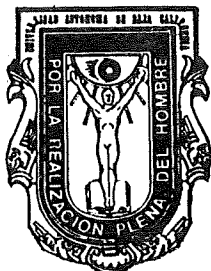


UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BAJA CALIFORNIA

ESCUELA SUPERIOR DE CIENCIAS MARINAS



**“DETERMINACION DEL ACARREO LITORAL POR MEDIO
DE TRAZADORES FLUORESCENTES EN LA LAGUNA
DE AGUA BRAVA, NAY.”**

**TESIS
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
OCEANOLOGO
PRESENTA**

RAFAEL GARCIA KRASOVSKY

ENSENADA, BAJA CALIFORNIA, 1973

DEPENDENCIA: Escuela Superior de
Ciencias Marinas.

OFICIO No.: 076.

ASUNTO: Comunicasele aceptación.

Ensenada, B. Cfa., Noviembre 29 de 1972.

P.O. Rafael García Krasovsky.
P R E S E N T E.

En relación a su solicitud relativa, me es grato transcribir a Usted el tema que fué aprobado por la Comisión de Exámenes Profesionales de esta Institución Docente, para que lo desarrolle en su Tesis con objeto de obtener el Título Profesional de OCEANOLOGO.

" DETERMINACION DEL ACARREO LITORAL, POR MEDIO DE TRATADOS
RES FLUORESCENTES EN LA LAGUNA DE AGUA BRAVA, NAYARIT".

Habiendo estudiado con detalle el programa presentado por Usted, esta comisión considera bastante interesante el desarrollo del tema de su tesis propuesto.

Así mismo, comunicámosle haber designado como --
Director de su tesis al Ing. César Obregón y Coodirector de la misma al Ing. M. J. McDonel.

UNIVERSIDAD AUTONOMA
DE BAJA CALIFORNIA "POR LA REALIZACION FIENA DEL HOMBRE".



ESCUELA SUPERIOR
DE CIENCIAS MARINAS

El Director de la Escuela,

OCEAN. CARLOS R. DE ALBA PEREZ.

C.c.p.- El C. Ing. César Obregón.
C.c.p.- El C. Ing. M. J. McDonel.
C.c.p.- Expediente respectivo.

:CRAP:mema.

Universidad Autónoma de Baja California

Escuela Superior de Ciencias Marinas

Se otorga el presente



Rafael Garcia Krasovsky

como integrante de la

Octava Generación de Oceanólogos

correspondiente a la promoción 1968-72

U.A.B.C. ENSENADA
"Por la realización plena del hombre"

Hecho en la Ciudad de Ensenada, B. C., el mes de Mayo de 1972.

El Rector de la Universidad Autónoma de Baja California

[Signature]
Ing. Luis López Martínez

El Director de la Escuela Superior de Ciencias Marinas

El Padrino de la Octava Generación de Oceanólogos

[Signature]
Oceanólogo Carlos R. de Alba Pérez

[Signature]
Lic. Luis Echeverría Álvarez

A MA. LUISA

Y

PAULINA

AGRADECIMIENTOS:

Quiero hacer patente mis agradecimientos a mis padres, que con su ayuda hicieron posible el desarrollo de mis estudios. Al Ing. Cesar Obregón, Director de Tesis, al igual que al Ing. M. J. McDonel Codirector de Tesis. A la Cía. Consultores en Ingeniería Fluvio-marítima S. A., por haber dado la oportunidad de desarrollar este trabajo, así como a todo su personal por sus valiosos consejos y ayuda. Al Ing. Mario Rodríguez del Instituto de Geología de la U.N.A.M., por haber facilitado el tiempo de su laboratorio para el análisis de los sedimentos, y a todos aquellos que contribuyeron desinteresadamente para que este trabajo se llevara a cabo.

R E S U M E N :

Este trabajo trata de establecer, por medio de trazadores fluorescentes, un método para cuantificar la cantidad de transporte de los sedimentos en playas arenosas. Los trabajos efectuados se desarrollaron en el cordón litoral que separa a la Laguna de Agua Brava, Nay. del Oceano Pacífico.

Para lograr el propósito que este trabajo se propone, se estableció un método para el marcado de las arenas con material fluorescentes y, - los trabajos desarrollados se basaron en el método descrito por J. C. Ingle Jr.; tanto en la obtención de resultados cualitativos como cuantitativos.

Como resultado se obtuvo: El establecimiento de un método en el marcado de las arenas, factible de desarrollarse en México. La proposición de varios cambios en el método propuesto por Ingle y, en general, la obtención en una forma directa del valor de la cantidad de transporte litoral, en vez del método indirecto comúnmente utilizado, que se basa en fórmulas teóricas.

I N D I C E

	Pág.
LISTA DE FIGURAS	1
LISTA DE APENDICES	3
1.- INTRODUCCION	4
1.1.- Diferentes métodos en la investigación del transporte	4
1.1.1.- Métodos basados en investigaciones de laboratorio	5
1.1.2.- Métodos basados en investigaciones de campo	6
1.1.3.- Análisis comparativo en los métodos con trazadores	7
1.2.- Localización de área de trabajo	9
1.2.1.- Características generales e historia	9
1.2.2.- Clasificación del sitio	11
1.3.- Terminología usada	11
2.- PROCEDIMIENTOS DE LABORATORIO Y CAMPO	15
2.1.- El material trazador	15
2.1.1.- Características de los materiales - fluorescentes	15
2.1.2.- Tipos de resinas y colorantes	16
2.2.- Teñido de las arenas	16
2.2.1.- Localización de las resinas en el - mercado	17

	Pág.
2.2.2.- Selección de resinas y colorantes	17
2.2.3.- Procedimiento en el recubrimiento	22
2.3.- Trabajo de campo	23
2.3.1.- Inyección de las arenas fluorescen <u>tes</u>	23
2.3.2.- Métodos de muestreo	26
2.3.3.- Toma de las muestras	31
2.4.- Determinación y análisis de parámetros pla <u>yeros</u>	36
2.4.1.- Perfiles de playa	36
2.4.2.- Medida de corrientes	38
2.4.3.- Oleaje	41
2.4.4.- Vientos	43
2.4.5.- Granulometrías	44
3.- DISPERSION DEL MATERIAL TRAZADOR	49
3.1.- Análisis de las muestras	49
3.2.- Elaboración de los planos de dispersión	50
3.3.- Movimiento del material trazador a tra <u>ves del perfil de playa</u>	54
3.3.1.- Efecto en la variación de la corriente longitudinal y el oleaje	57
3.3.2.- Movimiento en la zona de vaivén	62
3.4.- Movimiento en una playa con perfil irregular	63
3.4.1.- Efecto de las barras	63
3.4.2.- Efecto de los pliegues	64
3.4.3.- Efecto de las corrientes de retorno	64

	Pág.
4.- CUANTIFICACION DEL ACARREO LITORAL A PARTIR DE PLANOS DE DISPERSION	66
4.1.- Generalidades	66
4.2.- Proporciones de gasto del material tra <u>z</u> ador	68
4.3.- Estimación de la velocidad promedio de los granos trazadores	73
4.4.- Profundidad de la capa móvil	76
4.5.- Cálculo de la cantidad de acarreo lito- ral	78
4.6.- Correlación del acarreo litoral con pará <u>u</u> metros de oleaje y sedimentos	80
5.- RECOMENDACIONES Y CONCLUSIONES	83
NOTAS	88
BIBLIOGRAFIA	92

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
1.- Plano general	10
2.- Terminología de un ambiente playero	12
3.- Terminología del sistema de corrientes costeras	14
4.- Curvas acumulativas del material coloreado	20
5.- Curvas acumulativas del material coloreado	21
6.- Recolectando material de la zona de estudio	24
7.- Pintado, secado y cernido de las arenas	25
8.- Material trazador empacado en bolsas de plástico	27
9.- Mediciones de campo	28
10.- Untado de vaselina en las tarjetas	30
11.- Muestreador con placa impresa	32
12.- Zona de muestreo con varillas indicadoras	32
13.- Muestreando el lecho de la playa	34
14.- Caja almacén y tablero con placas impresas	35
15.- A) Levantando perfiles playeros	37
B) Colocando el oleómetro	37
16.- Secciones playeras I	39
17.- Secciones playeras II	40
18.- Medición de corrientes costeras por medio de colorantes	42
19.- Gráficas acumulativas para: A) Duna, B) Estrán,	45
C) 2a. rompiente, D) 1a. rompiente	46
	47
	48

20.- Análisis de dispersión del material fluorescente I	52
21.- Análisis de dispersión del material fluorescente II	53
22.- Diagrama esquemático del movimiento de los granos	56
23.- Diagrama ilustrando el movimiento de los granos <u>ba</u> jo diferentes condiciones de oleaje	59
24.- Gráfica de perfiles de concentración I	60
25.- Gráfica de perfiles de concentración II	61
26.- Gráfica de gasto I	70
27.- Gráfica de gasto II	70
28.- Relación entre el espesor de la capa móvil y el diá metro medio de los granos	79

LISTA DE APENDICES

	Pág.
1.- Parámetros de sedimentos	100
2.- Valores obtenidos para la cantidad de granos fluorescentes por dm ² en las estaciones de muestreo	101
3.- Cálculo para la cantidad de granos contenidos	109
4.- Datos planimétricos	111
5.- Cálculo para la cantidad de material transpor- tado	113
6.- Correlación del transporte litoral con pará- metros de oleaje y sedimentos	114

1.- I N T R O D U C C I O N .

El principal objeto de esta tesis es el de establecer en México un método práctico para tratar de evaluar, cuantitativa y cualitativamente el acarreo litoral por medio de trazadores fluorescentes.

Este trabajo se realizó bajo la dirección de la compañía "Consultores en Ingeniería Fluvio-marítima" (1) y, como complemento a una serie de estudios que se están realizando, para determinar el lugar y la forma de abrir un canal de acceso directo entre la laguna de Agua Brava, Nay. y el Océano Pacífico. Estos estudios determinarán las características que deberá tener la boca, de tal manera que pueda funcionar sin problemas de azolves, proyectándose para ello, si fuera necesario, obras de protección que impidan el cierre de la misma. En el estudio se ha incluido, como un capítulo importante la determinación del acarreo litoral, pues este determinará los regímenes que prevalecen para la zona durante un ciclo anual (azolve, erosión, y cantidad de material en tránsito).

1.1.- Diferentes métodos en la investigación del transporte.

En el campo de la ingeniería de costas, siempre se ha buscado la mejor forma de evaluar correctamente el transporte litoral, dada su importancia en el diseño de las obras marítimas. Existen varios métodos utilizados hasta la fecha que proporcionan cierto grado de confiabilidad: Los procedimientos pueden ser de tipo teórico, con fórmulas que determinan el acarreo en base a datos estadísticos de oleaje y cier-

tos parámetros playeros o por medio de modelos. En forma aplicada, con espigones de prueba, trazadores radioactivos o trazadores fluorescences.

Como es conocido, el acarreo litoral en las costas está determinado por una gran cantidad de parámetros, los cuales varían de un tipo de costa a otro, y por lo tanto, la aplicación de un método dado puede resultar un poco incierto. En base a la experiencia y, como se acentuó en el XX Congreso Internacional de Navegación Rowe (26), la correlación de los resultados en la evaluación del acarreo, por los métodos teórico y práctico, proporcionarán una mejor estimación.

1.1.1.- Métodos basados en investigaciones de laboratorio.

Estos métodos como se mencionó, son: los basados en fórmulas matemáticas o en modelos a escala. El método por medio de fórmulas es el más generalizado, dada la fácil obtención de las variables para su aplicación. Este método parte de la conclusión de que el transporte litoral es una función de la energía del oleaje. Los primeros intentos para relacionar el transporte con las características de las condiciones meteorológicas, son debidas a Munch Petersen. Al ampliarse las investigaciones se expresó la relación del transporte con respecto a las condiciones del oleaje (amplitud, período, porcentaje de acción y ángulo de incidencia) lo cual fue propuesto por Larras (Laval, 41). El uso tradicional de este método requiere la determinación de levantamientos topográficos, aéreos, y de perfiles, datos de oleaje, análisis de diagramas de refracción, mediciones de corrientes, muestreo de sedimentos,

determinación de salinidad, etc. La otra consideración en este inciso, es la determinación del acarreo por medio de modelos experimentales. - Los más usuales son los tanques de olas con fondo móvil, en estos, se puede reproducir y hasta cambiar las variables que intervienen en los procesos costeros. Por lo tanto, son de gran ayuda en investigaciones puras, pero no tanto así en las aplicadas, pues es sumamente difícil el reproducir todas las variables de un lugar en específico. Sin embargo, se han realizado evaluaciones de transporte litoral por medio de modelos, y complementados ya sea con trazadores de algún tipo o por mediciones directas de erosiones y azolves.

1.1.2.- Métodos basados en mediciones de campo.

Muchos intentos se han realizado en el campo para determinar el acarreo litoral, tanto cualitativa como cuantitativamente. La forma más confiable para determinaciones cuantitativas, es por medio de evaluaciones - de la cantidad de material atrapado por barreras naturales o artificiales a lo largo de la costa. Para estudios cualitativos se incluyen a - los trazadores radioactivos, trazadores a base de minerales naturales y trazadores fluorescentes.

Una de las técnicas más populares en los últimos años ha sido el empleo de trazadores radioactivos, los cuales han incluido una gran variedad de tamaños en sedimentos. Algunos de estos estudios han usado vidrio conteniendo o cubierto con un isótopo activado (Inose et al., 1956; Arlman et al., 1958, 1960; Algerian Center of Marine Geology and

Sedimentology, 1962; Cummins e Ingram, 1963), mientras que otros emplearon sedimento natural, al cual lo irradiaron por absorción (Kidson -- et al., 1958), también se ha usado el material natural de un lugar para realizar el rastreo (Kamel, 1962); sin embargo, los mejores resultados se han obtenido por medio de isótopos de fósforo activado en arenas de cuarzo (Goldberg e Inman, 1955 y Chamberlain, 1959), (en Ingle, 9).

El método de trazadores fluorescentes, tema de esta tesis, es uno de los métodos más recientemente desarrollados. Como su nombre lo indica, se basa en el rastreo de arenas fácilmente identificables, que previamente son depositadas en un lugar clave de una red de estaciones dadas. Este método se empezó a investigar y a utilizar en la década de los cincuentas, con gran adelanto en los últimos 8 años. Publicaciones Rusas fueron las primeras en aportar las técnicas empleadas en el marcado de granos con colorantes fluorescentes, (Medvedev y Aibulatov, 1956), con grandes aportaciones también del ruso Zenkovitch, 1962. Posteriormente se realizaron investigaciones en Inglaterra (Russell, 1962; Jolliffe, 1961, 1963; Reid y Jolliffe, 1961; Inman y Bowen, 1963), en Alemania con (Griesseir, 1959, 1960, 1962; Seibold, 1963), en los Estados Unidos (Ingle, 1959, 1961, 1963; Writhe, 1962; Yasso, 1962; Brown, 1962; Teleki, 1963) y en otros países como la India y Polonia (en Ingle, 9).

1.1.3.- Análisis comparativos en los métodos con trazadores.

Las técnicas con radioactivos presentan solamente dos ventajas, que son:
1) el método es aplicable a todos los tamaños de material y, 2) es po-

sible detectar el material trazador en cualquier estado de mar y aún - cuando haya sido enterrado (Ward y Sorensen, 23). Sin embargo, presenta muchas desventajas: 1) en muchas ocasiones el grado de radioactividad es peligroso para la salud y su uso está prohibido para lugares públicos, 2) los materiales artificiales (como vidrio, etc.) son raramente equivalentes al material del sitio desde el punto de vista hidrodinámico, 3) el uso de material del lugar requiere una preparación muy lenta y un período largo de enfriamiento después del bombardeo en la pila atómica, 4) el costo de esta técnica es alto (Ingle 9).

En cambio, la técnica con material fluorescente, presenta grandes ventajas y muy pocas desventajas. Las ventajas sobre el método de radioactivos son: 1) arena, gravas e inclusive cantos rodados, procedentes del lugar de estudio, pueden ser marcados fácilmente, 2) la mayoría de los colorantes empleados no presentan problemas legales o peligro para la salud, 3) se pueden usar diferentes colores para hacer pruebas sucesivas en el mismo sitio o para diferenciar el movimiento de granos diferentes en tamaño, 4) la resistencia a la abrasión de la resina puede ser calculada para que la fluorescencia permanezca por solo unos días o por años, 5) el costo del marcado es sumamente bajo, 6) el marcado puede hacerse en cualquier parte e inclusive desarrollarse en la playa -- (sitio de estudio), 7) el tiempo de marcado es corto, 8) las arenas a marcar no necesitan, en la mayoría de los casos, una preparación previa más que secarlas, 9) la sensibilidad de esta técnica es de un grano fluorescente por cada 1×10^6 granos sin marcar, lo cual es equivalente al método por trazadores radioactivos y, 10) el colorante no afec

ta las características hidrodinámicas del grano.

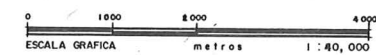
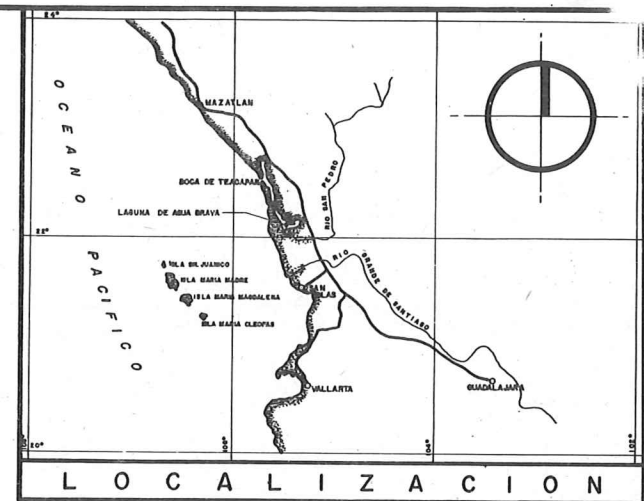
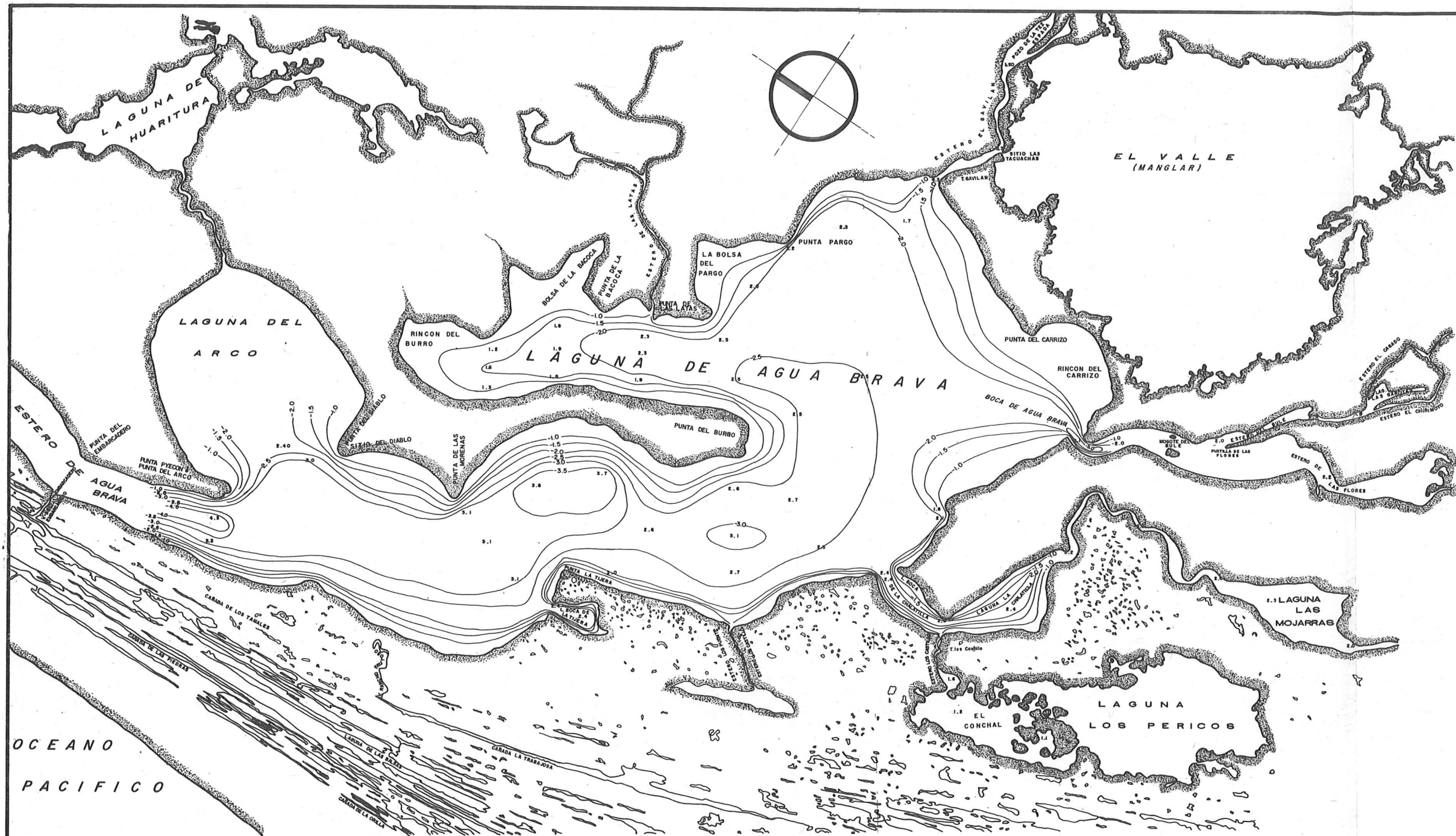
1.2.- Localización del área de trabajo.

