$p-1b/s/p$ 7.500 (PLs)

la lo largo de 11.000 pies] inmediatamente al Sur de la bahía de Jettie al Anahacin en California. La predicción de olas la determinó utilizando cartas sinópticas del clima. Para obtener su ecuación incorporó a sus registros los datos obtenidos por Watts [1953].

Savage (1962) y CERC (1966) utilizan los datos de Watts (1953), Cadwell (1956) y numerosos datos de laboratorio, obteniendo así ecuaciones similares.

Das (1972) elimina los datos de laboratorio basados en experimentos con sedimentos livianos. Al igual que Savage y CERC, denomina el factor de flujo de energía (P<sub>ts</sub>) como (E<sub>a</sub>).

ER S.P.M. (1973) utiliza los datos de Watts (1953) y Cadwell (1956) sin considerar los datos de laboratorio. Numerosos datos de laboratorio sobreescriben la ubicación de la curva) y utiliza como referencia adicional los datos de campo obtenidos por Komar (1969) para obtener su ecuación.

La comparación gráfica de las diferentes predicciones de  $[Q]$  obtenidas por Watts, Cadwell, CERC, Das y el S.P.M. (columna D, Tabla VI) se encuentra en la figura 3 de Coastal Engineering Vol. II, 1976). De su análisis es posible apreciar que el rango más común de la tasa de transporte  $[Q]$  a lo largo de la costa está entre  $10^5 - 10^6$   $\text{yd}^3/\text{año}$ .

Para nuestro caso, la ecuación de Watt's es cuestionable debido a que las condiciones de trabajo no son comparables con las de Monteverde. La de Cadwell puede ser aceptada con reservas considerando que analiza una playa abierta (similar a la de Monteverde) pero con condiciones específicas no descritas. Por otra parte, la presencia de gran cantidad de sedimentos livianos en el área no permite utilizar la relación de Das ya que se obtendrían valores no reales de  $[Q]$ . Se consideran aplicables las ecuaciones dadas por CERC y por S.P.M. para identificar las áreas vulnerables a la erosión en Monteverde por las siguientes razones:

- Estiman rangos límites de  $[Q]$  para las mismas condiciones de olas. CERC, los valores más bajos;

y, el S.P.M., los más altos (décimo quinta conferencia de Ingeniería de Costas, 1976).

- Son obtenidos complementando los datos de Watts (de ambiente cerrado) y los de Cadwell (de playa abierta) por lo que se estiman representativas en condiciones generales).

Sin embargo, la fórmula de CERC, al estar basada en numerosos modelos reducidos y de prototipos (naturaleza), estimamos que da resultados más reales.

### 3.3. Dinámica de la Zona Costera.-

#### 3.3.1. Identificación de áreas vulnerables a la erosión y acreción.-

Se utilizó el método de E.J. John e I.V. Nayak, quienes consideran que la variación de la componente de la energía a lo largo de la costa produce la distribución del material presente en la zona litoral. - La distribución de la energía del oleaje se determinó a partir de los diagramas de refracción Planos - XVIII, XIX y XX, utilizando la siguiente metodología:

### Selección del Mapa Base

La exactitud de los diagramas de refracción depende del mapa batimétrico. Se tomó como base la carta batimétrica IOA 105, a escala 1:1.000.000, en la que se trazaron los rayos ortogonales desde aguas profundas (200 m) hasta aproximadamente una profundidad de 35 metros. A partir de esta profundidad se utilizó la carta batimétrica IOA 1051, a escala 1:25.000, con el propósito de obtener información más detallada de la distribución de la energía del oleaje en la zona costera a ser estudiada.

### Selección del Período.-

Los períodos entre 14 s - 18 s representan la mayor frecuencia de ocurrencia (sección 2.2.2). Se eligieron los períodos de 16 s y de 18 s para elaborar los diagramas de refracción debido a que no es posible obtener éstos para cada uno de los períodos dentro del rango.

### Selección de Direcciones.-

Las direcciones con que se aproxima el Swell desde aguas profundas es de 0-S0 durante todo el año (sec