La Laguna de Agua Brava, se localiza entre las latitudes $22^{\circ}00'$ N y $22^{\circ}15'$ N, en la planicie costera del Estado de Nayarit. Hacia el norte se conecta con el Estero de Teacapán por medio del Estero de Agua Brava y con la Laguna de Huaritura; al Sur está en comunicación con las Lagunas Vergeles, Zopmiapan, Chalatilla y Pericos (fig. 1).

El sitio específico de estudio forma parte del cordón litoral que separa a la Laguna del mar. Este abarca una extensión de 2 kilómetros aproximadamente, con un eje central denominado "eje Cuautla" y que es el - propuesto para la apertura del canal, su localización se muestra en la figura 9.

1.2.1.- Características Generales e Historia.

La planicie costera del Estado de Nayarit, entre la desembocadura del Río Santiago y Teacapán, está formado por una serie de lagunas y lagunetas localizadas en la planicie de inundación de los ríos de la zona, limitadas, del lado del mar, por un sistema complejo de dunas arenosas que muestran el avance de la línea de playa hacia el mar, llegando a existir hasta 280 de estas dunas, originadas por procesos sucesivos de emersión durante épocas geológicas en que las condiciones del oleaje - incidente lo han permitido. La distancia de cresta a cresta de las dunas varía de 15 a 200 m. teniendo las dunas interiores elevaciones máximas de 2 M sobre el nivel medio del mar y depresiones no menores de



NOTAS:

- Profundidades en metros referidas al Nivel Medio del Mar.
- El norte considerado es el astronómico.
- Batimetría tomada del plano "0" de Acaponeta, Nayarit de la Secretaría de Recursos Hidráulicos.

PLANO GENERAL
LAGUNA DE AGUA BRAVA, NAY.

0.50 M. bajo el mismo nivel. La duna exterior o sea la que está en contacto directo con el mar es la más alta teniendo localmente alturas de 4 M.

Los perfiles geológicos de la parte que separa a la laguna del mar, - muestran las características físicas mencionadas antes y en ellos puede observarse que a profundidades del orden de 15 M. se tienen estratos de arena y lodo que contienen capas abundantes de turba y concha, mientras que a 10 M. de profundidad y en contacto directo con el mar existe una zona bastante bien definida de limos arcillosos y arcillas limosas, sobre lo cual y constituyendo el material superficial se encuentran capas sucesivas de arena litoral que localmente contienen conchas, piedra pomez, turbas y deshechos de madera. (Ayala-Castañares, et.al.,32).

1.2.2.- Clasificación del sitio.

El lugar de estudio es una playa arenosa, con una distribución, en el material, bien clasificada ($\sigma = 0.35$ a 0.50 - Folk, 33; ver apéndice No. 1). La pendiente es suave 1:36 y con una barra submarina bien definida a lo largo de la línea de playa. La zona de rompientes presenta dos frentes, y en ocasiones hasta tres, bien definidos.

1.3.- Terminología usada.

La terminología usada en este trabajo está basada en la establecida por Wiegel (24) y King (13). Como está descrito en la figura 2, el término playa considera a la zona de rompientes (primera rompiente y segunda -

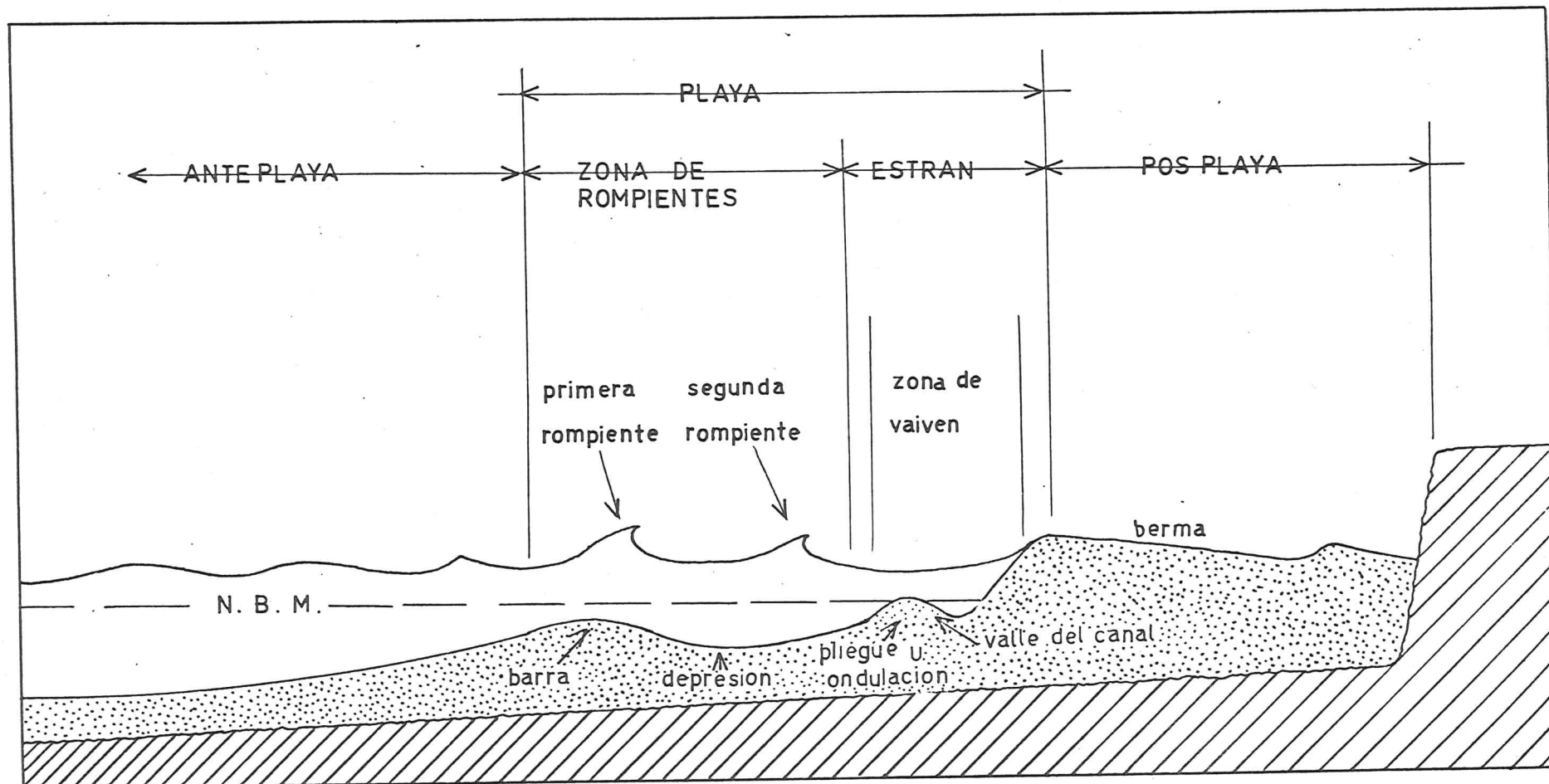


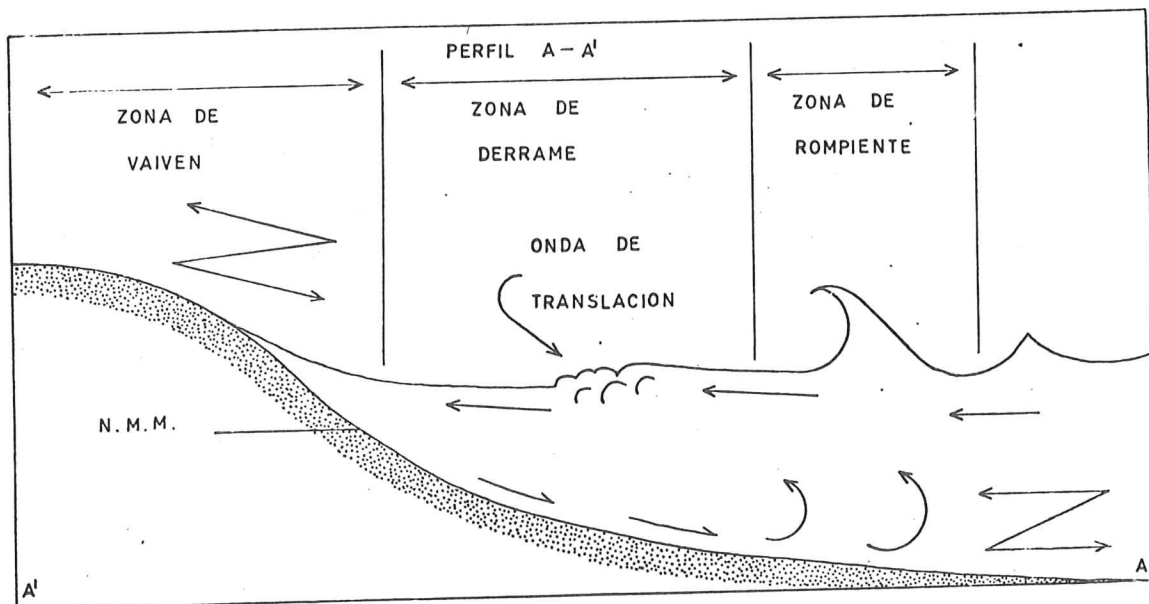
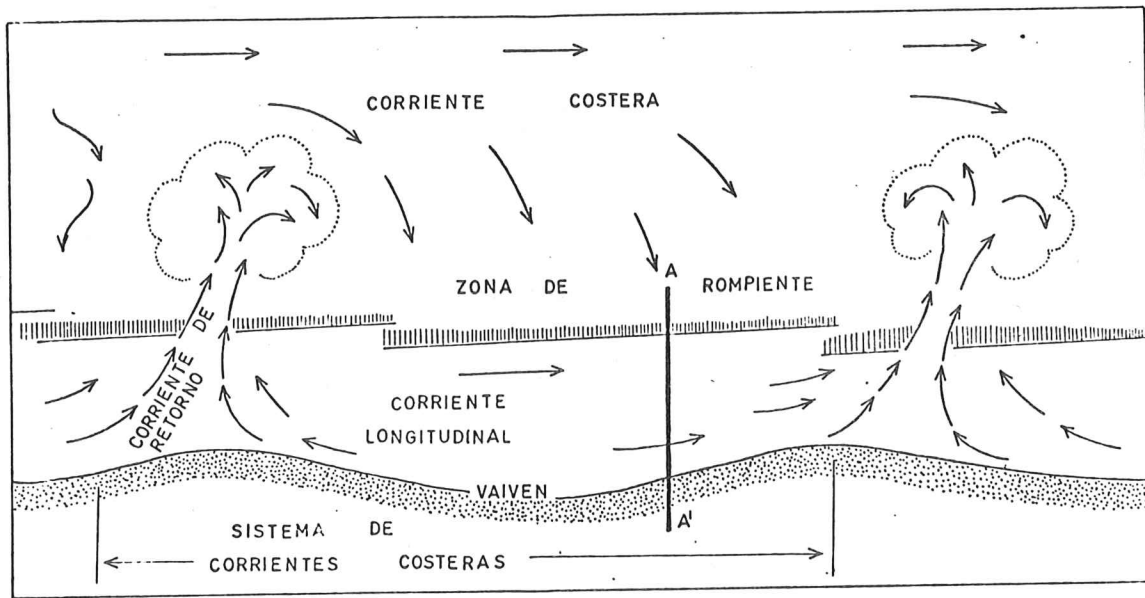
FIGURA No. 2

Terminología de un ambiente playero. N.B.M. = nivel de bajamar (Wiegel, 24)

rompiente) y a el estrán (desde las líneas de marea más alta, hasta la más baja). La posplaya es la zona sobre el límite de acción de la zona de vaiven en la marea más alta; es por lo tanto, influenciada solamente en casos muy excepcionales por el oleaje, y está caracterizada por la presencia de dunas arenosas o marismas. La anteplaya se extiende de la primera rompiente hasta donde cese el transporte de material.

La terminología del sistema de corrientes costeras adoptada, es la establecida por Shepard e Inman (17) y los principales términos son representados en la figura 3. Existen tres principales zonas dinámicas en un perfil playero: 1) la zona de vaiven, 2) la zona de derrame y, 3) la zona de rompientes. La presencia o anchura de la zona de derrame es una función primordial de la pendiente y de la fase de marea. La corriente longitudinal se desarrolla dentro de la zona de derrame y su magnitud es en parte una función de su ancho y profundidad.

En la zona de vaiven el movimiento de las masas de agua, y por tanto de los rendimientos es en el clásico zig-zag..



Terminología del sistema de corrientes costeras. Cada sistema individual comienza y termina con un flujo de agua hacia el mar, producido por las corrientes de retorno.
 Las flechas indican la dirección del movimiento del agua. N. M. M. = nivel medio del mar (Shepard e Inman, 17).

2.- PROCEDIMIENTOS DE LABORATORIO Y CAMPO.

2.1- El material trazador.

Probablemente el factor más importante en la determinación del acarreo litoral por medio de trazadores fluorescentes, es el tipo de material trazador usado. Muchos han sido los intentos para producirlos, tanto artificiales como naturales. En Inglaterra se ha generalizado el uso de materiales artificiales como concreto (triturado e igualado al natural del sitio), pero en general el uso de material natural, es más común.

2.1.1.- Características de los materiales fluorescentes.

Teleki (21) describe a los trazadores fluorescentes como partículas clásticas cubiertas con sustancias orgánicas o inorgánicas, las cuales al excitarse con un rayo ultravioleta de una longitud de onda de $3650\text{\AA}$ ó $2537\text{\AA}$, emiten fluorescencia en la región visible del espectro- lo cual da una idea clara de una de las condiciones en que éste método se basa. Otro requerimiento muy importante, es que el material a usar, tenga las mismas características físicas del material "in situ" con el cual se va a mezclar; siendo así parte integral del sustrato, dispersándose en una forma análoga, es decir, como señala Teleki (21), el material trazador no se deberá distinguir del natural, excepto por su luminiscencia. Por último, es importante que los granos sean fácilmente identificables; por lo menos que se distinga uno de entre - -

1×10^6 de granos sin marcar.

2.1.2.- Tipos de resinas y colorantes.

Como se ve, el colorante y la resina a usar son un factor determinante en el buen desarrollo del método, y por lo tanto se tiene que tomar su mo cuidado en su elección. En el mercado mundial existen por lo menos 100 colorantes que fluorescen en solución líquida (Colour Index; Society of Dyers and Colourers, 1956 en Teleky 21) y una cantidad indefinible de resinas que se pueden usar con este propósito. Un trabajo excelente, donde se analizan colorantes y resinas desde el punto de vista de sus estructuras químicas, es el desarrollado por Teleki (21) y, en el cual se presenta una selección de los productos que poseen las mejores características para usarse con este método.

2.2.- Teñido de las arenas.

Existe una amplia variedad de procedimientos y fórmulas desarrolladas, para cubrir el material destinado a usarse como trazador. Una selección de éstos ha sido recopilada por Ingle (9), el cual resume las mejores técnicas. Al revisarse la literatura existente sobre el uso de trazadores fluorescentes, se puede observar que muchos autores no han podido aplicar alguno de estos procedimientos; ya sea, por la inexistencia de los componentes necesarios en el lugar de aplicación (Ingle, 9), o debido sencillamente a que el método no funciona con el tipo de material usado, como sucedió en el trabajo desarrollado por Ward y Sorensen ² - (23).

Investigadores como Inman, Ingle y Komar, coinciden en que ésta parte - del trabajo la desarrolle una compañía más capacitada con el equipo y conocimiento necesario. El Dr. Inman acentúa (en conversación personal) que las compañías más capacitadas son las dedicadas al pintado de grava para acuarios, pero que éstas, siempre guardan en secreto la forma de producirlas.

2.2.1.- Localización de las resinas en el mercado.

Tomando como experiencia lo anteriormente anotado, se buscó en primer - lugar, una compañía que pudiera realizar el trabajo, sin que se tuviera éxito. Como segunda posibilidad, se estudiaron algunas fórmulas existentes para aplicarse, pero esto no fue posible dada la carencia, de los componentes necesarios en el mercado de la Ciudad de México. En tercer lugar y como última posibilidad, se analizó el trabajo desarrollado por Teleki (21), el cual sirvió de base para recurrir a algunas compañías - dedicadas a la producción de resinas y colorantes, para escoger entre - sus productos algunos que cumplieran con las características requeridas.³

2.2.2.- Selección de resinas y colorantes.

Después de analizar las posibilidades de las resinas disponibles en el mercado, se obtuvieron dos tipos de resinas diferentes, de la clase de los termoplásticos; una acrílica⁴ soluble en agua y otra polivinílica⁵ soluble en alcohol; una pintura fluorescente⁶, de tipo comercial y, por último, dos colorantes⁷, distintos en pigmento. Con estos componentes, se obtenían tres diferentes productos capaces de ser utilizados en el

recubrimiento de las arenas. Dichos productos los denominamos: la resina con base en agua, la resina con base en alcohol y la pintura.

Con estos tres productos se buscó una fórmula adecuada, la cual cumpliera con los requisitos anteriormente mencionados, para lo cual, se consideraron varias de las fórmulas existentes, teniendo así un punto de partida con lo que respecta a las proporciones de mezclado. Hecho esto, y después de varios intentos, se obtuvo una fórmula para cada una de las resinas, la cual a simple vista era satisfactoria.

Las arenas marcadas con dichas fórmulas se sometieron a varias pruebas de laboratorio para determinar las características de la capa formada. Estas pruebas son: 1) Determinación del espesor de la capa de recubrimiento, por medio de granulometrías determinadas, a través del tubo de sedimentación de Emery. 2) Observación en el microscópio petrográfico. 3) Exposición de las arenas a fuerzas capaces de distribuir las. 4) Resistencia a la abrasión y a la solubilidad.

Al ejecutar la primera de las pruebas en cada una de las muestras de arena marcada y sacar curvas acumulativas, se observó, al correlacionarlas con la curva de arena sin marcar, que el espesor de la capa formada fue excesivo. (Fig. 4). Para la muestra con solvente en alcohol de 0.015 mm. y para la muestra con solvente en agua de 0.043 mm. Para la muestra con pintura la prueba fue satisfactoria (0.007 mm.), pero presentaba una gran resistencia a humedecerse⁸, debido probablemente a la grasa procedente de los componentes de su solvente; razón por la cual se siguió trabajando únicamente con los productos restantes.

Así se desarrollaron nuevas fórmulas para estos productos, calculando una concentración menor de resina para una mayor cantidad de arena. Al volver a ejecutar nuevas pruebas de velocidad de sedimentación, se encontró que la capa formada por la resina con solvente en alcohol era de 0.006 mm. y, en la resina con solvente en agua de 0.037 mm. (fig. 5), por lo tanto se decidió seguir trabajando únicamente la resina con solvente en alcohol. Este material pasó todas las demás pruebas satisfactoriamente e inclusive se llegó a realizar una inyección de 130 Kg. de trazador y a coleccionar un ciclo de muestreos; pero se encontró que los granos pintados no se distinguían lo suficiente al exponerlos bajo la lámpara de rayos ultravioleta. Al investigar la causa, se concluyó, que la débil fluorescencia se debía a que los constituyentes de la resina opacaban la fluorescencia del colorante en forma considerable.

Con esta experiencia en mente, se consideró usar la pintura⁹, como material para marcar las arenas, no sin antes someter a las arenas pintadas a un lavado con detergente para eliminar el exceso de grasa anteriormente mencionado. Con éste problema resuelto, se procedió a realizar una serie de pruebas complementarias. Al analizarlas al microscopio, se encontró que un porcentaje muy alto de granos estaban cubiertos y que únicamente en el contenido de minerales no se adhería la resina.

Para la siguiente prueba, se depositó en una charola arena sin marcar y marcada bien homogenizada en una proporción de 3:1; dicha charola se sumergió en un depósito de agua, con el fin de producir un movimiento rítmico al fluido durante una hora, y exponer la arena a un esfuerzo. Después

FIGURA No. 4

Curvas acumulativas determinadas a partir del tubo de sedimentación de Emery; para arena sin colorear y para arena coloreada con tres diferentes tipos de resina fluorescente. El análisis indica que el material recubierto con pintura, es similar en sus propiedades hidrodinámicas al material sin teñir.