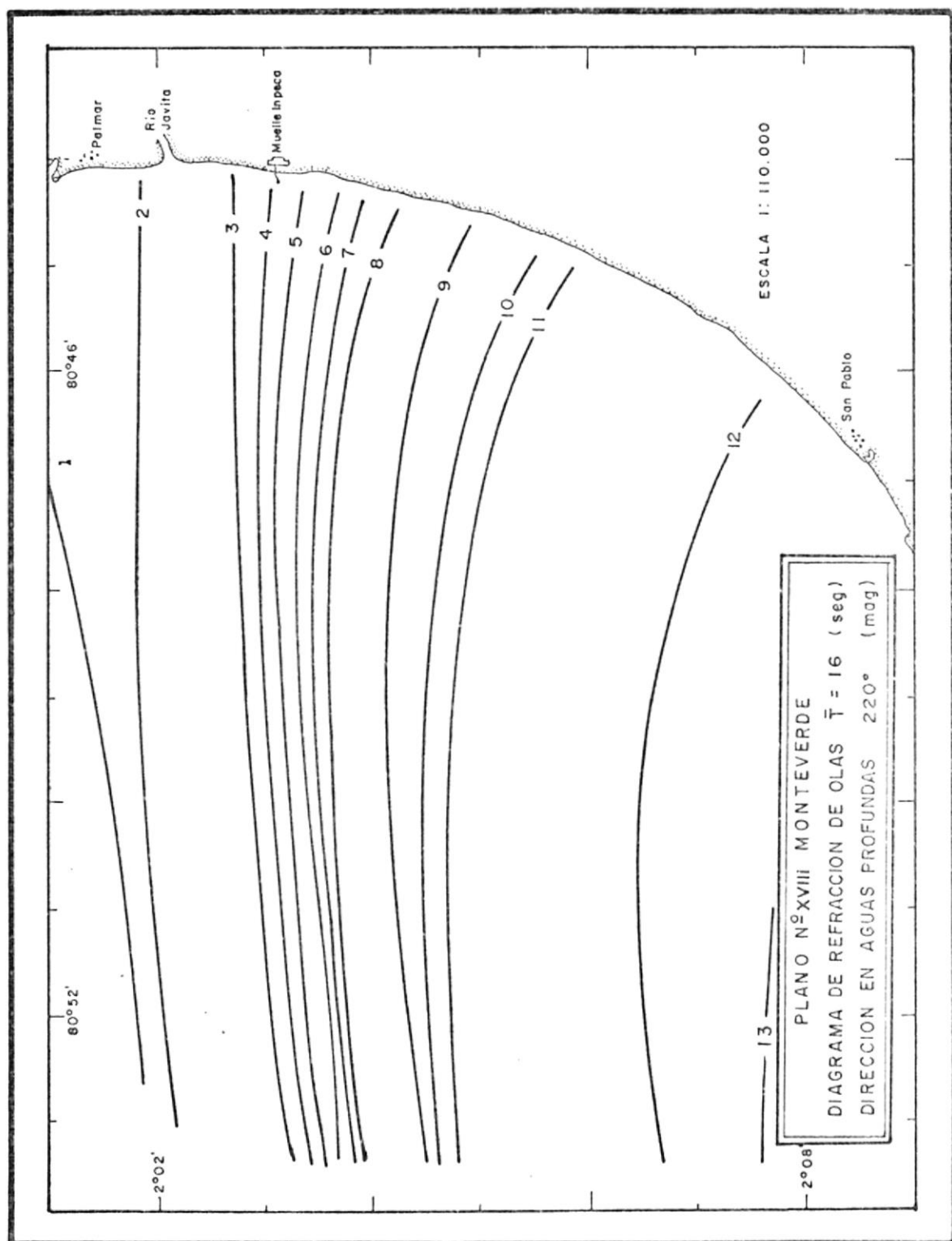


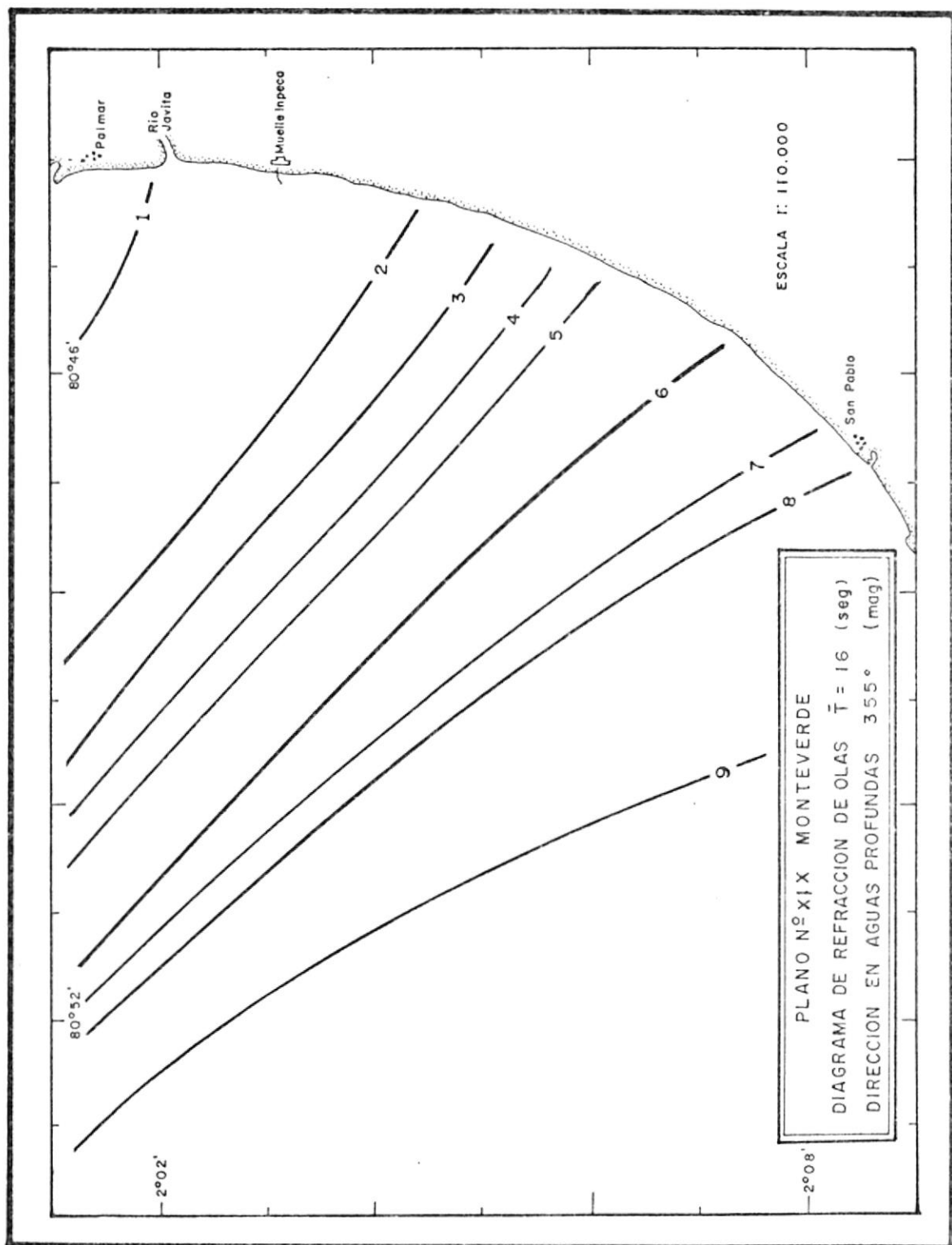
ción 2.2.2), sin embargo, durante los primeros meses del año se presentan también olas provenientes del Norte, motivo por el que se escopieron las direcciones de  $220^\circ$ ,  $270^\circ$  y  $355^\circ$  (grados magnéticos).

#### Diagramas de Refracción.-

Se elaboraron los diagramas de refracción para olas con direcciones en aguas profundas de  $220^\circ$  y  $355^\circ$  con períodos de 16 s (Planos XVIII y XIX), y para olas de 18 s con  $270^\circ$  de dirección (Plano XX), en los que se trazó la mayor cantidad de rayos ortogonales tratando en lo posible cubrir el área analizada para lo que se ubicaron 33 puntos de referencia a lo largo de la línea de costa separados entre sí 250 metros (Planos XXI: a, b, c, d, e y f).

Entre cada par de rayos ortogonales se determinó: el coeficiente de refracción ( $K_r$ ) mediante la relación entre la separación de éstos en aguas profundas ( $b_o$ ) y su respectiva separación en aguas someras ( $b$ ) por medio de la expresión  $(b_o/b)^{1/2}$ ; el coeficiente de reducción de profundidad ( $k_s$ ) determinado a partir de la Tabla C-I del S.P.M. (función de la longitud







de ola en aguas profundas y la profundidad del agua mediante la relación  $d/L_0$  y el ángulo de rompiente ( $\alpha_b$ ) que forma la cresta de la ola en la profundidad de rompiente con la línea de costa.

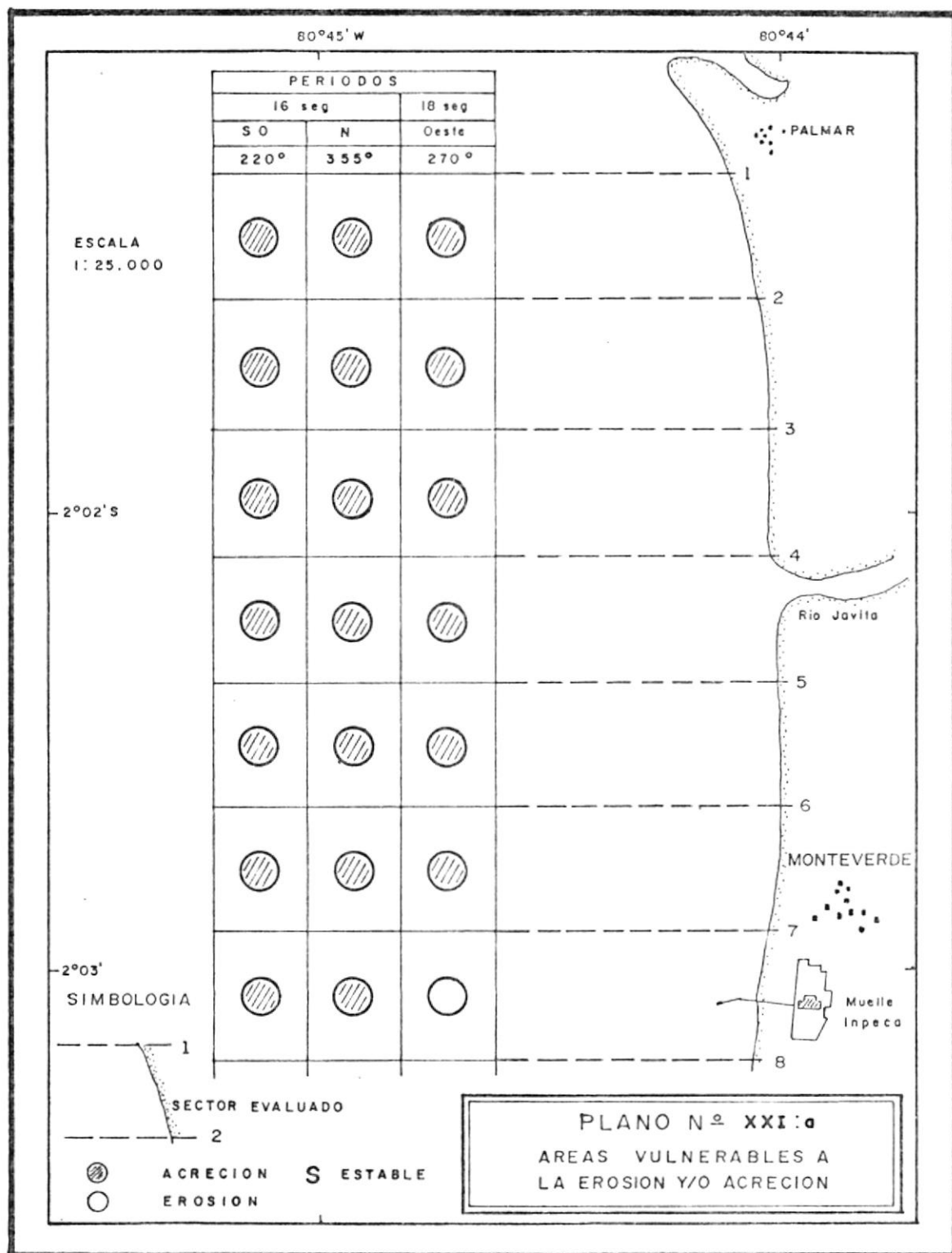
Procedimiento.-

Obtenido el coeficiente de refracción ( $K_r$ ) y el coeficiente de reducción de profundidad ( $K_s$ ) para cada par de rayos ortogonales en los diagramas de refracción se determinó:

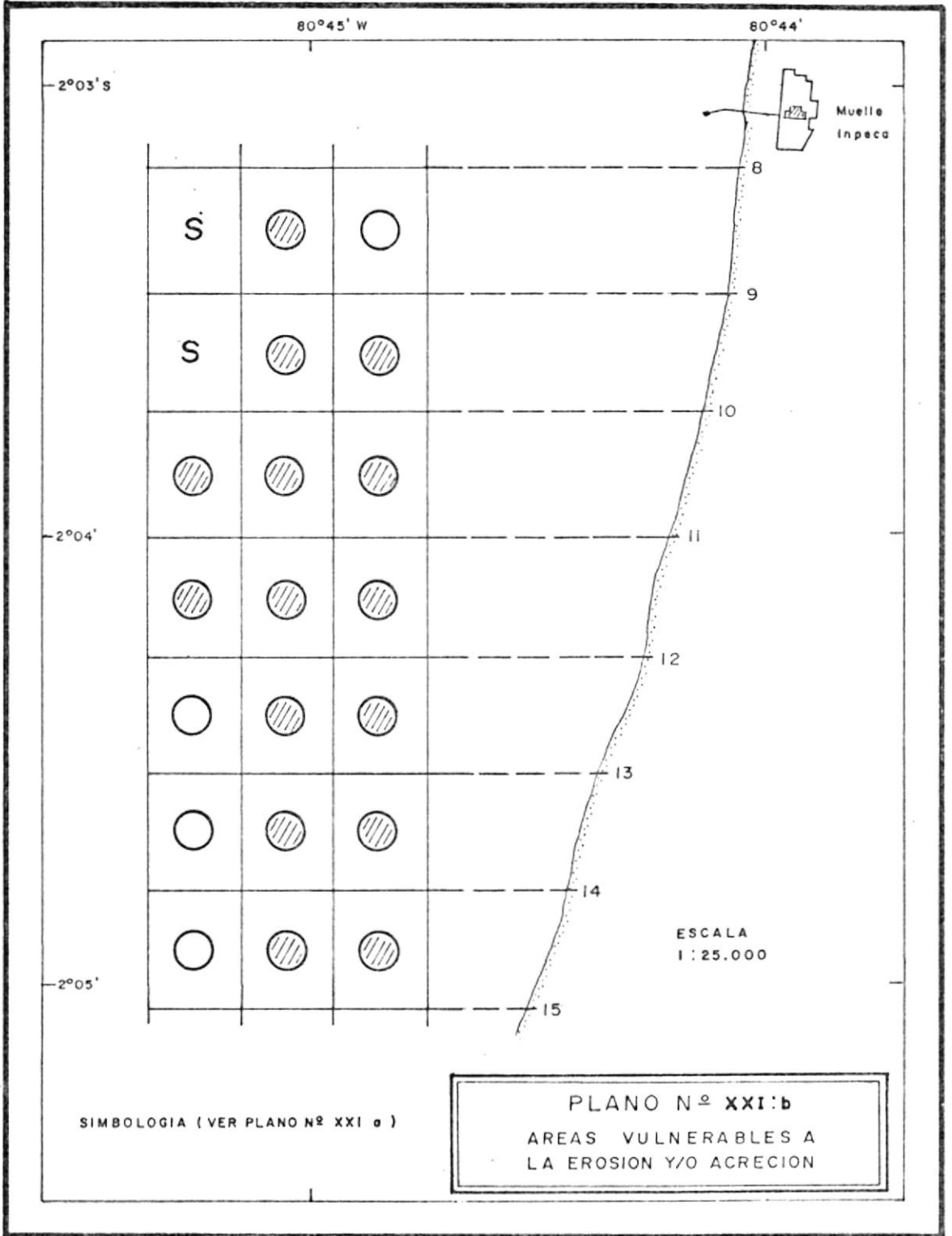
- El valor de altura de ola en aguas profundas  $H_0 = H/K_r \cdot K_s$ , para lo que se consideró el valor  $H = 1.85$  pies (altura significativa de ola promedio a 30 metros de profundidad).
- Con este valor de altura de ola en aguas profundas se calculó  $H'_0 = H_0 \cdot K_r$  con lo que se determinó la altura de rompiente ( $H_b$ ) al reemplazar su valor en la ecuación  $H_b = H'_0/3.3 (H'_0/L_0)^{1/3}$ , obtenida por Munk (1949).