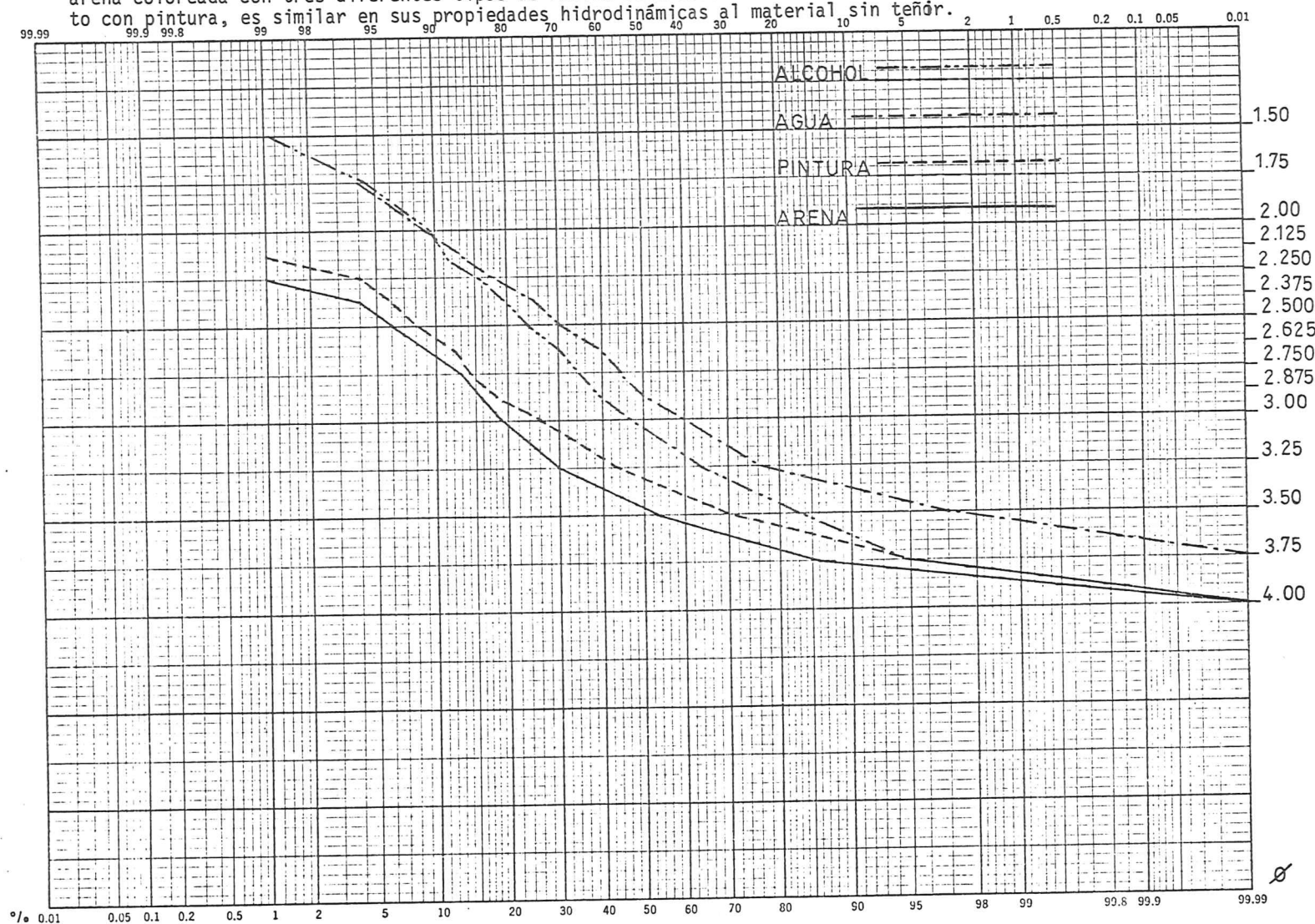
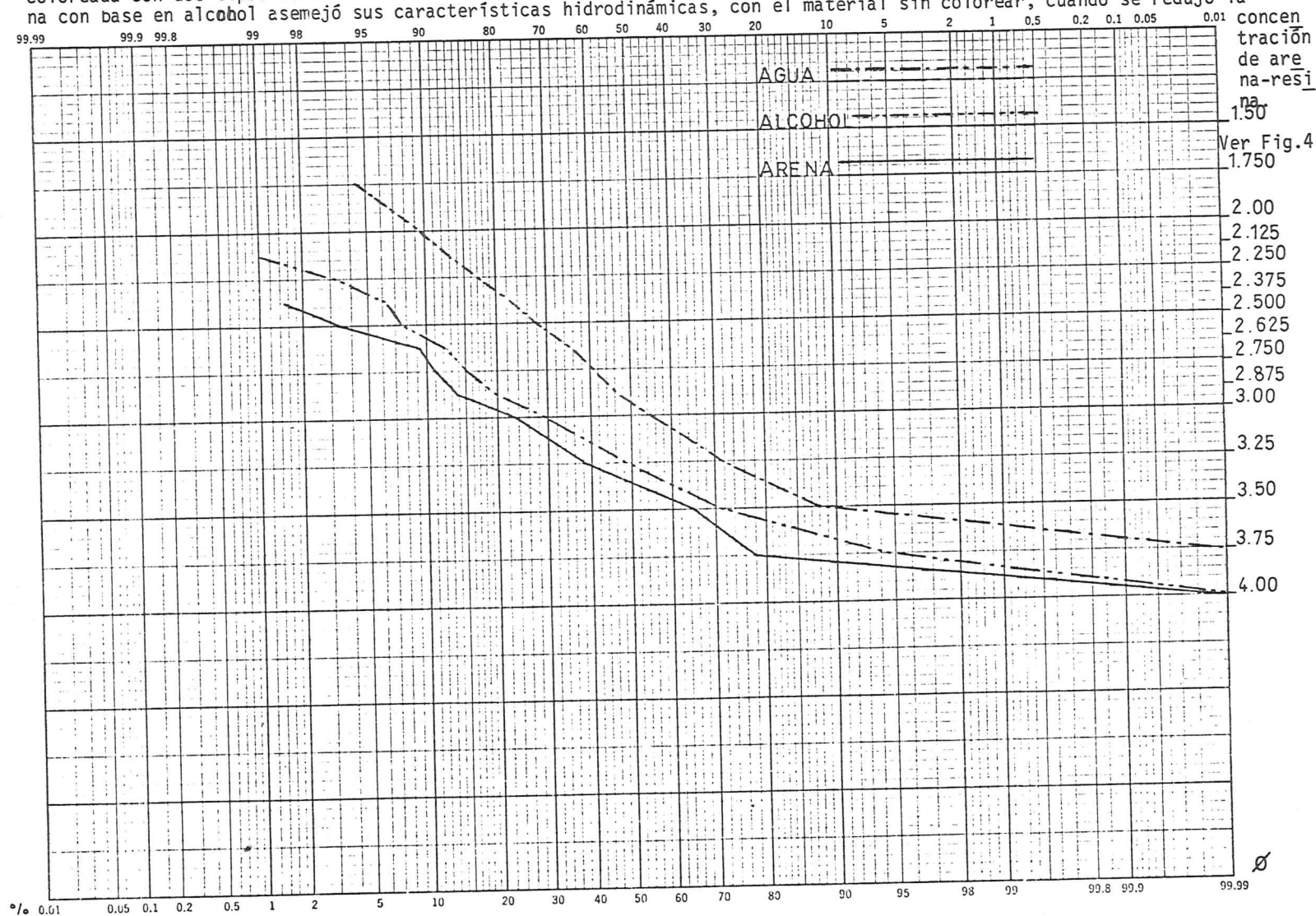


FIGURA No. 5

Curvas acumulativas determinadas a partir del tubo de sedimentación de Emery; para arena sin colorear y para arena coloreada con dos tipos diferentes de resina fluorescente. El análisis indica que el material recubierto con resina con base en alcohol asemejó sus características hidrodinámicas, con el material sin colorear, cuando se redujo la



de la hora se observó la superficie de la arena bajo la luz de la lámpara y se determinó que no existían concentraciones notables de arena marcada, con esto, se demostraba que tanto la arena sin marcar, como la -- marcada, se comportaban igual al exponerse a un esfuerzo. Con respecto a la prueba de abrasión y solubilidad, la muestra se depositó en un frasco con agua de mar y se agitaba cada hora (dentro de lo posible) durante dos días, sin observarse un desteñimiento considerable de la arena; con lo que se aseguraba que el material no perdería su fluorescencia antes - de terminar el ciclo de muestreos.

2.2.3.- Procedimiento en el recubrimiento.

El procedimiento que se siguió para cubrir la arena con la capa fluorescente, es el siguiente: Primero se tomaba una cantidad determinada de -- arena de diferentes puntos localizados a lo largo del perfil de playa. - Este material se dejaba secar al sol sobre tiras de plástico, operación que tardaba aproximadamente dos días para 150 kg. de arena bien esparcida y removiéndola cada 1/2 ó 1 hora. Una vez seca, se tomaban 10 kg. y se depositaban en una tinaja (40 lt. de capacidad) para posteriormente vaciar 2.4 lts. de pintura rebajada en una proporción de una parte de - pintura por tres de aguarrás. La mezcla arena-pintura, se revolvía con las manos hasta observarse que todos los granos estaban pintados. Logrado esto, se depositaban las arenas nuevamente al sol sobre las tiras de plástico, procediendo de la misma manera que en la arena sin pintar, durante esta operación dos días. Seca la pintura, la arena marcada se pasaba por un tamiz (# 23; 1.17 mm.) con el fin de separar la conchilla y

grumos¹⁰ que se formarán durante el pintado. Finalmente se pesaban 10 - Kgms. de material y se empacaban en bolsas de plástico, quedando así, - listo para la inyección. (Figs. 6 y 7).

2.3.- Trabajo de campo.

En este inciso describiremos la forma como se llevaron a cabo los trabajos indicados. Estos se desarrollaron en el segmento de playa ya descrito en el inciso 1.2. Los trabajos de campo se realizaron en dos ocasiones; una en octubre de 1972 y otra en diciembre del mismo año. El proceso de recubierto de las arenas se desarrollo cerca del lugar de prueba, para así asegurarse el usar el tamaño de granos predominante para la época de la inyección; ya que, el diámetro medio de los granos a lo largo de un perfil de playa cambia con el tiempo (Ingle, 9).

2.3.1.- Inyección de las arenas fluorescentes.

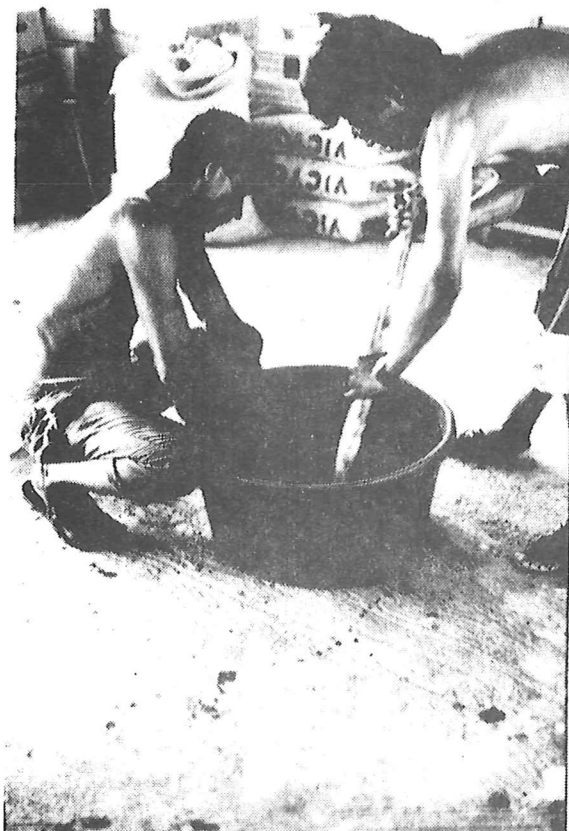
Existen diferentes formas de inyectar el material trazador; como el desparramar simplemente el material sobre una zona dada en el estrán - - (Stuiver y Purpura, 19), el uso de bolsas de plástico solubles en el - agua (Bruun, 2), o por medio de diferentes aparatos utilizados en inyecciones de material radioactivo.

La forma de inyección, en las dos ocasiones, se hizo por medio de bolsas de plástico, con 10 Kgms. de material trazador. Dicho material fue previamente lavado, con el fin ya indicado, y además para humedecerlo y dejarlo en las mismas condiciones en que se encuentra el material del. --

FIGURA No. 6



Recolectando material de la zona de estudio, para pintarse posteriormente. El material se recolectó a lo largo del perfil de playa para asegurar que el material a inyectar contubiera el mismo rango en granulometrías que el existente en la playa.



El material recolectado, se secaba, se pintaba, se seca
ba nuevamente y se cernia, para separar la conchilla.

sitio (Fig. 8). Las bolsas fueron depositadas directamente en la superficie del lecho y a un tiempo dado se cortaron todas, procurando no poner en suspensión el material. Esto es importante, pues los granos de arena comunmente no son transportados por saltación a gran altura de la superficie del lecho. Por lo tanto, si se pone en suspensión el material, éste sería transportado a una velocidad anormal hasta que alcanzara a sedimentarse nuevamente.

En la primera inyección (octubre 7, 1972) se utilizaron 40 Kgms. de material pintado de rojo mercurio, distribuido en la forma siguiente: 10 Kgms. en el estrán, 10 Kgms. en la 2a. rompiente, 10 Kgms. en la zona de derrame y 10 Kgms. en la 1a. rompiente. En la segunda (diciembre 15, 1972) se inyectaron 40 Kgms. de rojo cereza en el estrán y 40 Kgms. de verde brillante en la 1a. rompiente. Los puntos de inyección (Fig. 9), están localizados al principio de la red de estaciones con respecto al sentido de la corriente longitudinal.

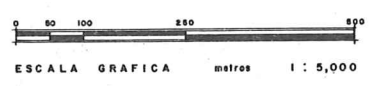
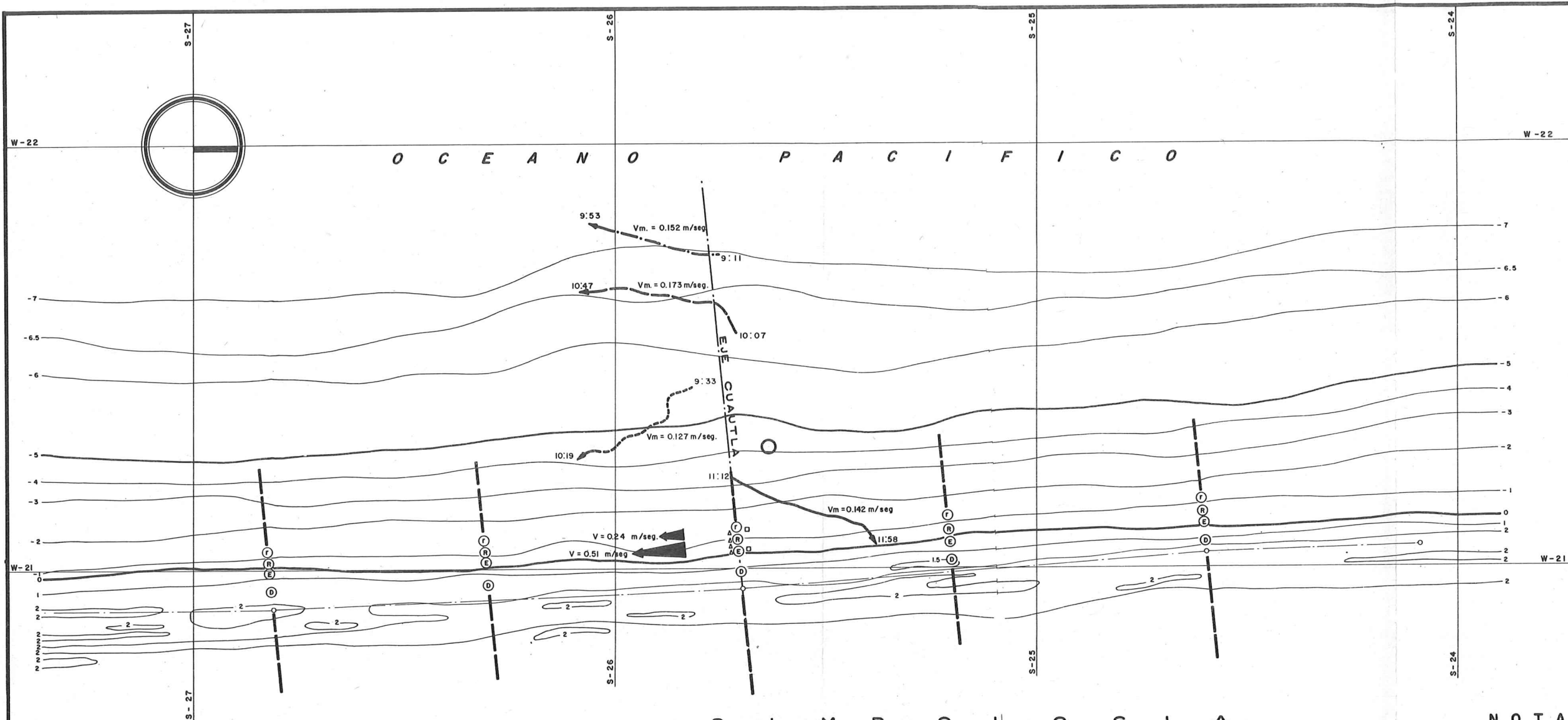
2.3.2.- Métodos de muestreo.

A través de los trabajos efectuados con trazadores, podemos encontrar varios métodos desarrollados de muestreo; como pequeñas dragas Petersen, rastras, o por observación directa de la superficie de la playa con la lámpara de rayos ultravioleta. Pero probablemente los de mayor éxito, son los que toman la muestra con un volumen constante: como pequeños cilindros de metal que penetran en la arena siempre a una profundidad dada (Komar, 28) o el sistema de trajetas cubiertas con vaselina (Ingle, 9).

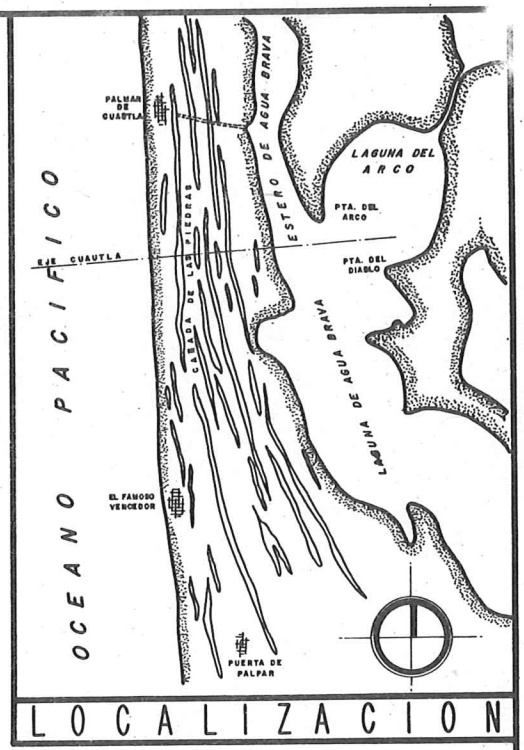
FIGURA No. 8



El material coloreado se depositaba en bolsas de plástico y se humedecía con agua de mar y detergentes; quedando así listo para la inyección.



- S I M B O L O G I A**
- SECCION DE CONTROL.
 - ➡ CORRIENTES CON COLORANTES EN ROMPIENTE.
 - ➡ CORRIENTES EL 15 DE DICIEMBRE DE 1972.
 - ➡ CORRIENTES EL 16 DE DICIEMBRE DE 1972.
 - ➡ CORRIENTES EL 7 DE OCTUBRE DE 1972.
 - ➡ CORRIENTES EL 8 DE OCTUBRE DE 1972.
- MUESTREO DE MATERIAL SOLIDO**
- ⊙ DUNA.
 - ⊙ ESTRAN.
 - ⊙ 1ª ROMPIENTE.
 - ⊙ 2ª ROMPIENTE.
 - △ PUNTO DE SIEMBRA DE MATERIAL FLUORESCENTE (7 DE OCTUBRE DE 1972).
 - PUNTO DE SIEMBRA DE MATERIAL FLUORESCENTE (15 DE DICIEMBRE DE 1972).
 - OLOMETRO.



- NOTAS:**
- La batimetría corresponde a la realizada por la S.R.H. los días 21 y 22 de Septiembre de 1972.
 - Las corrientes son superficiales y se midieron con flotadores libres y colorantes.
 - Los resultados obtenidos de las mediciones de campo se anexan en la memoria general.
 - El nivel de referencia de la batimetría es el "0" de Acaponeta establecido por la S.R.H. que se encuentra a + 0.293 m. sobre el Nivel Medio del Mar.
 - El norte considerado es el astronómico.
 - Aotaciones en metros excepto donde se indica otra unidad.

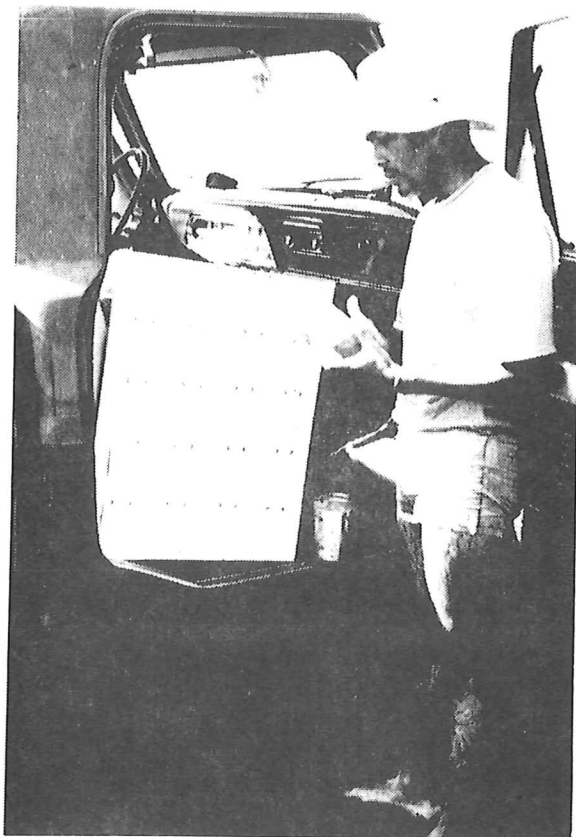
MEDICIONES DE CAMPO
LAGUNA DE AGUA BRAVA, NAY.