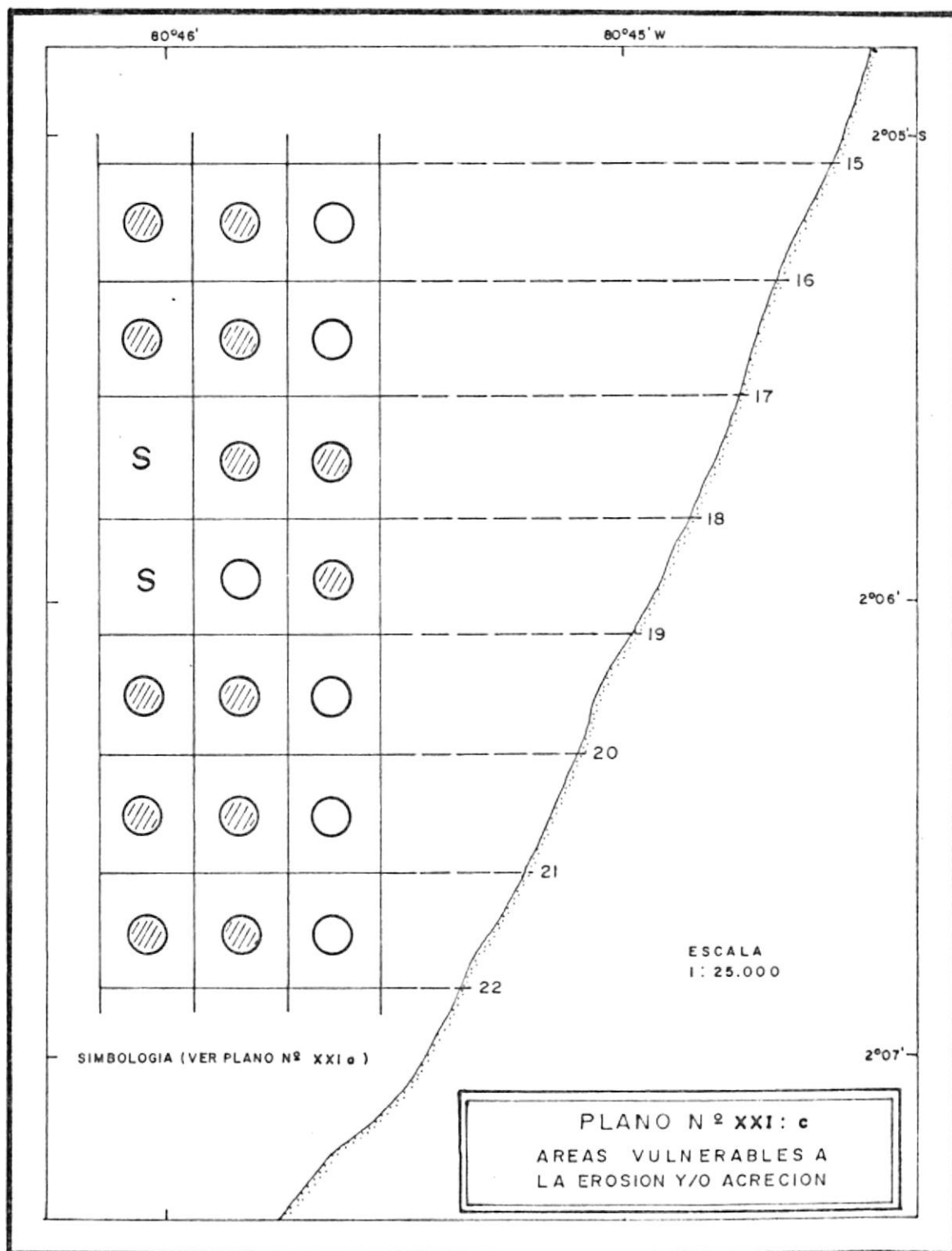
- Con la relación  $H_b/T^2$ , la pendiente de la playa (m) obtenida del Plano IV y la figura 2.66, pág. 2-1235 (S.P.M.) se determinó el valor de la profundidad de rompiente (db). A esta profundidad se vuelve a calcular el coeficiente de reducción de profundidad (Ks), repitiéndose todo el procedimiento hasta que la profundidad de rompiente determinada sea aproximadamente igual a la profundidad de rompiente calculada (sección 2.2.2).
- De esta forma con la profundidad de rompiente (db) así determinada, el ángulo de rompiente ( $\alpha_b$ ) obtenido de los diagramas de refracción y la relación  $H_o/g \cdot T^2$ , se obtiene el valor del factor del flujo de energía (Pls) de la figura 4 - 34, pág. 4-92 (S.P.M.).
- Al valor obtenido del factor de flujo de energía (Pls) para cada par de rayos ortogonales a lo largo de la línea de costa, se le asignó un valor negativo si las direcciones de los rayos ortogonales sobre el sector costero presentaban una tendencia hacia el Sur y un valor positivo en caso contrario.