El método usado en este trabajo es el descrito por Ingle (9), que es el basado en tarjetas cubiertas por vaselina. Este método consiste en tener una serie de tarjetas, con área conocida, untadas por un lado de vaselina sólida. (Fig. 10). Las tarjetas se sujetan por medio de ligas a un muestreador, que consta de una base colocada a una estaca. Dicho muestreador funciona simplemente presionándolo sobre la superficie de la arena, quedando así "impreso" sobre la tarjeta, un área constante de una muestra de material. (Fig. 11).

Las tarjetas se enumeraban al reverso, con un plumón indeleble (carter no. 877) y se untaban de vaselina con la mano. En este procedimiento se tomaba mucho cuidado, dado que, si la capa untada era muy delgada la "impresión" de material resultaba demasiado delgada y poco uniforme y, si al contrario ésta era muy gruesa, la "impresión" presentaba fuertes concentraciones y la detección de los granos fluorescentes se dificultaba. Otro problema que se presentó en la vaselina fue que debido a las altas temperaturas existentes en la región, ésta se ablandaba demasiado, ocasionando que al sacar el muestreador del agua se lavara la muestra "impresa"; este problema se resolvió, transportando las latas de vaselina en una hielera.

Después de cada tarjeta era enumerada y untada de vaselina, se colgaban en un tablero por medio de armellas abiertas. Cada uno de los tableros construidos se diseñaron para colgar 20 tarjetas. El tablero funcionaba convenientemente para transportar las tarjetas al punto de muestreo. - (Fig. 10).

FIGURA No. 10



Las tarjetas muestreadoras se untaban con una capa de vaselina que no fuera ni muy gruesa ni muy delgada. Posteriormente se colocaban en el tablero en orden de muestreo.

El número y arreglo de las estaciones de muestreo no era decidido sino hasta que la dirección e intensidad de la corriente litoral se conocía, operación que se hacía poco antes de cada prueba. Una vez determinadas las estaciones de muestreo, se fijaban por medio de varillas enterradas en la playa con una bandera anaranjada en la punta para su fácil identificación. Dichas varillas se ponían solamente en las dos primeras estaciones de cada transecto; localizando las demás por medio de una cuerda y alineándose con las dos varillas iniciales (Fig. 12).

En la primera inyección, se usaron tarjetas de fibra de vidrio de 12 x 12 cm., con una área interior marcada de 1 dm². Esto se hizo con el fin de que las ligas que sujetan la placa no interfirieran con la zona de "impresión", además de facilitar los cálculos al estimar el área impresa. Con esta disposición en el tamaño de las placas, se observó que las "impresiones" eran muy irregulares. Esto se debía a que las placas por su gran tamaño no asentaban uniformemente en el lecho, dadas las irregularidades del mismo. En base a esto, en la segunda inyección se usaron tarjetas cortadas a 8 x 8 cms. de cartón ilustración sin delinearse ningún área interior, y se usaron ligas más delgadas. Con esto, se obtuvo una mayor uniformidad en la "impresión" (Ver apéndice # 3 en las estimaciones del área "impresa").

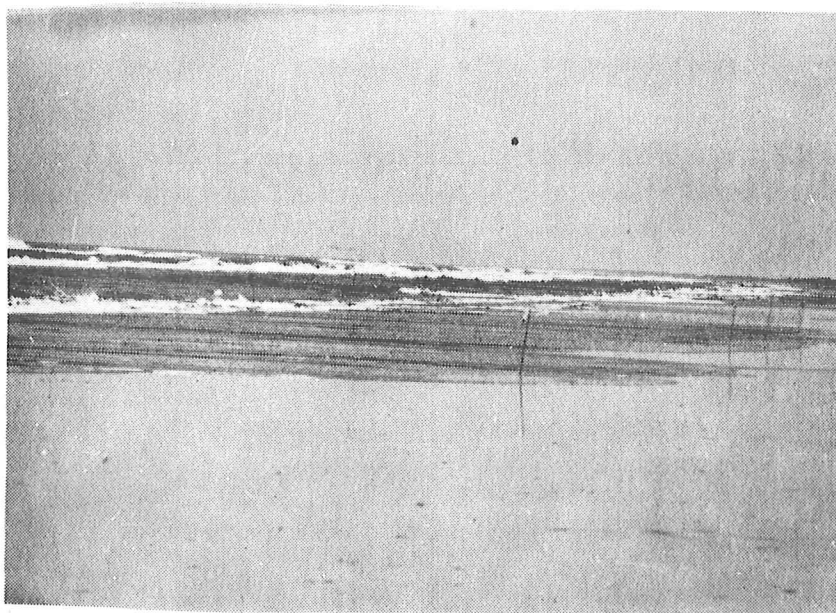
2.3.3.- Toma de las muestras.

Por lo general se necesitaron cuatro personas para realizar la toma de muestras. Una manejaba el muestrador, otra preparaba el muestreador, - cambiando las placas untadas con vaselina y colocando las impresas en



Muestreador con una placa impresa

figura No. 12



Zona de muestreo con varillas indicadoras

el tablero; otra que cargaba el tablero hacia las estaciones y, una última que se encargaba de manejar la cuerda para localizar los puntos de muestreo (Fig. 13).

Conforme las placas iban siendo "impresas", se reemplazaban del tablero por unas nuevas para fijarse en el muestreador. Para evitar confusiones las placas se ordenaban en el tablero en la secuencia en que se iba a muestrear, en vez de ordenarlas numéricamente. Las placas se marcaban con un número inicial que correspondía al ciclo de muestreo en desarrollo, una letra indicando el transecto y, un número final correspondiente a la estación para dicho transecto (Apéndice # 2). El número de estaciones dentro de la zona de muestreo fue de 28 para la primera prueba, cubriendo un área de 38,250 M2 y en la segunda de 40 con un área de - - 39,000 M2. Todas las estaciones, para un ciclo de muestreo, se muestreaban aproximadamente en 45 minutos, dependiendo de las condiciones del oleaje y de la capacidad de las personas del equipo para moverse en la zona de entre rompientes.

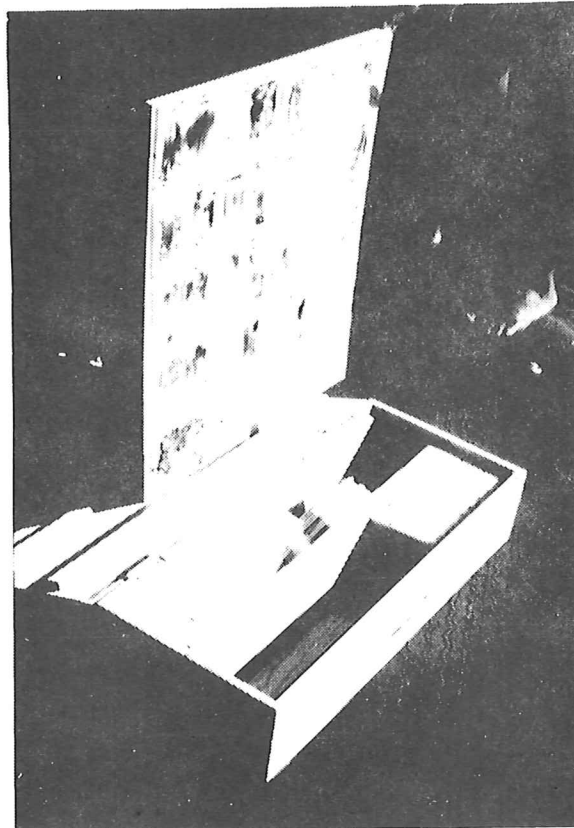
La primera recolección de muestras o ciclo, se empezaba aproximadamente una hora después de haberse hecho la inyección. Al terminar el primer ciclo se dejaba pasar de 45 min. a una hora para empezar el siguiente y así consecutivamente. El tiempo entre ciclo y ciclo se empleaba para marcar y engrasar las tarjetas y para medir la corriente longitudinal. Al final de cada ciclo, las placas "impresas" se depositaban en una caja fabricada expresamente para este propósito (Fig. 14).

FIGURA No. 13



Muestreando el lecho de la playa

FIGURA No. 14



Caja almacén y tablero con placas
impresas.

2.4.- Determinación y análisis de parámetros playeros.

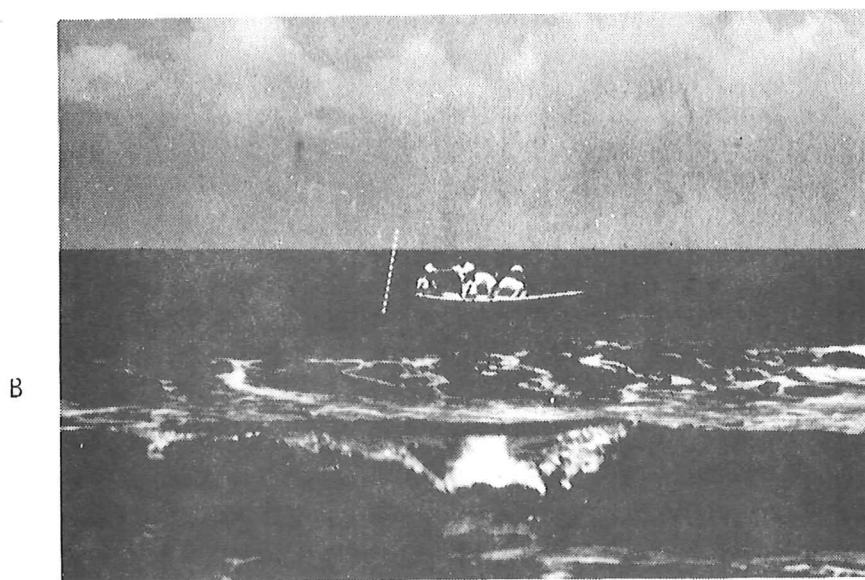
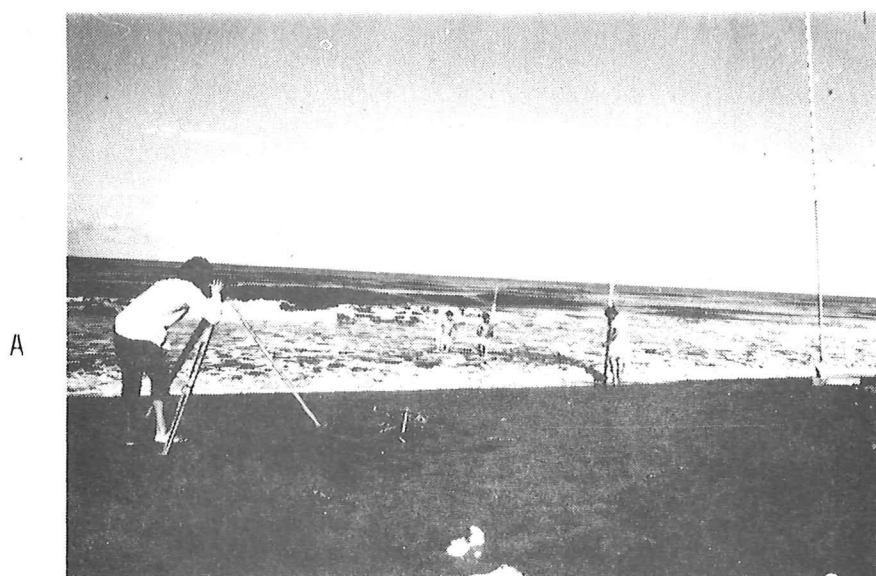
Para poder interpretar adecuadamente el resultado de la trayectoria de los trazadores, se determinaron durante cada prueba, ciertos factores que afectan el movimiento de las arenas. Dentro de estos factores están ciertos aspectos oceanográficos, meteorológicos, topográficos y sedimentológicos. (Fig. 9).

2.4.1.- Perfiles de playa.

Los perfiles se levantaron en las dos ocasiones, antes y después de la prueba. Los levantamientos se hicieron a lo largo de un frente de playa de 2 kms. en cinco diferentes puntos; a 500 y 1,000 mts. al norte del eje, en el eje y, a 500 y 1,000 mts. al sur del eje. En cada punto el levantamiento se llevaba desde 20 mts. atrás de la mojonera de referencia, hasta mar adentro, tanto como el oleaje lo permitiera. El levantamiento fue realizado por medio de nivel fijo¹¹, cinta y estadal (Fig. 15 A).

Dado que este trabajo no se desarrollo a lo largo de un ciclo anual, el análisis de las gráficas de perfiles no nos permite sacar conclusiones con respecto a los regímenes estacionales de azolve y erosión, observados por Ingle (9) y Ward y Sorensen (23). Estos regímenes nos indican la conocida relación estacional entre la fuerza de la actividad del -- oleaje y la erosión de la playa. Pero si se calcularon los cambios acumulativos en volumen por longitud de playa, la altura de la berma sobre el nivel del mar y el ancho de ésta; datos que reflejan las varia-

FIGURA No. 15



A) Levantando perfiles playeros

B) Colocando el oleómetro

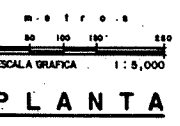
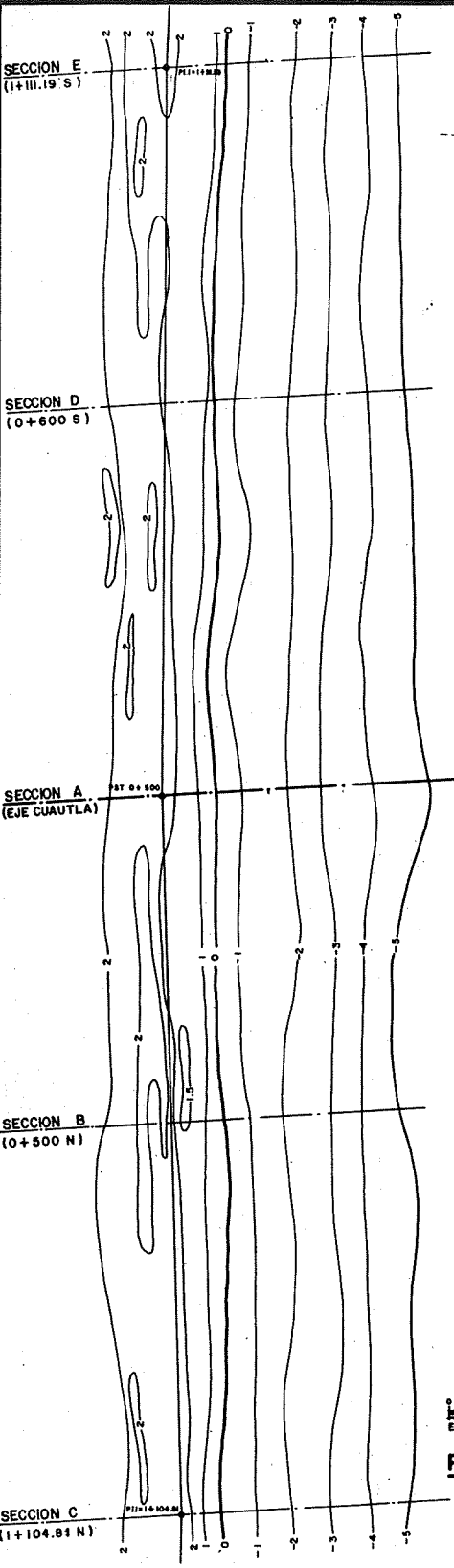
ciones e incidencia y energía del oleaje (King, 13) (Figs. 16 y 17).

Los levantamientos realizados durante la primera prueba (7-X-72), no reflejan grandes cambios entre los lapsos de tiempo en que se desarrolló cada prueba (Sep. 28, oct. 7 y 8). Sin embargo, en la segunda prueba (15-XII-72), se pueden apreciar cambios considerables en los levantamientos.

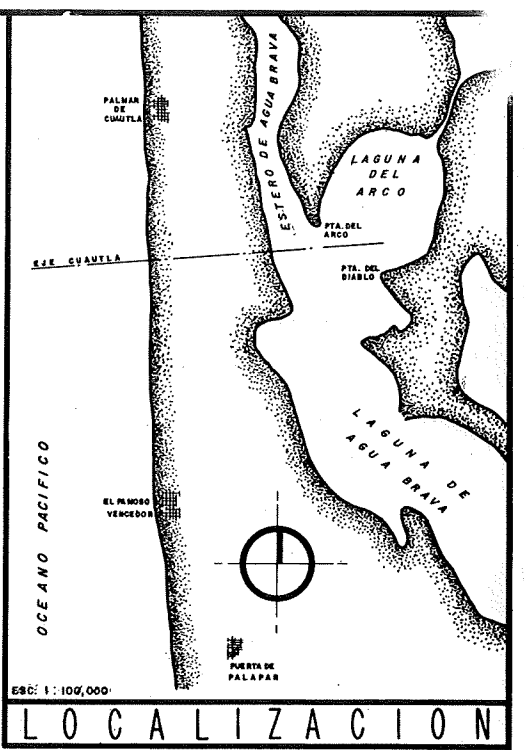
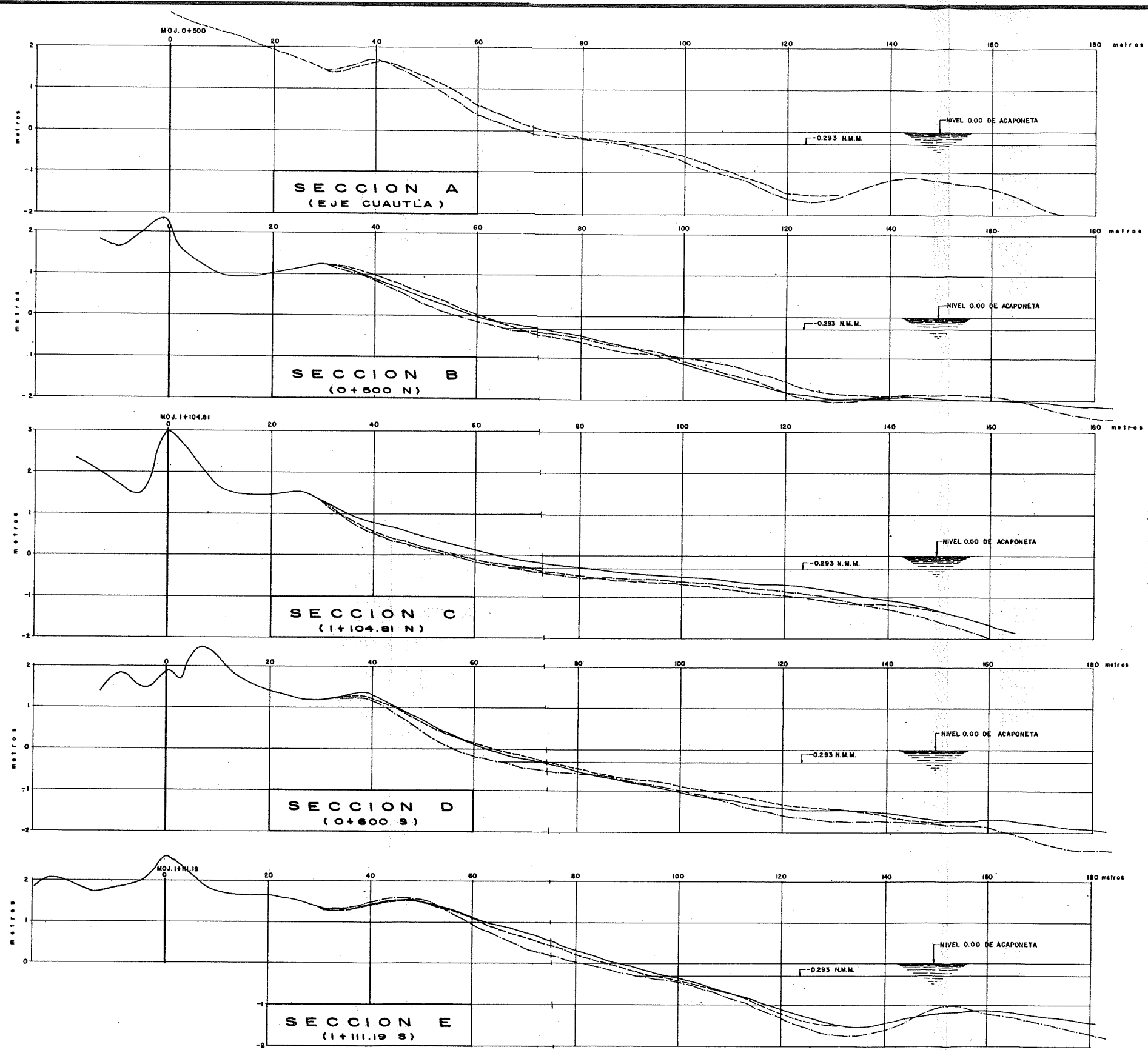
Días antes de iniciar la segunda prueba, prevaleció en la zona durante varios días, un fuerte régimen de oleaje, producido por vientos de tormenta. Dicho oleaje produjo un levantamiento del nivel del mar, produciendo un corte pronunciado en la berma y aolviendo el canal longitudinal, común en la zona (Fig. 17). El día 14 de diciembre, las condiciones meteorológicas cambiaron, los vientos tornaron en dirección opuesta soplando de las 12:00 horas en adelante con una intensidad media. - Este cambio, trajo como consecuencia un oleaje local de corta longitud de onda y esbelto, que actuando en conjunto con el oleaje libre, de gran longitud de onda, cambió el sentido de la corriente longitudinal. El día 11 de diciembre la corriente tenía un sentido de sur a norte y el día 15 de diciembre de norte a sur con fuertes intensidades (después de las 12:00 horas de 60 a 70 cms./seg.), lo cual produjo que se formara nuevamente el canal longitudinal.