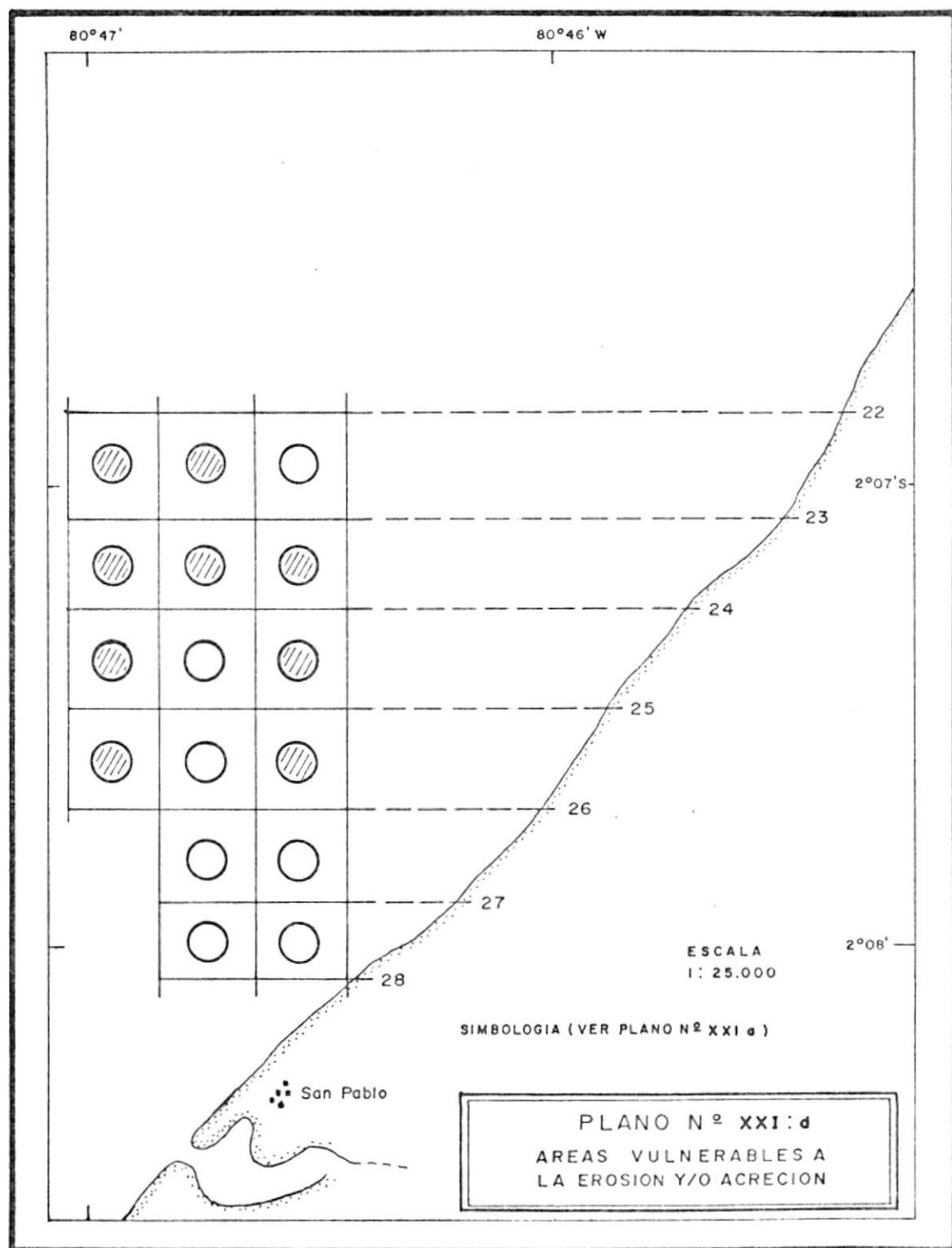
- Cuando de las diferencias entre dos valores consecutivos de [Pls] resultó un valor positivo se estimó acresión en el sector considerado (Puntos de referencia en la costa ubicados entre cada par de rayos ortogonales analizados). Se asumió erosión cuando de estas diferencias se obtuvo valores negativos (Planos XXI: a, b, c, d, e y f).
- El valor de la componente del factor de flujo de energía en lb-p/s pie de playa, para las olas de 16 segundos con  $220^\circ$ , de 16 segundos con  $3.55^\circ$  y de 18 segundos con  $270^\circ$  se presentan en la tabla VII, VIII y IX, respectivamente.
- Cada uno de los valores de Pls así determina- dos fueron evaluados en las ecuaciones dadas por CERC (1966) y S.P.M. (1973), presentadas en la tabla III, para obtener el transporte litoral (Q) en  $yd^3/año$ . Sus valores se encuentran tabulados en la tabla X.