2.4.2.- Medida de corrientes.

Las corrientes fueron medidas por medio de flotadores y colorantes, por lo tanto, sólo se detectaron las corrientes superficiales. Los flotado-



PLANTA

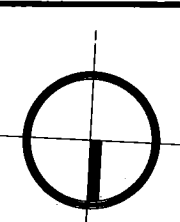
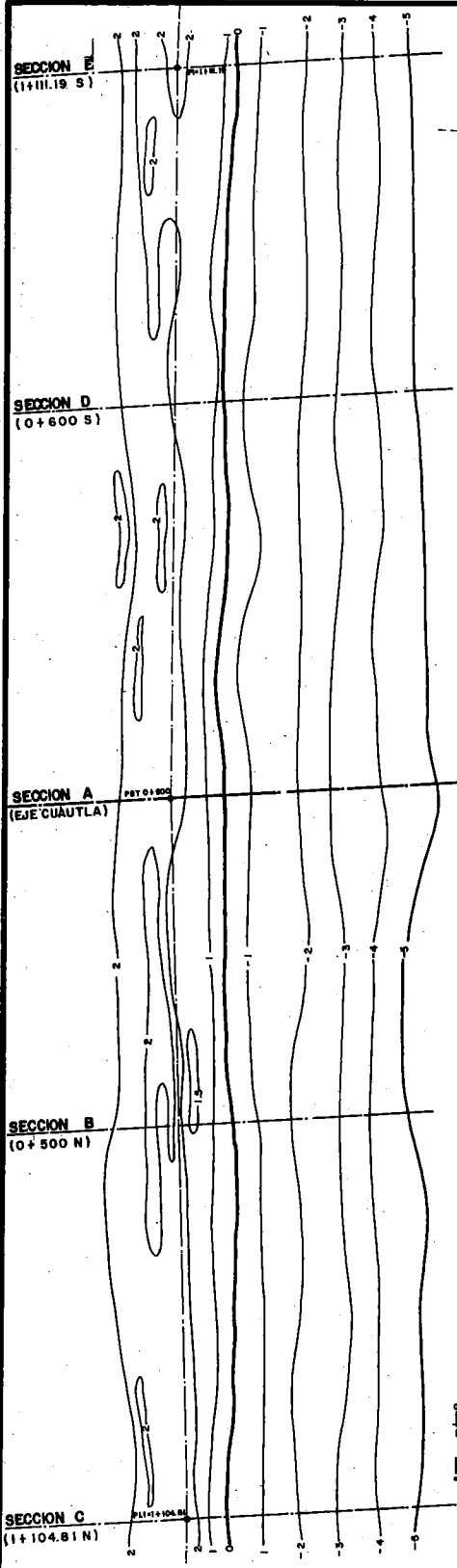


S I M B O L O G I A

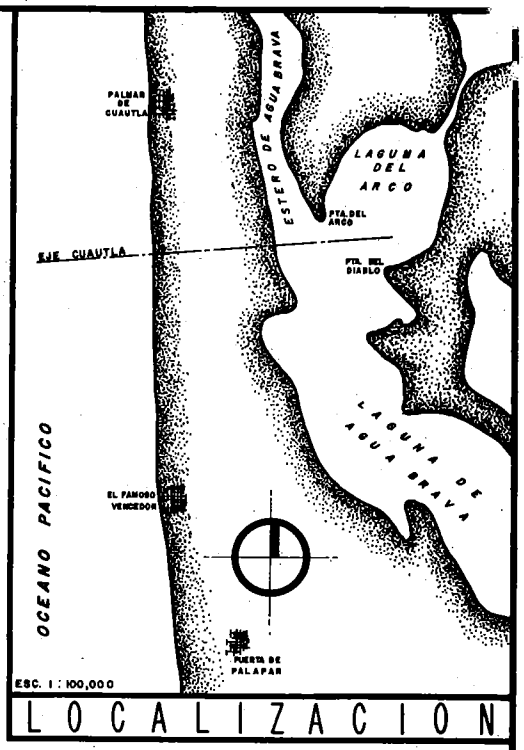
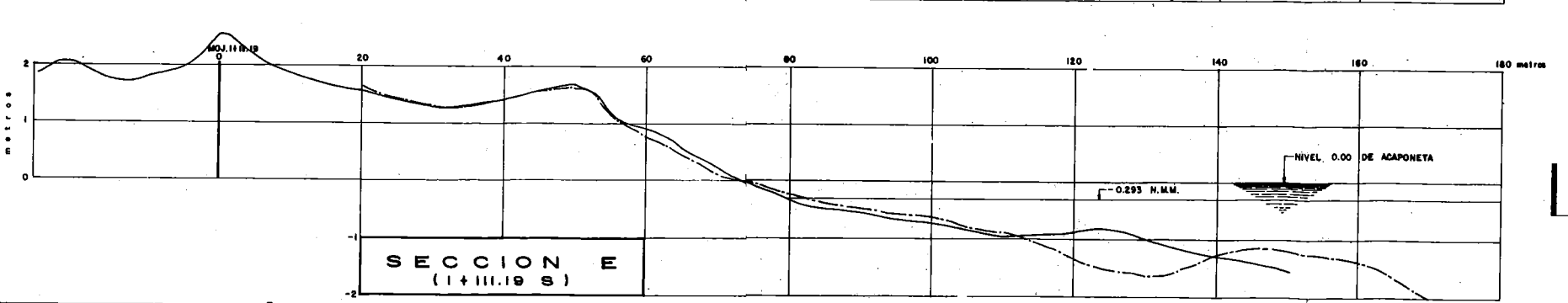
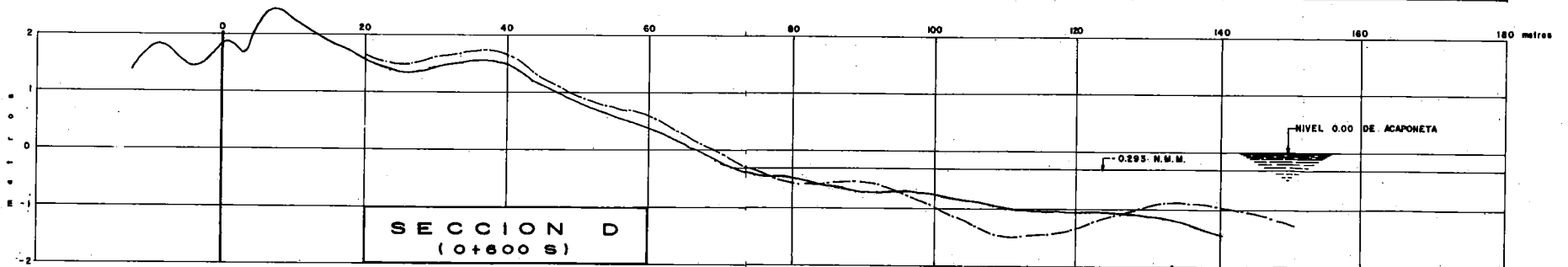
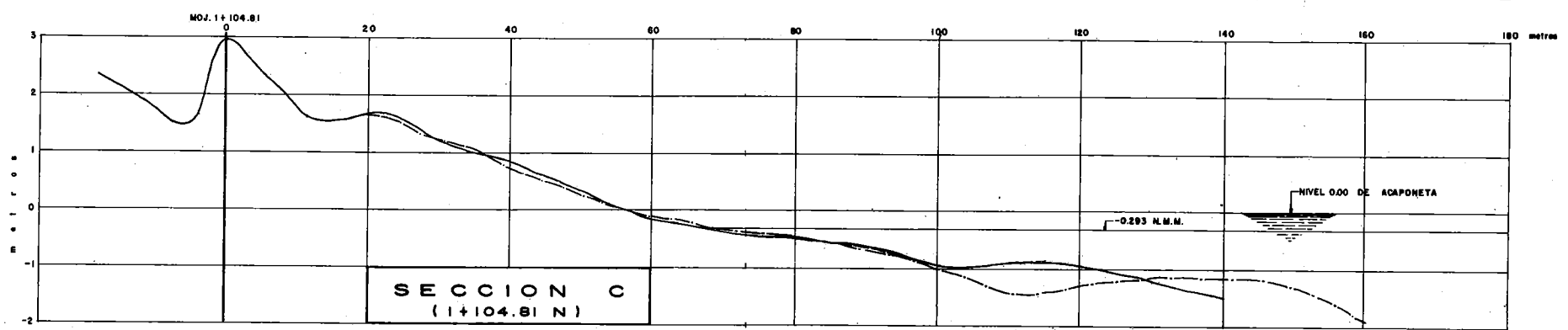
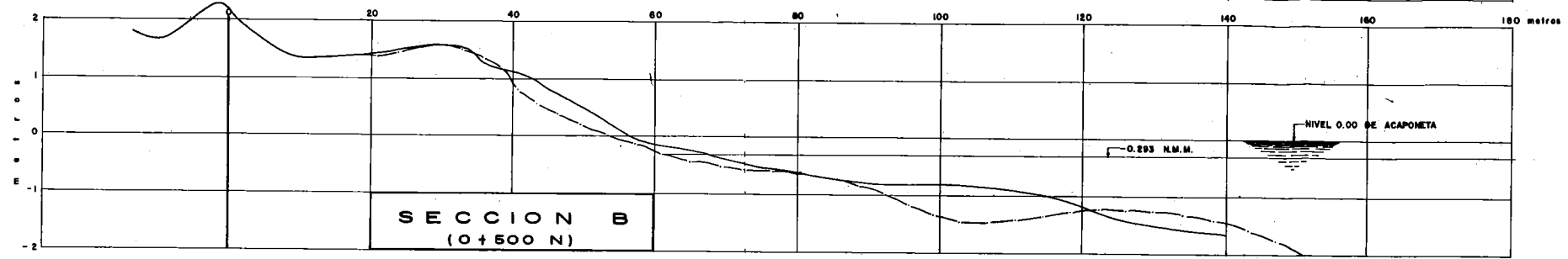
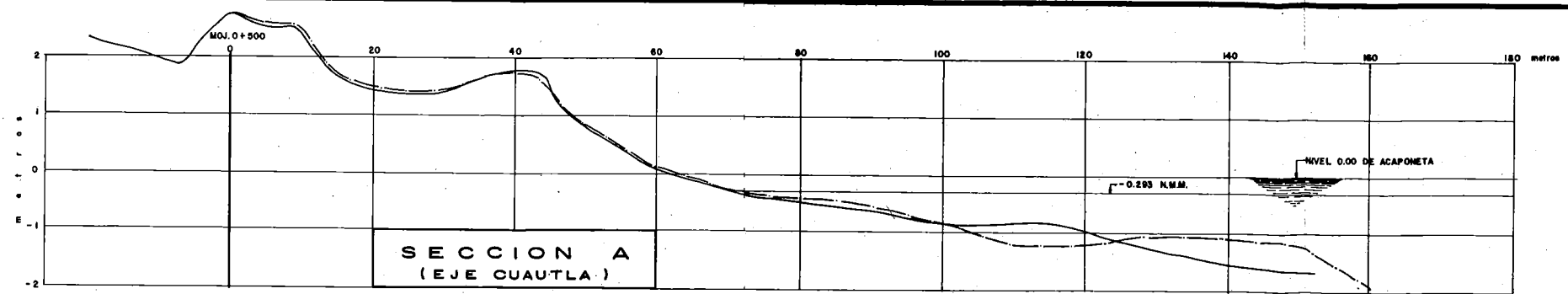
—	1 ^{er} SECCIONAMIENTO SEP. 29 DE 1972
- - -	2 ^o SECCIONAMIENTO OCT. 7 DE 1972
...	3 ^{er} SECCIONAMIENTO OCT. 8 DE 1972

- NOTAS :**
- El primer seccionamiento se realizó el 29 de septiembre de 1972, antes de hacer la siembra de material fluorescente.
 - El segundo y tercer seccionamiento se realizaron los días 7 y 8 de octubre de 1972, respectivamente.
 - La batimetría corresponde a la levantada por la Secretaría de Recursos Hidráulicos los días 21 y 22 de septiembre de 1972.
 - El nivel de referencia es el 0.00 de Acaponeta que se encuentra a +0.293 m. sobre el Nivel Medio del Mar.
 - La poligonal playera de apoyo fue levantada por la Secretaría de Recursos Hidráulicos.

SECCIONES PLAYERAS I
LAGUNA DE AGUA BRAVA, NAY.



O C E A N O P A C I F I C O



- S I M B O L O G I A**
- 4^a SECCIONAMIENTO DIC. 11 Y 12 DE 1972
 - - - 5^a SECCIONAMIENTO DIC. 16 DE 1972

- NOTAS :**
- El cuarto seccionamiento se realizó los días 11 y 12 de diciembre de 1972.
 - El quinto seccionamiento se realizó el 16 de diciembre de 1972.
 - La batimetría corresponde a la levantada por la Secretaría de Recursos Hidráulicos los días 21 y 22 de septiembre de 1972.
 - El nivel de referencia es el 0.00 de Acaponeta que se encuentra a +0.293 m. sobre el Nivel Medio del Mar.
 - La poligonal playera de apoyo fue levantada por la Secretaría de Recursos Hidráulicos.

SECCIONES PLAYERAS II
LAGUNA DE AGUA BRAVA, NAY.

res, que eran pequeños y de hule espuma, servían solamente para observar el sentido de la corriente; mientras que con el colorante se registraban el sentido y la velocidad. El colorante se formaba con una solución de 5 lt. de agua dulce, 10 grms. de rodamina¹² y 3 grms. de alginato de so dio. Con esta mezcla se produjo una solución menos densa que el agua de mar y con una consistencia tal que evitaba su rápida dilución.

El colorante se soltaba en un punto del eje entre la zona de rompientes; al cabo de un tiempo se medía la distancia recorrida y se calculaba la velocidad de la corriente. Este procedimiento se efectuaba varias veces durante la prueba, logrando así, sacar un promedio de velocidad de la co rriente. (Fig. 18).

El promedio de velocidad de la corriente longitudinal, en la primera prue ba fue de 19.8 cm./seg., con una mínima de 18.3 cms/seg. y una máxima de 24.4 cms./seg.; en la segunda , el promedio resultó de 75 cms./seg., con una mínima de 31.8 cms./seg. y una máxima de 100 cms./seg. Las variaciones de velocidades en un período de tiempo relativamente corto (4 a 5 - horas), se puede atribuir a la relación inversa existente entre la pen diente de la playa y la velocidad de la corriente longitudinal, relación que es una función de la anchura de la zona de rompientes (Ingle, 9(, - en vez de relacionarlas con la clásica teoría que establece la positiva influencia del ángulo de incidencia del oleaje y la altura de la rompiente.

2.43.- Oleaje.

El oleaje se determinó por medio de un olómetro que se localizó en la -

FIGURA No. 18



Medición de corrientes costeras por medio de colorantes

batimétrica de los 4 mts. (Fig. 15 B). La altura de la ola se medía por medio de un nivel, desde una parte alta de la playa, observándose las lecturas correspondientes al valle y la cresta de una ola. Las lecturas se hacían cada cinco minutos durante una hora antes y después del muestreo, para obtener así un promedio de alturas. El período se obtenía -- registrando el tiempo que tardaba en pasar un tren de 11 olas. Estos -- tiempos se dividían cada uno entre diez, para así, obtener un período representativo y con los cuales se sacaba un promedio. El ángulo de incidencia se determinaba desde una lancha, enfilando la proa hacia el rumbo de procedencia y registrándolo por medio de una brújula Bruton.

El promedio de altura de oleaje registrado durante la primera prueba fue: de 60 cms. con un período de 11 seg. y una incidencia del WSW; en la segunda prueba el registro de oleaje se complicó debido a los efectos meteorológicos mencionados en el subinciso 2.4.4. Ese día, se registraron oleajes muy variados que iban con alturas de 20 cms. a 1 mt., con períodos de 4 a 8 seg. y una incidencia de WNW.

2.4.4.- Vientos.

Los vientos fueron registrados por medio de una veleta¹³ y un anemómetro¹⁴ a lo largo de todo el día de prueba. En la primera prueba los vientos resultaron con una velocidad promedio de 3 mts/seg., procedentes del S.S.W., sin haberse observado grandes cambios. En la segunda prueba se observaron vientos más intensos que empezaban alrededor de las 12 - horas y se incrementaban conforme avanzaba la tarde. Estos vientos procedían del N.W. con una intensidad promedio de 7 mts./seg.

2.4.5.- Granulometrías.

Los análisis granulométricos fueron desarrollados por medio del método mecánico de tamices por la Compañía G.E.O.T.E.C.¹⁵. Las muestras de arena fueron colectadas a lo largo del perfil del eje Cuautla. Los sitios de recolección fueron: En la duna, en el estrán, en la 2a. rompiente y en la 1a. rompiente (Fig. 9). Los datos obtenidos aparecen en el apéndice No. 1. Las granulometrías fueron expresadas por medio de curvas acumulativas (Fig. 19), que representan los datos obtenidos gráficamente, para facilitar su comprensión y estudio. Los parámetros estadísticos utilizados fueron: El diámetro medio (ϕ_{50}), que representa el diámetro correspondiente para el cincuenta por ciento de la curva granulométrica. El grado de clasificación dado por la desviación estandar gráfica inclusiva (O_1), que representa una medida de la uniforme distribución en unidades de ϕ del tamaño de las partículas (Folk,33).

Los datos obtenidos corresponden a las relaciones establecidas por Ingle (9). Ingle establece: El diámetro medio es mayor, donde exista una mayor energía del oleaje. El diámetro medio se incrementa de tierra a mar conforme la pendiente de la playa aumenta (Apéndice No. 1).