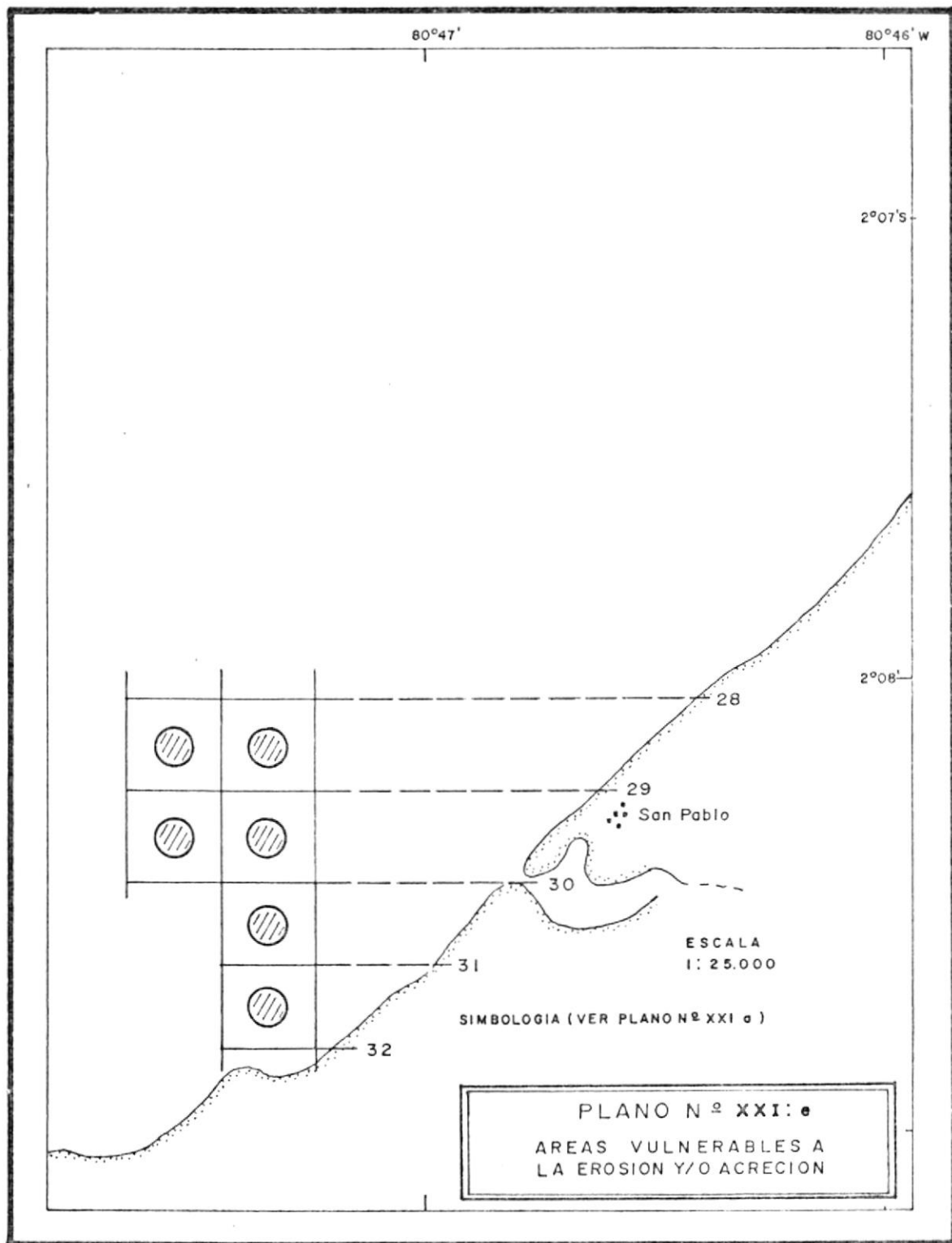












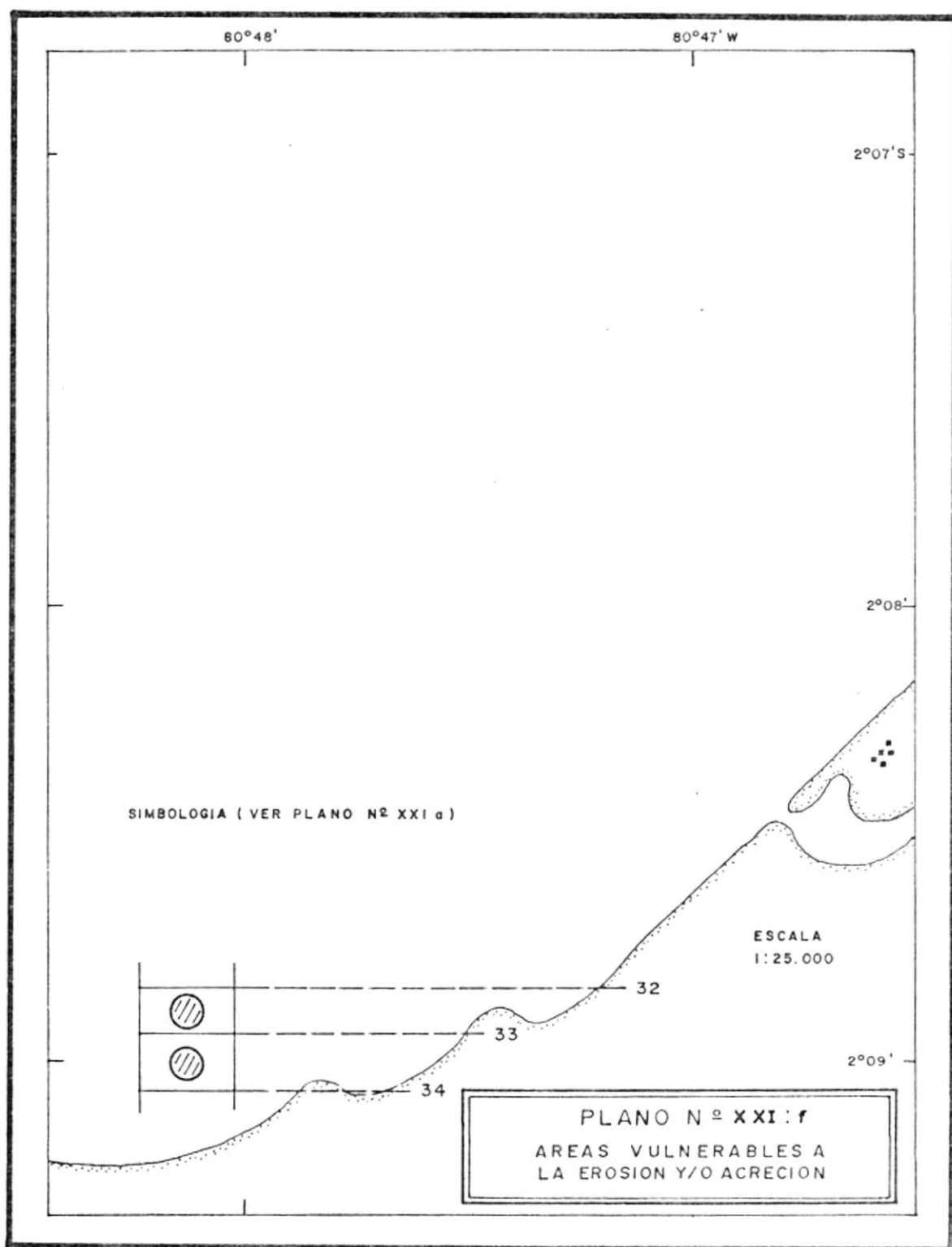


TABLA N° VII

COMPONENTE DE ENERGIA A LO LARGO DE LA COSTA PARA OLAS CON 16 SEGUNDOS DE PERIODO Y 220° MAGNETICOS DE DIRECCION DESDE AGUAS PROFUNDAS (LONGITUD DE OLAS EN AGUAS PROFUNDAS IGUAL A 1311 PIES)

RAYOS CONSIDERADOS (Plano N° XVIII)	$K\tau$	(Grados)	Pls (lb-p/s/p)
1 - 2	0.1020	6	92.84
2 - 3	0.1162	2	31.06
3 - 4	0.2480	1	15.72
4 - 5	0.2582	0	0.0
5 - 6	0.2564	0	0.0
6 - 7	0.4285	0	0.0
7 - 8	0.1857	-0.5	- 7.86
8 - 9	0.1259	-2	-31.45
9 - 10	0.1270	-1	-15.72
10 - 11	0.9746	-2	-31.45
11 - 12	0.3311	-2	-31.45
12 - 13	0.1118	-26	-177.77

TABLA N<sup>o</sup> VIII

COMPONENTE DE ENERGIA A LO LARGO DE LA COSTA PARA OLAS CON 16 SEGUNDOS DE PERIODO Y 355° MAGNETICOS DE DIRECCION DESDE AGUAS PROFUNDAS (LONGITUD DE OLA EN AGUAS PROFUNDAS IGUAL A 1311 PIES).

RAYOS CONSIDERADOS (Plano N <sup>o</sup> XIX)	Kr	b (Grados)	Pls (lb-p/s/p)
1 - 2	0.2020	10	138.42
2 - 3	0.5322	8	118.17
3 - 4	0.8864	- 2	- 31.45
4 - 5	0.5897	- 6	- 92.88
5 - 6	0.3738	2	32.53
6 - 7	0.3464	- 7	- 107.30
7 - 8	0.3333	- 3	- 50.19
8 - 9	0.1918	- 14	- 166.15

TABLA N° IX

COMPONENTE DE ENERGIA A LO LARGO DE LA COSTA PARA OLAS CON 18 SEGUNDOS DE PERIODO Y 270° MAGNETICOS DE DIRECCION DESDE AGUAS PROFUNDAS (LONGITUD DE OLA EN AGUAS PROFUNDAS IGUAL A 1660 PIES).

RAYOS CONSIDERADOS (Plano N° XX )	Kr	b (Grados)	Pls (lb-p/s/p)
1 - 2	0.1290	3	54.58
2 - 3	0.1681	1	17.69
3 - 4	0.2323	0	0.0
4 - 5	0.923	7	117.26
5 - 6	0.2209	- 5	- 90.61
6 - 7	0.1601	0	0.0
7 - 8	0.2425	-10	- 152.27
8 - 9	0.2454	1	17.90
9 - 10	0.1501	5	90.61
10 - 11	0.1615	2	36.24
11 - 12	0.8165	6	103.55
12 - 13	0.9780	0	0.0
13 - 14	0.2111	- 2	- 36.24



TABLA N° X

CUANTIFICACION DEL TRANSPORTE LITORAL (Q) EN EL SECTOR COSTERO DE MONTEVERDE PARA OLAS DE 16 S. CON DIRECCIONES DESDE AGUAS PROFUNDAS DE 220° Y 355° MAGNETICOS Y DE 18 S. CON 270° MAGNETICO

RAYOS CONSIDERADOS	T = 16 SEGUNDOS			T = 18 SEGUNDOS		
	355°			270°		
	CERC	S.P.M.	CERC	S.P.M.	CERC	S.P.M.
1-2	568906,2	1038150	381572,4	696300	224323,8	409350
2-3	485678,7	886275	127656,6	232950	72705,9	132675
3-4	- 129259,5	- 235875	64609,2	117900	0	0
4-5	- 381736,8	- 696600	0	0	481938,6	879450
5-6	133698,3	243975	0	0	- 372407,1	- 679575
6-7	- 441003,0	- 804750	0	0	0	0
7-8	- 206280,9	- 376425	- 32304,6	- 58950	- 625829,7	- 1142025
8-9	-	-	- 129259,5	- 235875	73569,0	134250
9-10	-	-	- 64609,2	- 117900	572407,1	679575
10-11	-	-	- 129259,5	- 235875	148946,4	271800
11-12	-	-	- 129259,5	- 23575	425590,5	776625
12-13	-	-	-	-	0	0
13-14	-	-	-	-	148946,4	- 271800
TRANSP. NETO	30003	54750	89145,9	374975	652298,1	2' 332350

De los resultados obtenidos, se aprecia:

- Las diferentes direcciones con que se aproximan las olas desde aguas profundas dan como resultado cambios de las zonas en que se concentra la energía. Esto causa variación de las zonas de erosión y de acreción durante diferentes épocas del año.
- Las olas de 16 segundos provenientes desde aguas profundas del Norte muestran un mayor valor de la componente del flujo de energía (Pls) que las olas con el mismo período provenientes del SO (Tablas VII y VIII, respectivamente). Estas diferencias se atribuyen a que las olas provenientes del Norte generalmente son de mayor altura que las del SO (Sección 2.2.2).
- La suma de las cantidades de transporte litoral (Q) presentadas en la tabla X, considerando el signo (dirección de transporte) determinará un transporte litoral neto hacia el Norte.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. Se estudió el sector de playa comprendida entre los puntos rocosos de Palmar y Punta Blanca que conforma una amplia ensenada frente al Océano Pacífico.
2. Entre los rasgos costeros observables tenemos:
  - Terrenos lagunares que están en proceso de desaparición por el incremento de la población.
  - Flechas (paralelas a la costa), convergentes en el Río Javita, con una dirección de crecimiento predominante al Norte, mientras que en el Río Chipanga la flecha que se forma se dirige hacia el Sur.
  - Dunas que no se ajustan a patrones clásicos (barkanes, media luna, etc.) y alcanzan 2mts. de altura aproximadamente y avanzan - hasta 1.2 Km/año por efecto del viento.
  - Cúspides de playa que no coinciden con ningún rasgo geomorfológico observable en las fotos aéreas.
  - Los veriles son sensiblemente paralelos, lo que insinúa que el fondo está cubierto por sedimentos recientes.
3. Los sedimentos litorales son muy arenosos por lo que constituyen una buena base para la cimentación de estructuras costeras tierra a-

dentro. Sin embargo, las playas son erosionables.

4. El análisis de tendencias de sedimentos (confluencia de parámetros granulométricos) muestran un desplazamiento del sedimento hacia el Nor Este.
5. Las mareas tienen poca importancia en los procesos que actúan sobre la playa debido a su carácter mesotidal y a su periodicidad aproximada entre la pleamar y la bajamar.
6. Las corrientes de marea no son importantes en los efectos que podrían manifestarse sobre la erosión, acreción o flujo de sedimentos hacia la costa.
7. El análisis de corriente mediante el método Euleriano y Lagrangiano muestra un predominio de éstas a dirigirse hacia la costa.
8. De Enero a Abril se presentan vientos provenientes del Oeste y Sur Oeste, con velocidades hasta de 8 m/s. De Mayo a Diciembre hay un incremento de vientos del Sur Oeste con velocidades hasta de 12m/s.
9. A Monteverde le corresponde un clima Tropical Seco, con condiciones relativamente benignas por lo cual no influyen notoriamente en la dinámica costera.