FIGURA No. 19 A

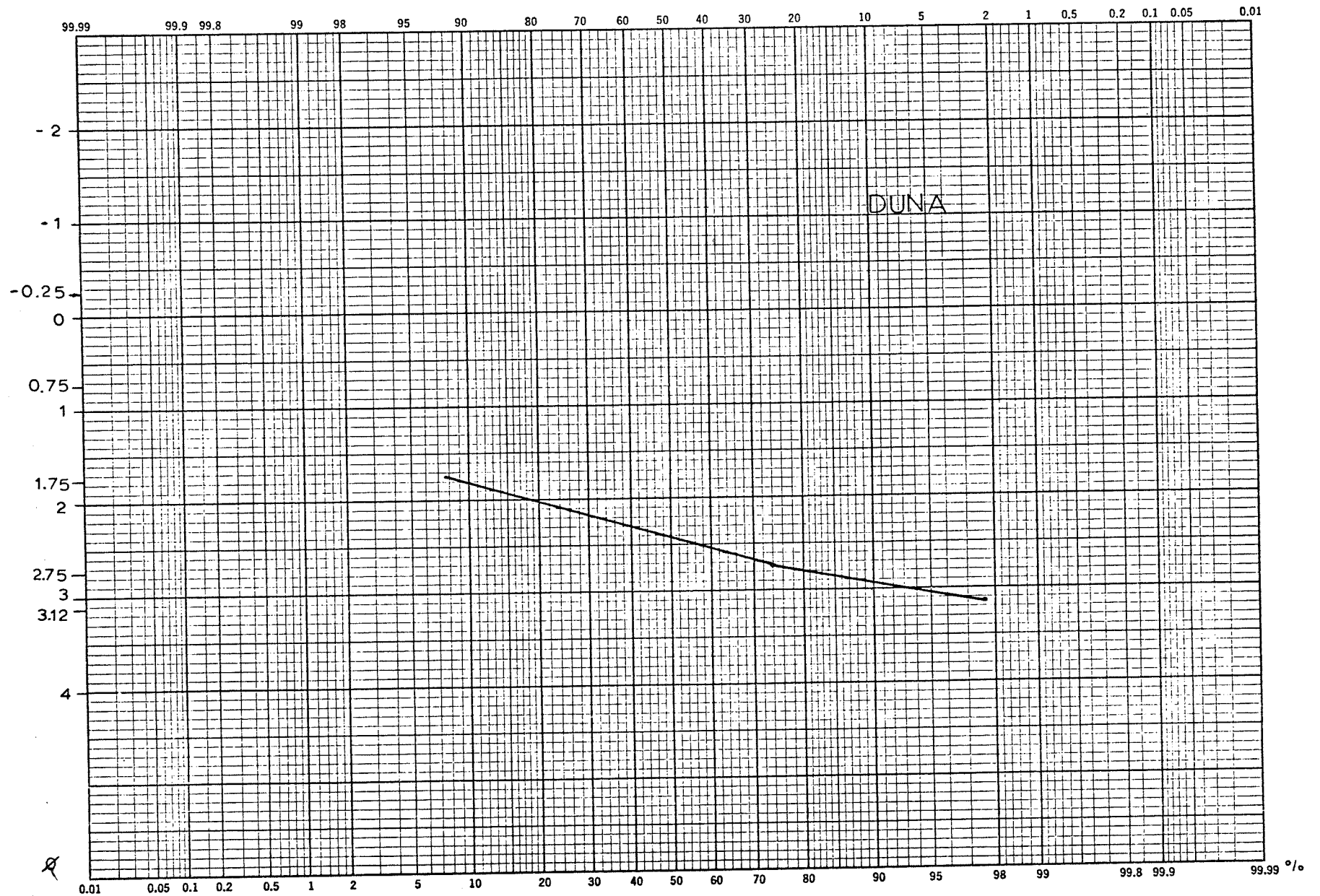


FIGURA No. 19 B

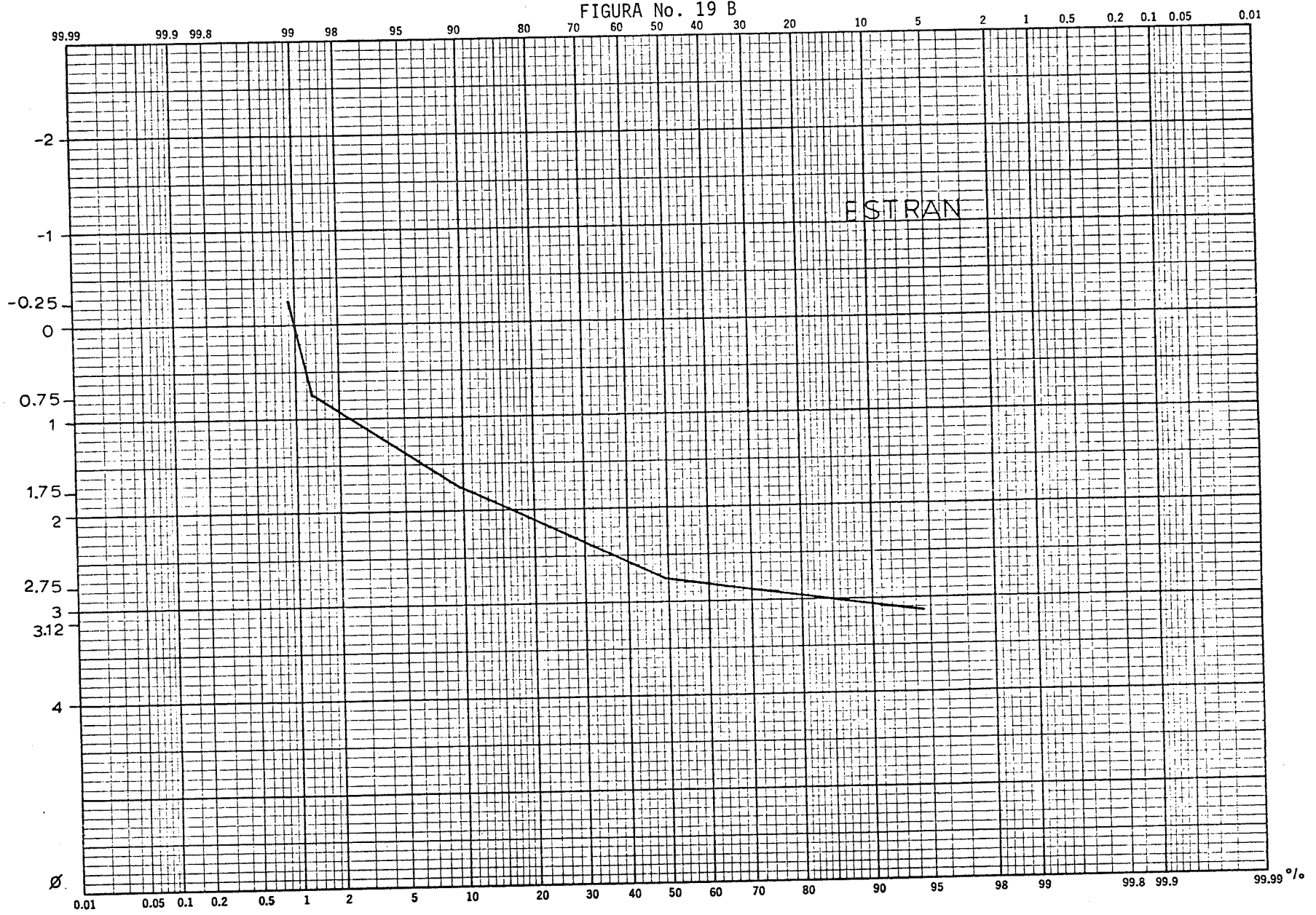


FIGURA No. 19 C

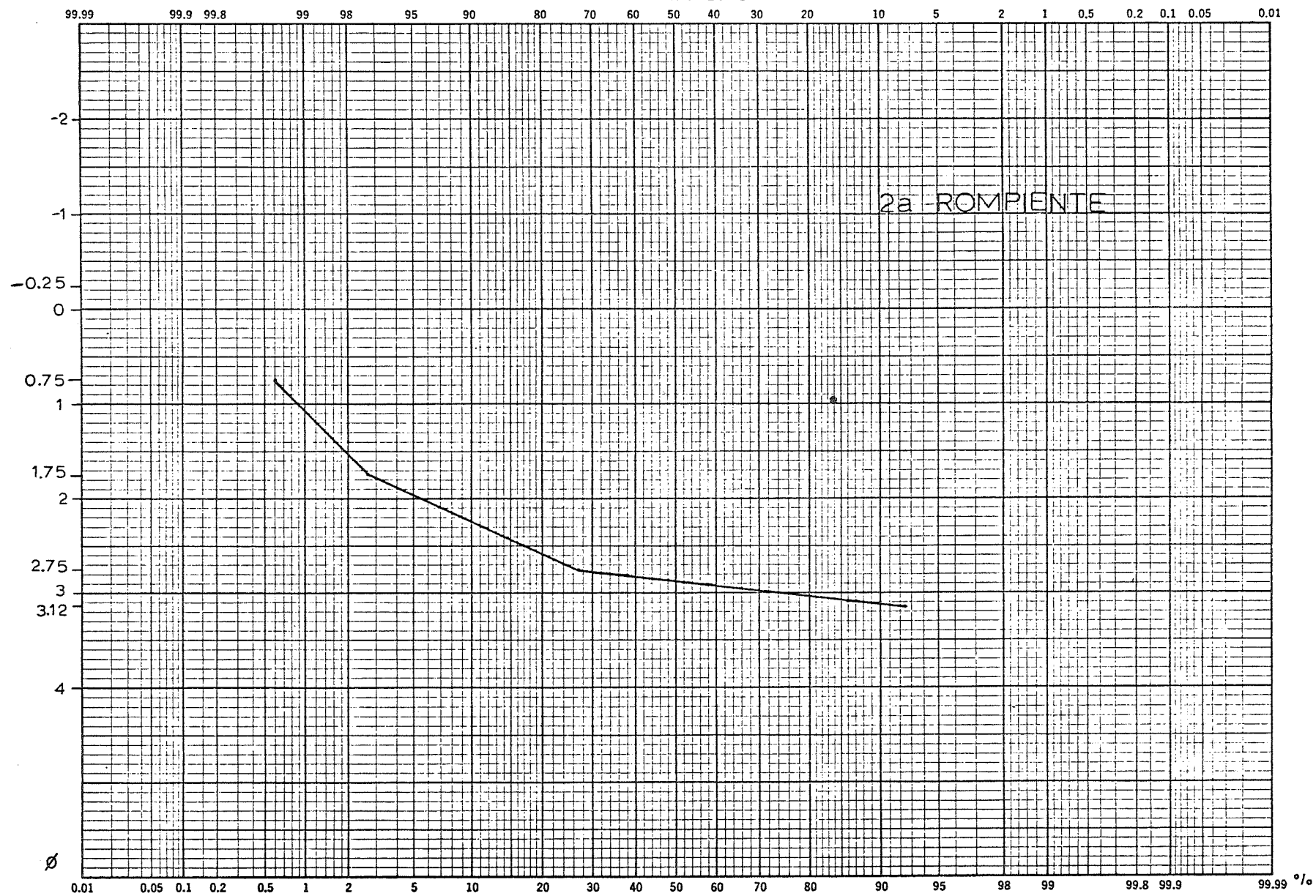
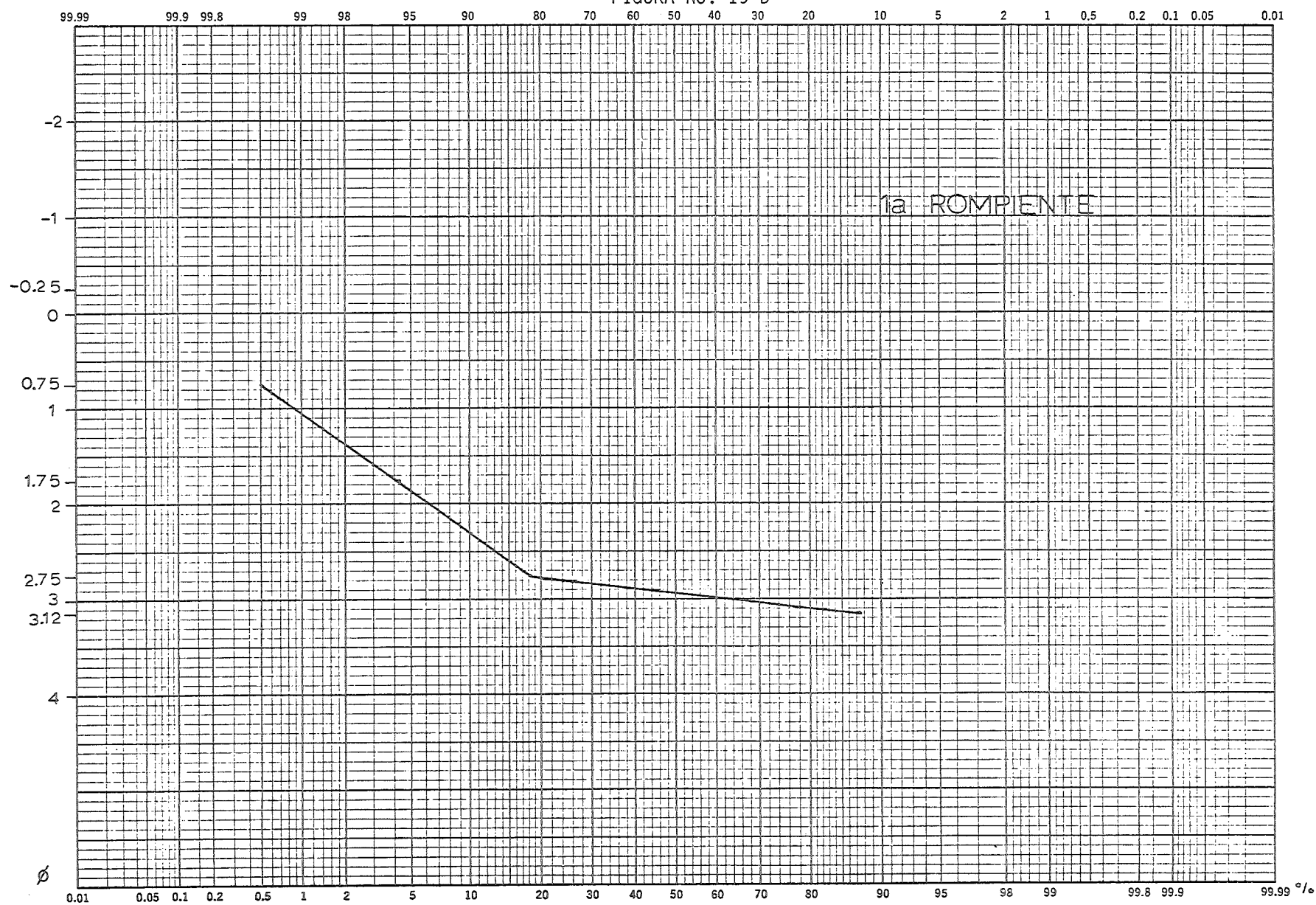


FIGURA No. 19 D



3.-DISPERSION DEL MATERIAL TRAZADOR.

3.1.- Análisis de las muestras.

El conteo de los granos fluorescentes se llevó a cabo por medio de una lámpara de rayos ultravioleta¹⁶, un contador manual y un vidrio reticulado. El procedimiento en el análisis de las placas, implica el observar ciertas condiciones para el mejor desarrollo de éste. Dichas condiciones son: 1) Conservar durante el análisis una completa obscuridad, con el fin de poder distinguir la más mínima intensidad en la fluorescencia -- procedente de los granos más pequeños. 2) Mantener un sistema en el orden de conteo, pues es común el contar o dejar de contar algunos granos durante el análisis. 3) Usar los lentes de protección para evitar quemaduras en los ojos por efecto de los rayos ultravioleta. 4) Hacer una estimación del área "impresa", para posteriormente convertir la cantidad contada, a la cantidad correspondiente para el área total de la placa y 5) En caso de tener grandes concentraciones de granos en la placa, se toma un área representativa de ésta y se cuentan los granos ahí existentes.

Para el conteo de los granos y la estimación del área de "impresión", se elaboró el vidrio reticulado, ya mencionado; el cual resultó ser de gran utilidad en el conteo de granos, sobre todo cuando existían concentraciones regulares, en donde tomar un área representativa no era conveniente. También fue de gran utilidad en las estimaciones de área de "impresión", pues permitía hacerlo en una forma constante. Los resultados del conteo de las placas, las estimaciones del área de "impresión" y las conversio-

nes de los valores obtenidos a la concentración por una unidad de área (1 dm^2), aparecen en el apéndice No. 2.

En Estados Unidos, Alemania y Rusia, se han desarrollado métodos más sofisticados para determinar la cantidad de material fluorescente en una muestra. Los hay mecánicos o electro-ópticos, pero sin duda el más perfeccionado, es el desarrollado por Teleki (20). Este mecanismo es una combinación de los dos tipos señalados, el cual es capaz de diferenciar varios colores de una misma muestra de material fluorescente.

3.2.- Elaboración de los planos de dispersión.

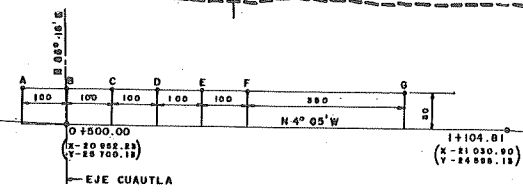
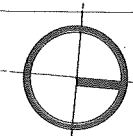
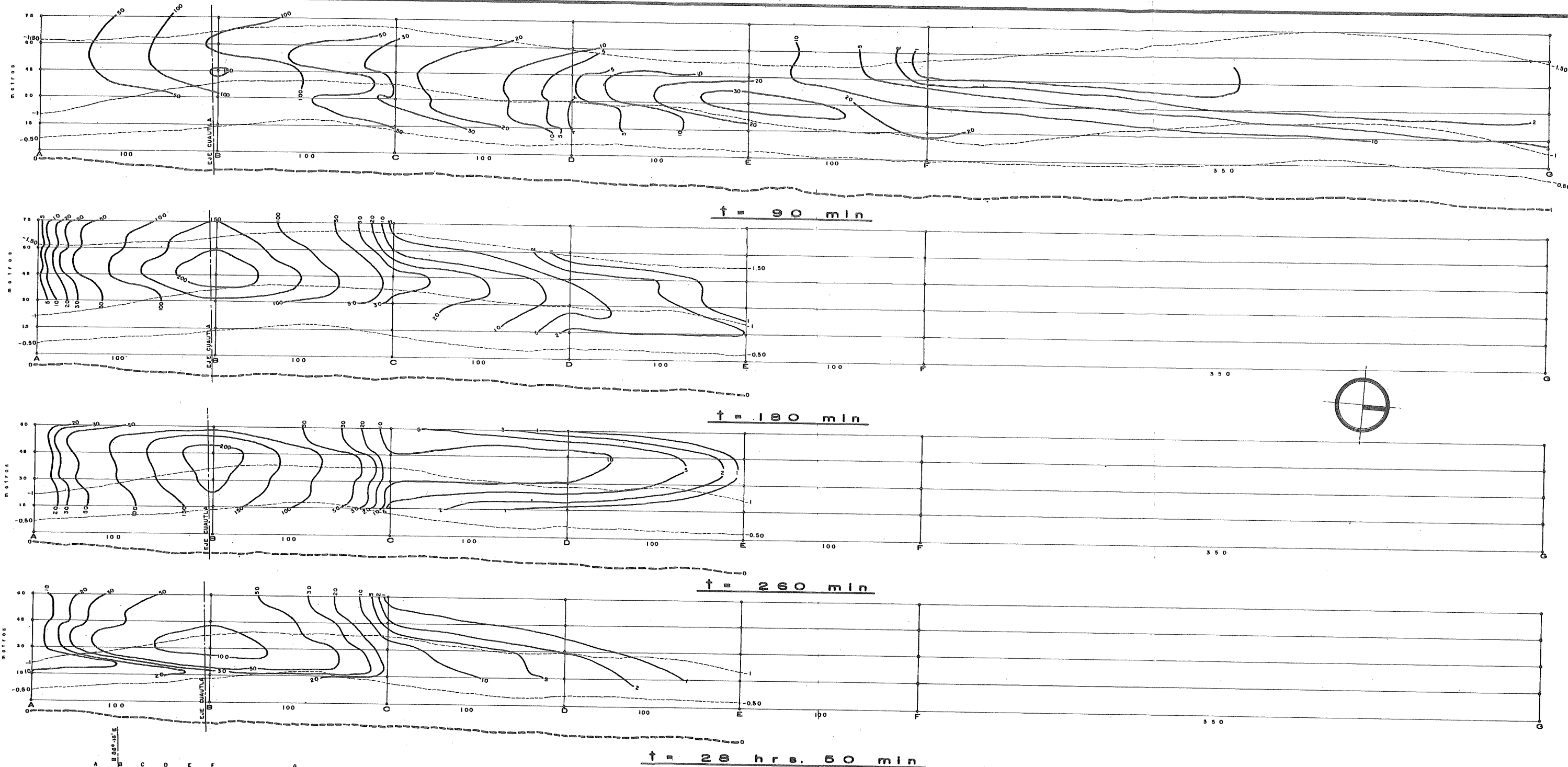
Una vez obtenidas las cantidades correctas de concentración de granos - por decímetro cuadrado, para cada estación, es necesario el compensar - estos valores, convirtiéndolos al valor correspondiente para un tiempo estandar. Esto es necesario, considerando que el tiempo transcurrido a partir de la inyección, para el momento de obtener la muestra en cada una de las estaciones, no es el mismo. Por lo tanto, se tiene que compensar el valor original por la cantidad de granos que se supone debería de haber para un tiempo escogido arbitrariamente. Esto se logra multiplicando el valor de la cantidad de granos obtenidos en un dm^2 , por un factor que representa el valor obtenido de dividir el tiempo standar es cogido arbitrariamente, entre el tiempo transcurrido desde la inyección al momento de tomar la muestra, o sea:

$$\frac{T_s}{T_a} G_a = G_c \quad (1)$$

donde t_s = tiempo standar, escogido arbitrariamente; T_a = tiempo transcurrido hasta que la muestra se colectó; G_a = valor de la concentración de granos fluorescentes por dm^2 , y G_c = concentración compensada. El término T_s/T_a vendrá por lo tanto, a incrementar o a decrecer el valor de la concentración (Apéndice No. 2).

En un plano de la zona de muestreo, se marcaron los valores interpolados de las concentraciones compensadas, para cada estación, de un ciclo de muestreos. Delineando los puntos que presentaban igual cantidad de granos por dm^2 , se formaron las isopletas; las cuales, en conjunto nos representan el modo de dispersión que sufrió el material trazador (Figs. 20 y 21).

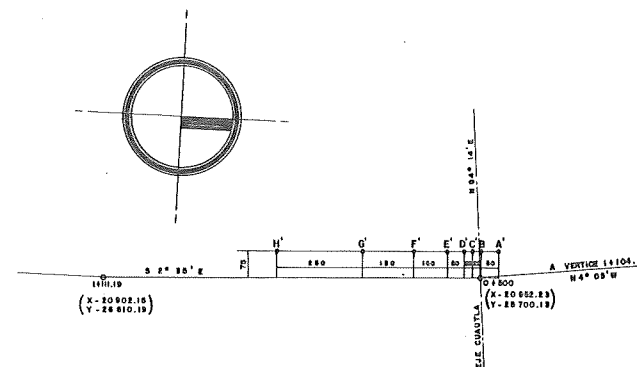
Una forma muy objetiva de analizar el comportamiento del material trazador después de ser inyectado, es descrita por Ingle (9). Ingle señala que después de haber soltado el material fluorescente, se puede esperar el recobrar sólo algunas partículas para sólo algunos sitios adelante de la fuente, y solamente para algunos casos en el tiempo; así, la localización en el espacio y tiempo del gran porcentaje de granos soltados, deberá ser deducido a partir de la muy relativa concentración absoluta determinada. También indica que, después de la inyección, se establece un gradiente en la concentración del material trazador a partir de la línea fuente; gradiente que se forma como es de esperarse, en sentido de la corriente longitudinal. La pendiente de dicho gradiente (una función del promedio de velocidad de los granos, el número total de granos soltados y el tiempo transcurrido) indica que para alguna distancia a partir



- S I M B O L O G I A**
- PUNTO DE INYECCION DE MATERIAL FLUORESCENTE
 - PUNTO DE MUESTREO
 - ISOPLETAS
 - - - - - CURVAS BATIMETRICAS

- NOTAS:**
- La línea A-G es paralela a la poligonal base y dista de ella 60.00 m.
 - El nivel de referencia es el Nivel Medio del Mar.
 - Anotaciones en metros.
 - El norte considerado es el astronómico.
 - El tiempo "t" indicado en cada serie de muestras es el transcurrido después de la inyección de material fluorescente.
 - Las isoplethas indican igual concentración de gramo fluorescente en un decímetro cuadrado.
 - Las condiciones oceanográficas durante el estudio fueron:
Oleaje incidente del WSW con altura media de 60 cm. y período de 11 seg. y corriente de Sur a Norte con velocidad media de 19.85 cm/seg.
 - La sonda de material fluorescente se realizó el día 7 de octubre de 1972.

ANALISIS DE DISPERSION DE MATERIAL FLUORESCENTE
LAGUNA DE AGUA BRAVA, NAY.



S I M B O L O G I A.

- PUNTO DE INYECCION DE MATERIAL FLUORESCENTE
 o PUNTO DE MUESTREO
 _____ ISOPLETAS
 - - - - - CURVAS BATIMETRICAS

NOTAS:

- La línea A-H es paralela a la poligonal base y dista de ella 75.00 m.
- El nivel de referencia es el Nivel Medio del Mar.
- Acotaciones en metros.
- El norte considerado es el astronómico.
- El tiempo "t" indicado en cada serie de muestreos es el transcurrido después de la inyección de material fluorescente.
- Las isoplefas indican igual concentración de granos fluorescentes en un decímetro cuadrado.
- Las condiciones oceanográficas durante el estudio fueron:
Oleaje incidente WNW con altura media de 60 cm. y periodo de 6 seg. y corriente de Norte a Sur con velocidad media de 75 cm/seg.
- La siembra de material fluorescente se realizó el día 15 de diciembre de 1972.

ANALISIS DE DISPERSION DE MATERIAL FLUORESCENTE II
LAGUNA DE AGUA BRAVA, HAY.

de la línea fuente, la dilución de los granos trazadores con el material natural será tal, como para evitar la detección de las partículas marcadas.

3.3!- Movimiento del material trazador a través del perfil de playa.

Una de las conclusiones más significantes a la que llegó Ingle (9), a lo largo de su estudio, fue que la mayoría de los granos fluorescentes soltados en una playa de perfil regular, observaban una fuerte tendencia a moverse hacia fuera de la costa, a lo largo de patrones casi paralelos con la línea de rompientes (por lo tanto en ángulo recto a las ortogonales del oleaje) hasta alcanzar la zona de rompientes. Una vez alcanzada la zona de rompientes, los granos de arena eran transportados dentro de la rompiente, longitudinalmente.

En ausencia de una batimetría irregular, los tres principales parámetros que determinan la dirección y proporción del movimiento del material en una playa son: El carácter de la rompiente (altura, período, incidencia), la corriente longitudinal resultante y el grado de pendiente de la playa.

La predominancia de transporte hacia fuera de la costa dentro de la zona de derrame, reportada por Ingle, se debe posiblemente en respuesta a un retorno de flujo de agua a lo largo del fondo, observado por Shepard e Inman (17). Ingle encontró que la mayor concentración de granos trazadores ocurría en la zona de rompientes, aunque un porcentaje también considerable se presentaba en la zona de vaivén, y concluye que por lo menos un 50% del total de transporte se desarrolla dentro de una zona constitu

yendo solamente un 30-35% del área de la playa.

Inman y Frautschy (29) explican a la zona de rompientes como un punto - focal de transporte, dada la concentración de la energía del oleaje, -- acompañado por esfuerzos producidos, y la turbulencia general prevaleciente. La física de la zona de rompientes es poco conocida. Ingle (9) en su libro muestra una forma muy objetiva al analizar el comportamiento de los granos bajo una ola rompiendo en voluta (Fig. 22).

El movimiento orbital (A - B) es esquemático y asume granos de un diámetro lo suficientemente grandes para no ser puestos en suspensión y lo suficientemente pequeños para actuar como si realmente fueran levantados. Bajo condiciones naturales, los diámetros específicos de los granos siguen dicho comportamiento (A - B), estarán en función de la energía del oleaje disponible. Un gran porcentaje de granos bajo la zona de rompientes, o bedecen a un comportamiento en su movimiento, que va de horizontal a elíptico plano hacia la costa, hacia fuera de la costa y longitudinalmente - durante la rotura de cada ola. Los granos más finos, se ponen en suspensión para la posición "A", mientras que la fracción más gruesa (guijarros) va en saltación a lo largo del fondo en B. C. y D. representando un movimiento neto del material, hacia la rompiente.

Terminada la roptura de la ola, se desarrolla una onda de translación. Es ta ola, está caracterizada por un verdadero movimiento de agua, que se - ejerce hacia la costa, al atravesar la zona de derrame. Aunque la onda de translación es modificada a su paso por el flujo de agua que regresa de - la playa, y por el movimiento longitudinal de agua provocado por el ángu-

FIGURA No. 22

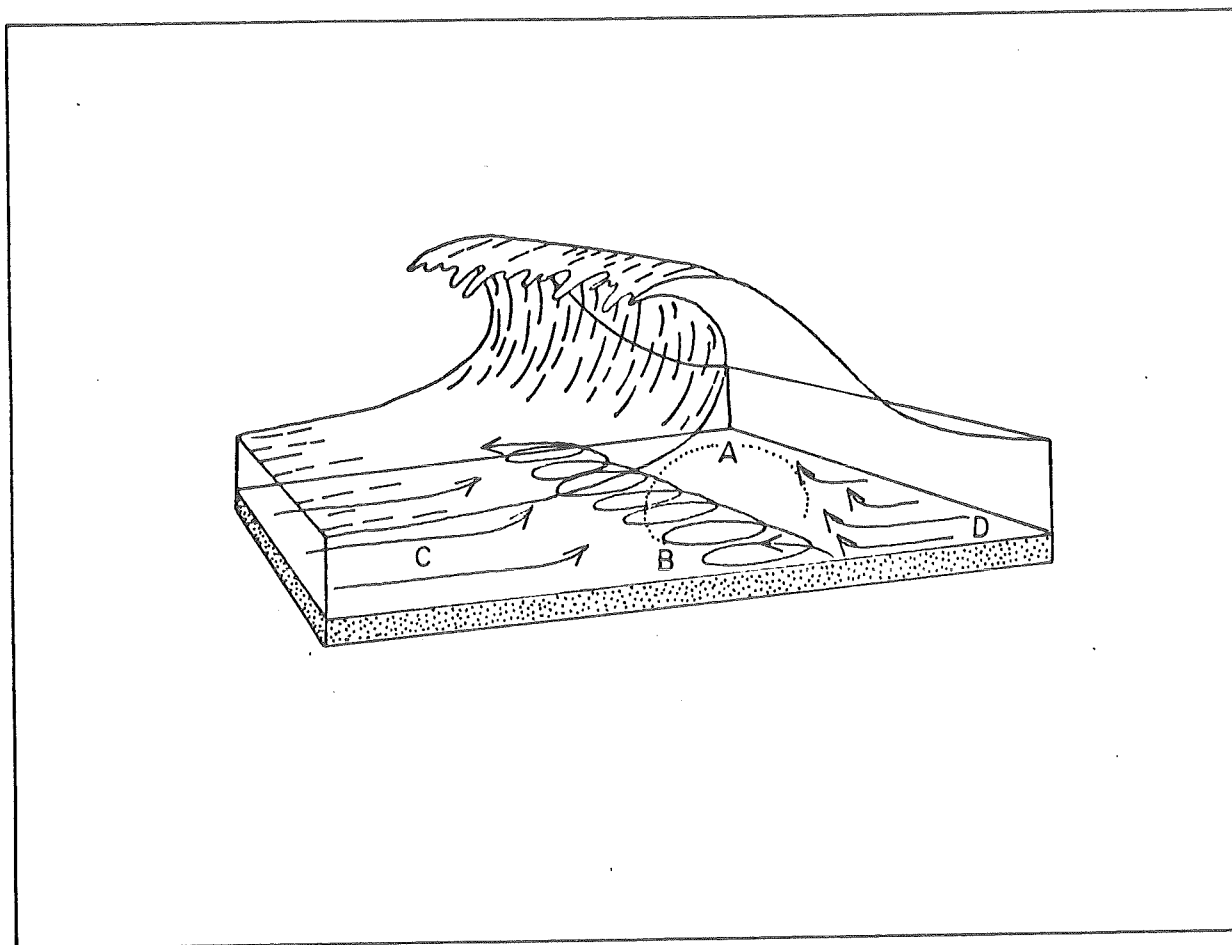


Diagrama esquemático del movimiento de los granos de arena bajo una ola en voluta. La posición B representa las partículas en saltación a lo largo del fondo. Un gran porcentaje de los granos siguen un patrón de movimiento horizontal a elíptico plano-longitudinal durante el colapso de cada ola. La posición A representa las partículas más finas que viajan en suspensión. Los granos dentro (C) y fuera (D) de la zona de rompientes, se mueven hacia la línea de rompiente. El diámetro de los granos para cualquier posición es una función primordial de la energía del oleaje disponible (reproducido de Ingle 9, P. 53).

lo de incidencia de la rompiente; se ejerce a su paso un efecto considerable en el movimiento del material de fondo, suspendiéndolo, para ser transportado por las diferentes fuerzas hidrodinámicas que actúan.

El proceso anteriormente descrito, presenta características importantes con respecto a la erosión y depositación de material en una playa. Este movimiento resultante de material hacia fuera de la costa o hacia la costa es un efecto resultante de las fuerzas componentes que actúan. King (13); Shepard (31) y otros investigadores; han establecido la relación general entre la depositación en las playas, con períodos de oleaje pequeño y plano y, a la erosión, con oleaje grande y esbelto.

3.3.1.- Efecto en la variación de la corriente longitudinal y el oleaje.

La tendencia, de un gran porcentaje del material trazador, a moverse diagonalmente hacia la rompiente en forma paralela o subparalela (descrita en el inciso 3.3) era en muchos casos modificada por la corriente longitudinal (Ingle, 9). Ingle encontró, que comunmente una velocidad máxima de la corriente longitudinal mayor de 30.4 cms/seg., afectaba significantemente la dirección del trazador, mientras que las corrientes bajo esta velocidad no tenían o tenían un pequeño efecto en la dirección de este.- Así, bajo condiciones de una corriente longitudinal ligera, el movimiento de material es principalmente perpendicular a la costa. Este movimiento de material es entonces gobernado por el flujo de agua que va de la - costa hacia fuera, asociado con el oleaje que rompe, las ondas de trans-lación formadas y la corriente de resaca; junto con el efecto de grave--

dad (pendiente de la playa).

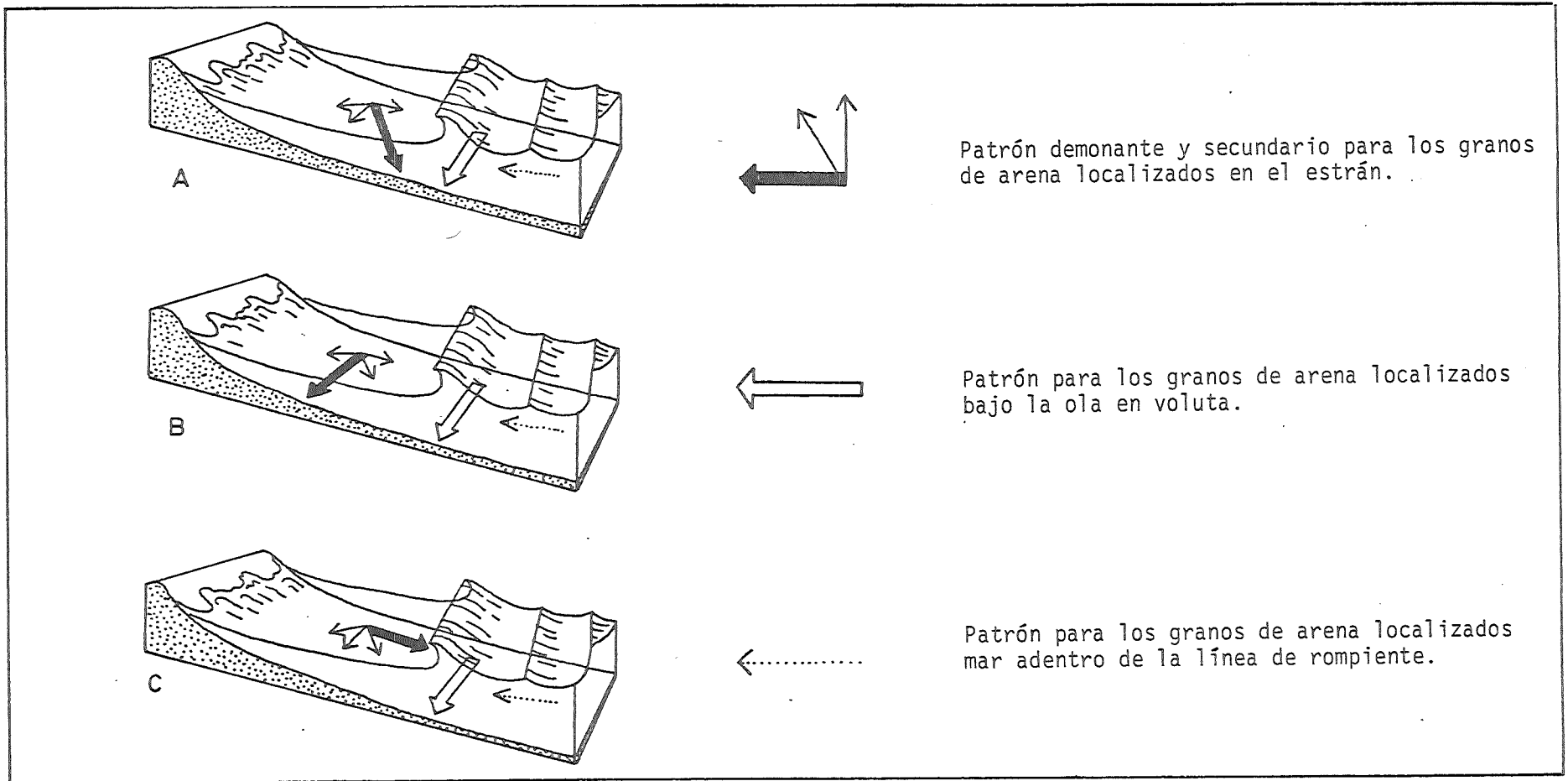
En respuesta a las fuerzas hidrodinámicas que actúan en una playa; Ingle encontró, a través de un análisis estadístico, que existe un porcentaje de granos moviéndose en una dirección, otro porcentaje en otra y así hasta el total de granos considerados. A estas tendencias de movimiento las denominó vectores de movimiento de los granos. A partir de estos vectores construyó diagramas que muestran el comportamiento dominante de los vectores resultantes, del movimiento de material trazador, bajo tres condiciones diferentes.

Estos vectores representan la dirección significativa de un conjunto particular de granos en movimiento. Se asume que la dirección del vector representa un porcentaje de granos que poseen en común, un conjunto de características físicas (diámetro, esfericidad, etc.), respondiendo al ambiente hidrodinámico para el tiempo del análisis (Fig. 23).

Las figuras 24 y 25 fueron construidas a partir de las concentraciones, de material fluorescente, existentes a través de varios perfiles, localizados a lo largo de la zona de muestreos. Se construyeron perfiles para cada gráfica de dispersión (90, 180 y 260 minutos) abarcando tres transectos diferentes a lo largo de la zona de muestreo (1a. prueba; en el eje de inyección (B), a 100 (C) y a 200 mts. (D) del eje. En la segunda prueba, a 25 (C), 50 (D) y 100 mts. (E) del eje de inyección.

Al analizar la gráfica 24, se observa una predominancia en el transporte a lo largo del canal longitudinal de la playa. También se puede observar,

FIGURA No. 23



Diagramas ilustrando los patrones o vectores dominantes del movimiento de los granos de arena en una playa bajo tres condiciones diferentes de oleaje. A representa el movimiento de los granos bajo condiciones donde la corriente longitudinal y el oleaje ejercen la misma influencia. "B" es el movimiento de los granos cuando existe una fuerte corriente longitudinal (con velocidades mayores de 60 cm/seg.). "C" representa el movimiento de los granos cuando la velocidad de la corriente longitudinal es menor a 30 cm/seg. Los tres diagramas representan un promedio cualitativo de todas las pruebas desarrolladas con trazadores fluorescentes por Ingle (reproducido de Ingle, 9, P. 59).

FIGURA No. 24

Gráfica de perfiles de concentración para la primera prueba (7-X-72). Las secciones representan las condiciones existentes en el eje de inyección, y a 100 y 200 mts. - del eje (Ver Fig. No. 19). Nótese que el mayor transporte se efectuó a lo largo del canal longitudinal. 1 = tiempo transcurrido después de la inyección; 2 = estaciones de muestreo; N.M.M.₂ = nivel medio del mar GF/dm² = granos fluorescentes por dm².

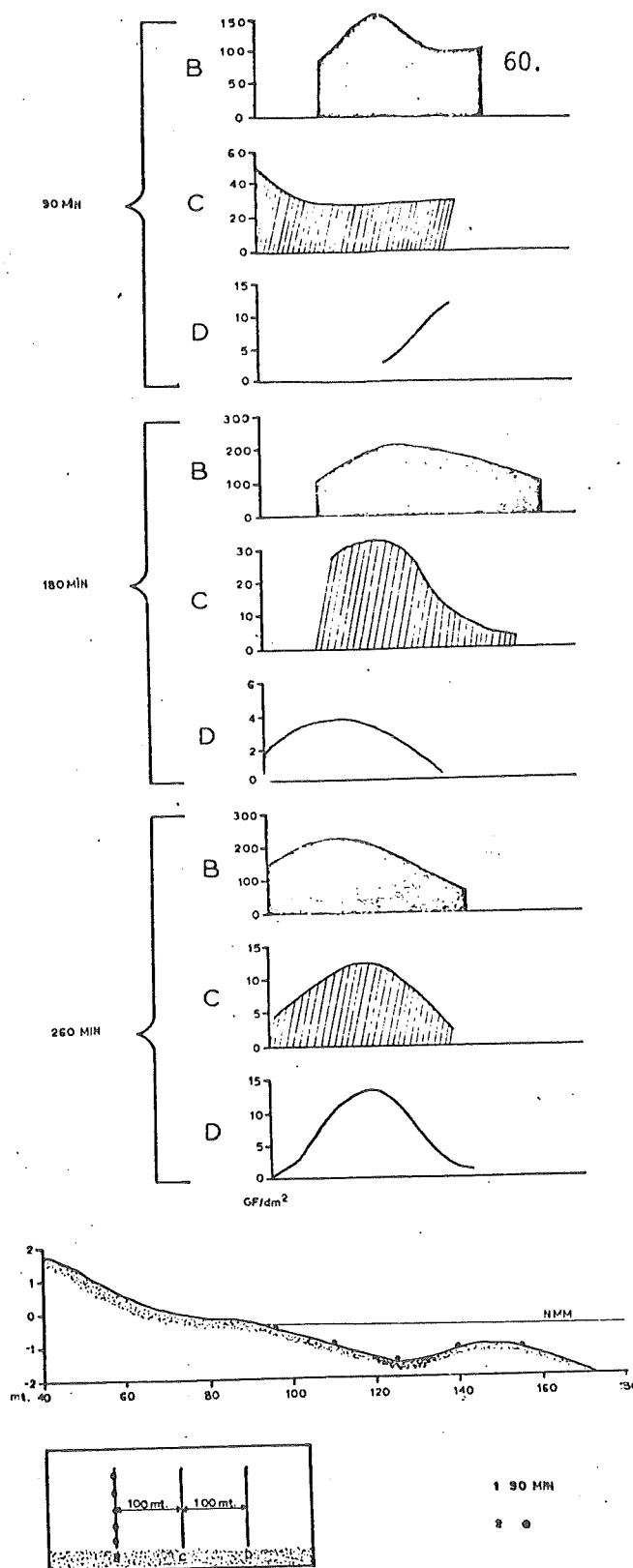
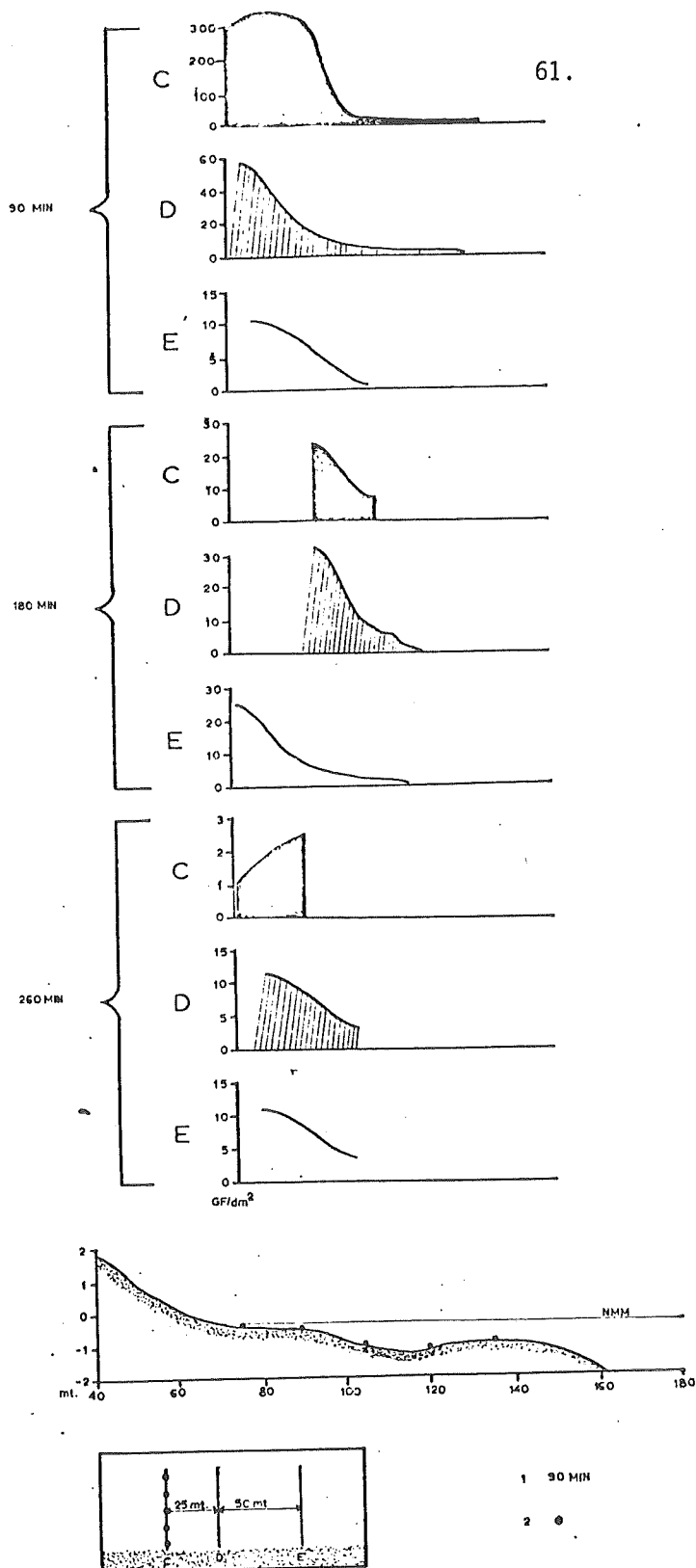


FIGURA No. 25

Gráfica de perfiles de concentración para la segunda prueba (15-XII-72). Las secciones representan las condiciones existentes a 25 mt, 50 mts. y 100 mts. del eje de inyección (Ver. Fig. No. 20). Nótese que el mayor transporte se desarrolló a lo largo de la zona de transición, dado que prácticamente la inyección se llevó a cabo solamente en el estrán; pues el material inyectado sobre la rompiente, salió rápidamente, en su suspensión de la zona de muestreo -- (Ver texto). 1 = tiempo transcurrido después de la inyección; - 2 = estaciones de muestreo; N.M.M. = nivel medio del mar; GF/dm² = granos fluorescentes por dm².



que se detectó transporte a lo largo de todo el perfil muestreado; aunque desgraciadamente no se detecta el aumento en la concentración, que debería sufrir la curva al acercarse a la línea de rompientes, dado que era muy difícil llegar a muestrear en la línea de rompientes. En la gráfica 25, se puede observar que el transporte del material fluorescente, se desarrolló solamente en la zona del estranco con una predominancia de transporte en la zona de transición. El carácter adquirido en el transporte para esta prueba; se debió a que el total de los 40 Kgms. de material trazador inyectado en la 1a. rompiente, fueron transportados rápidamente hacia fuera de la zona de muestreos, debido a que no se pudo soltar sobre el lecho, sino que se hizo a media agua. Esta irregularidad en la inyección se debió a las fuertes condiciones de oleaje existentes en el momento de la inyección.