10. El oleaje es el causante de los cambios notorios a corto plazo.
11. El transporte litoral propiamente dicho es el proceso litoral que predomina en el área.
12. Al Norte del área se encuentra el mayor volúmen de sedimentación ( $4'131'160 \text{ m}^3$ ), al Sur predomina la erosión ( $1'616.567 \text{ m}^3$ ) con parches de acreción ( $201.124 \text{ m}^3$ ) en total.
13. Se estima empíricamente un transporte litoral bruto de  $2'217.780 \text{ yard}^3/\text{año}$ . ( $1'671.254,692 \text{ m}^3/\text{año}$ ).
14. Se considera la Fórmula de CERC para calcular transporte litoral (Q) como la que dá valores más reales en el área de estudio.
15. Las direcciones con que se aproximan las olas desde aguas profundas dan lugar a cambios en los sectores de erosión y de acreción sobre la costa durante diferentes épocas del año (Planos XXI: a, b, c, d, e, f).
16. Se determinó un transporte neto de sedimentos hacia el Norte.
17. Por el tipo de información utilizada, la cuantificación del sedimento puede variar de alguna forma con mediciones de campo más de-

talladas. Sin embargo, los resultados obtenidos son consistentes para varios métodos aplicados en las estimaciones del transporte litoral:

- Comparación de perfiles cercanos a la costa entre 1981 y 1984 (figuras 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7).
  - Cuantificación del volumen sedimentado entre estos dos años (plano XI).
  - El transporte de masa (sección 3.1.1).
  - Análisis de tendencias del sedimento (Plano XI).
  - La cuantificación del transporte neto [Tabla X].
- 18: Aproximadamente a 3m (M.L.W.S.) se presume la formación de una barra litoral (protección natural ante fuertes temporales, e.g. año 1983), por estimarse a esta profundidad el denominado punto nulo.

## RECOMENDACIONES

1. *Habiéndose estimado el transporte litoral, sería conveniente cuantificarlo utilizando otros métodos de corto y mediano plazo, con perfiles periódicos, ya sean playeros o subacuáticos.*
2. *Se requiere un análisis más detallado y más asiduo para afirmar el conocimiento sobre los procesos de menor intensidad como son: la formación de cúspides, corrientes de resaca, avance de dunas, etc.*
3. *La influencia de fenómenos extraordinarios deberán ser estudiados más detalladamente, especialmente en lo referente a la seguridad para la navegación en aguas someras.*
4. *A pesar de que las características del fondo insinúan que este, es-  
tá cubierto por sedimentos recientes, sería conveniente realizar un análisis más detallado sobre la Topografía del fondo, ya que a la altura de Costa Sol a unos 250 metros de la costa se ha observado un sector rocoso (Ing. José Chang, comunicación personal).*
5. *Sería conveniente estimar el transporte litoral, que tiene lugar en el área, considerando varios años de épocas anormales (e.g., año 1983).*

## BIBLIOGRAFIA

1. AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS, 1976. *Coastal Engineering*, Vol. II, Fifteenth Coastal Engineering Conference. July 11-17.
2. BASCON W.N., 1954. *The Control of Stream Out Lets by Wave Refraction*. *J. Geol.*, 62: 600-5.
3. BIRD E.C.F., 1976. *An Introduction to Sistematic Geomorphology*, Vol. 4, Coast. Second Edition, Australian National University - Press, Camberra.
4. DAVIES R.A., 1965. *Beach Pitting: And Unusual Beach Sand Structure*. *J. Sediment Petrol.*, 35: 495-96.
5. DEAN R.G., 1970. *Relative Validities of Waterways and Harbors Division*, ASCE, Vol. 96, W11, pp. 105-119.
6. Delft University of Technology, 1982. *Coastal Engineering*, Vol. I: cap. 8.
7. EAGLESON P.S., *Properties of Shoaling Waves by Theory and Experiment*, *Transaction of the American Geophysical Union*, Vol. 37, pp. 565-572.
8. ESPINOZA J., 1982., *Diseño Conceptual de un Sistema en Mar Abierto para Carga y Descarga de Crudos en Monteverde*. Tesis de Grado ESPOL.



9. CALVIN C.J., Jr., 1972. A Gross Longshore Transport Rate F6rmula  
Proc. of the 13th. Conf. on Coast. Eng. Vancouver, B.C. Canad6.
10. GUILCHER A., 1957. *Morfolog6a Litoral y Submarina*, Ediciones Omega.
11. I.N.A.M.H.I., 1981. *Anuario Meteorol6gico*.
12. I.N.E.C., 1974. *III Censo de Poblaci6n y II de Vivienda*
13. INOCAR, 1977. *Atlas Meteorol6gico del Mar Territorial*.
14. INOCAR, 1981. *Levantamiento Hidrogr6fico del Puerto de Monteverde*,  
LH-01-81,
15. INOCAR, 1984. *Levantamiento Hidrogr6fico del Puerto de Monteverde*,  
HB-LH-N2 P-3-03/84.
16. INOCAR, 1981a. *Estudio Hidrogr6fico-Oceanogr6fico, Informe Mayo*  
1981.
17. INOCAR, 1981b. *Estudio Hidrogr6fico-Oceanogr6fico, Informe Agosto*  
1981.
18. INOCAR, 1981c. *Estudio Hidrogr6fico-Oceanogr6fico, Informe Marzo*  
1981.
19. INOCAR, 1984a. *Estudio Hidrogr6fico-Oceanogr6fico, Informe Abril*  
1984.

20. JOHN E.J., and I.V. NAVAK, 1981. Use of Wave Refraction Diagrams to Identify Areas Vulnerable to Erosion. Karnataka Regional Engineering College Surathkal, India.
21. KOMAR P.D., 1976. Beach Processes Sedimentation Prentice-Hall, Inc., Engle Wood Cliffs, New Jersey.
22. LANFREDI NESTOR W., 1977. Mediciones de Corrientes Costeras. Seminario 20-30 junio, ESPOL.
23. MUNK W.A. and TRAYLOR, 1947. Refraction of Ocean Waves, A process Linkink Underwater Topography to Beach Erosion, J. Geol., 55: 1-26.
24. MORAL DEL CARRO, 1978. Ingeniería de Costas. Laboratorio de Puertos "Ramón Iribarren, C.E.E.O.P.
25. SHEPARD F.P. and INMAN D.L., 1950. Nearshore Water Circulation Related to Botton Topography and Wave Refraction. Trans. AM Geophys, UN, 31: 196-212.
26. TAPANES J.J., 1974. Cálculo del Avance de las Dunas Litorales. Geofísica Internacional, 14: pp. 167.
27. U.S. ARMY COASTAL ENGINEERING RESEARCH CENTER, 1975. Shore Protection Manual., Vol. I: Cap. 4.
28. U.S. ARMY COASTAL ENGINEERING RESEARCH CENTER, 1975. Shore Protect

- tion Manual, Vol. III: pp C-5.
29. WEDHE MIKE., 1982. *Photogrametric Engineering and Remote Sensing*, Vol. 48: N° 8, pp. 1289-1298.