3.3.2. Movimiento en la zona de vaivén.

La zona de vaivén se puede definir como la zona comprendida entre el límite superior de alcance del agua, producido por la embestida, y el punto de transición (Fig. 2). El movimiento de material en esta zona se produce en forma de zig-zag a lo largo de la playa.

El punto o zona de transición se puede considerar como una zona de gran turbulencia, debido al choque de dos masas de agua; una incidiendo (ola de translación) y otra retrocediendo (ola de retroceso). La zona de transición está localizada entre la zona de vaivén y la zona de derrame. También es considerada como una zona que está caracterizada por poseer altos

valores de energía (Schiffman, 1965, en Ingle, 9). Así en un ambiente - playero se pueden definir dos puntos de máxima energía: el punto de roptura en la zona de rompientes, y la zona de transición o de coalición.

3.4.- Movimiento en una playa con 'perfil irregular.

Muchas playas cuentan con irregularidades a través de su perfil. Estas - irregularidades, además de complicar los patrones de transporte, propor- cionan un mayor número de variables que afectan el acarreo de los sedi- mentos a lo largo de la playa. Varios son los investigadores que han tra- bajado tratando de determinar las principales características de dichas playas (King, 13; Ingle, 9; Inman, 29; Komar e Inman, 28). Dentro de las principales características de una playa con perfil irregular se pueden enumerar; las barras, los pliegues u ondulaciones, con sus correspondien- tes depresiones o canales, y los canales producidos por las corrientes - de retorno.

3.4.1.- Efecto de las barras.

Ingle (9) en acuerdo con el resultado de otros investigadores llegó a - la conclusión de que el mayor transporte de material en una playa se produce sobre la cresta de las barras. Esta conclusión mostró que la velocidad orbital era mayor sobre la cresta de la barra, como consecuencia de la rotura de la ola. En muchos casos la presencia de una barra trae como consecuencia la formación de una rompiente secundaria. Por lo tanto la - formación de esta segunda rompiente, produce una tercera zona de máximo transporte a lo largo de la playa (Ingle, 9).

3'4.2.- Efecto de los pliegues u ondulaciones.

Estos pliegues u ondulaciones son definidos por King (13) como lomos de playa o pliegues, los cuales son expuestos durante los períodos de baja mar, a diferencia de las barras que nunca son expuestas (Fig. 2). Probablemente la característica más prominente de los pliegues es su depresión o canal. Este canal es formado por corrientes longitudinales formadas durante períodos prolongados de pleamar.

En el sitio de prueba, y durante las dos pruebas, se notó la presencia - de dichas ondulaciones. La depresión del pliegue se caracterizaba por la presencia de material muy suelto y grueso que en su mayor parte estaba formado por piedra pomez.

3.4.3.- Efecto de las corrientes de retorno.

Las corrientes de retorno son ampliamente descritas por Shepard e Inman (17); el cual las representa como el retorno de un flujo de agua en forma canalizada, atravesando la zona de rompientes. Las corrientes de retorno se forman debido al acumulamiento de agua contra la costa que produce el oleaje. Las corrientes de retorno pueden alcanzar velocidades - hasta de 125 cms/seg., durante varios minutos, convirtiéndose en importantes agentes para el transporte de material.

En las pruebas efectuadas no se registró ninguna corriente de retorno, pero es importante el considerarlas durante un estudio de carácter cuantitativo. La posición de las corrientes de retorno varían constantemente a lo largo de la playa (Shepard e Inman, 17). Tanto las corrientes -

alimentadoras como las corrientes de retorno ejercen un efecto considerable en el transporte de materiales en un ambiente playero (Ingle, 9).

4.- CUANTIFICACION DEL ACARREO LITORAL A PARTIR DE PLANOS DE DISPERSION.

4.1.- Generalidades.

En base a trabajos desarrollados con materiales fluorescentes, se han desarrollado varios métodos para cuantificar el transporte litoral. El método Russell-Abbott (27) fue una de las primeras técnicas usadas en la cuantificación del transporte litoral. Esta técnica llamada de dilución, se basa en una correlación de curvas de concentración, de material fluorescente, obtenidas empíricamente, con curvas de concentración obtenidas por dispersión en el campo (Uribe, 22; Jolliffe, 12). Este método asume dos condiciones principales: 1) Que durante la prueba no existan pérdidas de material fluorescente hacia fuera de la playa. 2) Los patrones obtenidos de transporte durante una semana de pruebas, serán los mismos para un año entero. Por lo tanto, prácticamente el uso de este método está limitado a playas de grava; dado que las condiciones anteriormente mencionadas, raramente se satisfacen en una playa arenosa.

Otro método es el descrito por Ingle (9), en el cual está basado este trabajo. El método asume tres condiciones en la cuantificación del transporte; en base a las técnicas de muestreo usadas durante la investigación. Dichas condiciones son: 1) Se considera que los valores de concentración obtenidos, a través de las correcciones hechas a las isopletras, representan claramente las concentraciones dentro de la capa móvil, para el intervalo de tiempo descrito. 2) Se considera que solamente un porcentaje pequeño de granos trazadores no se contaron dentro de la zona de mues

treos, dado que hubo una pérdida de material al enterrarse bajo el lecho. 3) Se considera que por lo menos el 90% del transporte litoral ocurre dentro de la zona de playa.

Ingle enfatiza la diferencia que existe en estimar el transporte litoral por medio de ecuaciones empíricas, aplicables a la mecánica de transporte de sedimentos en forma de flujo unidireccional y, al transporte - real existente en una playa; para lo cual enumera tres analogías elaboradas por Einstein, 1948 (en Ingle, 9):

- 1) Aunque la zonas de mayor transporte litoral (zona de rompientes y zona de derrame) puedan ser vagamente consideradas como un flujo canalizado, la anchura del "canal" cambia diariamente, así como la zona de rompientes avanza y retrocede a través de la playa en respuesta a las mareas.
- 2) La mayoría de los perfiles de playa son sigmoidales más que cóncavos; el perfil sigmoidal junto con el movimiento de agua hacia fuera de la - costa, crea un área irregular de flujo.
- 3) La naturaleza variable del oleaje incidiendo en las costas, causa irregularidades en la velocidad y dirección del flujo de material; inclusive, la dirección de la corriente longitudinal puede ser invertida.

Así, mientras no se desarrollen instrumentos capaces de definir cuantitativamente un ambiente playero, los intentos para cuantificar el transporte litoral, serán relativos. Trabajos desarrollados por Komar e Inman - (28); Inman y Frautschy (29), han analizado la dinámica de los granos a partir del flujo de energía del oleaje, medida en el campo por medio de

transductores de presión, para producir respuestas cuantitativas más exactas de la cantidad de material movido bajo un conjunto de fuerzas físicas.

4.2.- Proporciones de gasto del material trazador.

Para poder cuantificar el transporte litoral del desarrollado análisis cualitativo, es necesario obtener ciertos parámetros; que en conjunto, determinarán la cantidad de material en tránsito durante la prueba. El primero de estos, es la cantidad de gasto sólido; el cual indica en que proporción, el material trazador, abandona la zona de muestreo, expresado en porcentos del total de material soltado por minuto.

El primer paso para determinar las proporciones de gasto, es el cuantificar la cantidad de granos contenidos en el material inyectado. Para esto, se empleó una relación usada en Mecánica de Suelos (Tschebotarioff, 30) para conocer el volumen total que produce cierta cantidad de arena a partir de los vacíos producidos por la irregularidad de los granos, considerando el grado de compactación y clasificación, sea:

$$V_t = V_v + V_s \quad (2)$$

y

$$n = \frac{V_v}{V_t} \quad (3)$$

donde V_t = volumen total; V_v = volumen producido por los vacíos; V_s = volumen producido por sólidos; n = factor que relaciona el grado de compactación y clasificación, obtenido de constantes ya determinadas. (Tschebotarioff, 30). Conociendo el volumen que producen los sólidos en un volu-

men dado de material, y el diámetro medio de los granos, se esta en posibilidad de conocer la cantidad de granos existentes en la inyección - (Apéndice No. 3). De esta forma se obtuvo, que en 10 Kgms. de material, existían $3,896 \times 10^6$ granos.

Una vez calculada la cantidad de granos soltados, se desarrollaron análisis planimétricos para cada gráfica de dispersión elaborada. Para esto, se media el área comprendida entre cada isopleta (obtenida por la extracción del área entre dos isopletas consecutivas) y se multiplicaba por el valor de la isopleta menor inmediata. De esta manera, se obtiene el número aproximado de granos trazadores permaneciendo entre las isopletas dadas. Sumando el total de granos contenidos entre cada isopleta, se establecía el número de granos que existían dentro de la zona de muestreo, para el tiempo que la gráfica dictara. (Apéndice No. 4).

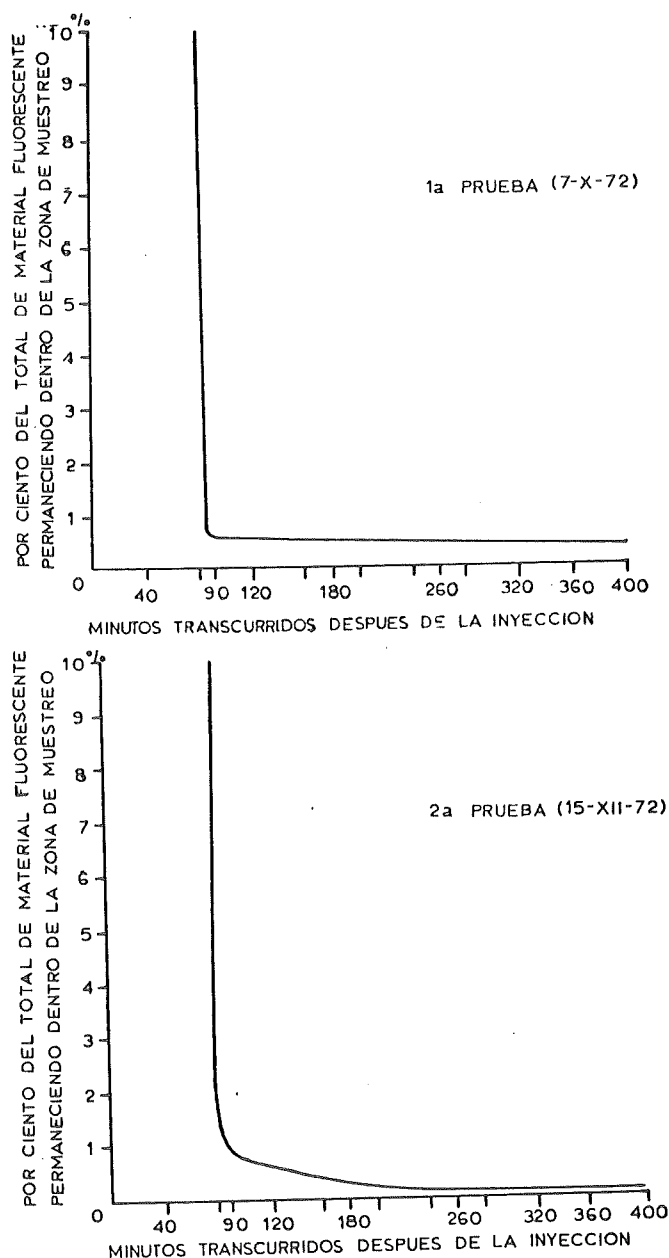
Con estos datos se está en posibilidad de conocer el valor de flujo de material para cada prueba. Si se substraee de la cantidad total de granos soltados, el valor obtenido de la cantidad de granos que permanecen dentro de la zona de muestreo y se divide el resultado por el tiempo -- que dicta la gráfica, se conocerá el número aproximado de granos que dejan la zona por minuto. Sin embargo, es conveniente expresar éstos valores de gasto en por cientos de total de material que permanece dentro -- de la zona de muestreo para cualquier tiempo (figs. 26 y 27). Estas curvas pueden ser vistas como curvas de gasto o pérdida de partículas hacia fuera de la zona de muestreo debido al transporte longitudinal. Conforme se incrementa el tiempo transcurrido después de la inyección, existe menos material para ser transportado, y por lo tanto ocurre un grandiente. Este grandiente está caracterizado por una pendiente inicial abrupta.

FIGURA No.26 y 27

Gráfica de gasto. Las curvas desarrolladas - representan la cantidad promedio de material - fluorescente que abandona la zona de muestreo por minuto.

El cambio en pendiente de las curvas es - interpretado como la representación del movimiento de dos fracciones diferentes de material; los granos en equilibrio (porción bajo el punto de inflexión) que se localizan en alguna parte de la playa y los granos fuera de equilibrio (parte de la curva de mayor pendiente).

El promedio es la fracción de la curva que cae bajo el punto de inflexión es considerado como el valor medio de gasto, que posteriormente determinará la velocidad media de los granos.



ta y por un punto de inflexión característico que suaviza la pendiente del gradiente. Ingle (9) explica dichas características de la curva de la siguiente manera: Si los granos trazadores dejaran continuamente la zona de muestreo en una forma similar y a la misma velocidad, la curva de gasto resultante vendría a ser suave y algo cóncava. Sin embargo, - las curvas de gasto que presenta Ingle están caracterizadas por un claro punto de inflexión o cambio en la pendiente. Este cambio abrupto en la proporción de gasto o flujo hacia fuera de la zona de muestreo, indica que una fracción significativa de los granos trazadores soltados, - dejaban la zona de muestreo a diferentes proporciones, debido a no estar en equilibrio al tiempo del soltado, y viajaron con una predominancia hacia fuera de la playa, más que longitudinalmente con la fracción en equilibrio.

Analizando las curvas de gasto obtenidas (Figs. 26 y 27), podemos observar, que en la primera prueba, el punto de inflexión resultó demasiado abrupto. De lo cual, podemos deducir y ratificar nuevamente la observación hecha de que una porción considerable de material, fue puesto en suspensión al inyectarse, y por lo tanto transportado en una forma inadecuada y, que en conjunto con el material que se mueve fuera de equilibrio, producen el carácter del punto de inflexión obtenido. En la segunda prueba, el punto de inflexión es más suave y se aproxima a lo obtenido por Ingle (9) ¹⁷, pero nuevamente se observa una gran pérdida - de material.

El punto de inflexión en las curvas de gasto es considerado como la diferencia básica en velocidad o dirección de dos fracciones diferentes

del material soltado. Ingle, para comprobar esto, desarrolló una prueba con trazadores fluorescentes, marcados con dos colores diferentes, para identificar una fracción de material grueso y otra más fina. Así observó que los granos fuera de equilibrio (la fracción más gruesa) - tendía a moverse perpendicularmente a la costa, mientras que aquel material que encontró su punto nodal, bajo la zona de derrame, tendió a moverse longitudinalmente en dirección de la corriente.

La distribución momentánea en el tamaño de los granos en la superficie de la pendiente de una playa, consiste de solamente algunos diámetros de grano, los cuales están en equilibrio momentáneo con las corrientes y la pendiente. Dado que el material trazador usado estaba compuesto de un gran rango en tamaño de los granos; es de esperarse que no existan zonas nodales para un gran porcentaje de los granos soltados. Por lo tanto, este material, dejará la zona de muestreo en grandes proporciones a través del vector de la anteplaya, y su movimiento es representado por la parte de mayor pendiente en la curva de gasto, representando elevados valores en el flujo de material. Por otra parte, los granos - que se mueven predominantemente a lo largo de la costa, dentro de sus zonas nodales, permanecerán dentro de la zona de muestreo por un período más largo y su flujo será por lo tanto más lento. El movimiento de este material estará representado por la fracción más suave de la curva denominada la "fracción en equilibrio".

Ingle (9) hace notar que para las pruebas que desarrolló, ésta "fracción en equilibrio" estaba representada por menos del 10% del material soltado; cuando se agrandaba la zona de muestreo, esta fracción llegaba a -

constituir hasta un 35%. Estos datos corroboran nuevamente el exceso de pérdida de material por transporte en suspensión a grandes velocidades; pues en la primera prueba solamente se recobró un 0.6% del total, para el menor tiempo transcurrido; y en la segunda un 0.2%; no obstante que en ambas pruebas, la zona de muestreo era mayor a la que empleo Ingle (9), aunque el menor tiempo transcurrido era mayor.¹⁸

Las curvas de gasto permiten diferenciar dos proporciones de flujo de material fluorescente: una que se considera como el máximo valor de gasto, que representa el porcentaje de granos removidos de la zona de muestreo para el tiempo transcurrido en el primer muestreo y otra, que representa el promedio de los valores de las proporciones de gasto bajo la porción de la curva que abarca la "fracción en equilibrio", después del punto de inflexión. Se considera que el valor de flujo así obtenido, representa una expresión de la velocidad de los granos en equilibrio. Más adelante esta fracción de material será considerada como la representativa de la velocidad de la mayoría de los granos que componen la superficie de la playa.

4.3.- Estimación de la velocidad promedio de los granos trazadores.

Para estar en posibilidad de calcular la velocidad promedio representativa de los granos, fue necesario determinar la distancia que viajaron los granos antes de salir de la zona de muestreo. Para esto, se midió directamente de la gráfica de dispersión, la longitud de la trayectoria predominante que describió el material trazador. Esta distancia se determinó para cada gráfica construida en cada prueba. Al promedio de

estos valores, se les denominó la distancia promedio de viaje.

Con el valor de la distancia promedio de viaje, convirtiendo las proporciones promedio de "gasto en equilibrio", a granos por minuto, y conociendo el número de granos soltados; se está en posibilidad de calcular la velocidad de los granos. Para sacar una media de la velocidad promedio de los granos, se determinó el 50 percentil de la velocidad del total de los granos; así en el cálculo se consideró solamente la mitad del total de los granos. La fórmula para calcular una estimación de la velocidad promedio de los granos, para las pruebas efectuadas, es la empleada por Ingle (9) y relaciona lo anteriormente descrito, de la siguiente forma:

$$\frac{(G) 1/2}{D^e} = t_{50} \quad (4)$$

donde G = cantidad total de granos soltados; De = proporción de gasto promedio en "equilibrio" (granos por minuto); t_{50} = tiempo para la mitad de los granos soltados, en dejar la zona de muestreo (minutos).

Para estimar la velocidad promedio de los granos en "equilibrio" se usó la siguiente expresión:

$$\frac{\overline{L}}{t_{50}} = \overline{U}_g \quad (5)$$

donde $\overline{L}$ = distancia promedio de viaje de los granos (metros); $\overline{U}_g$ = velocidad promedio de los granos (metros por minuto).

Ingle obtuvo de todas las pruebas que efectuó un promedio de la veloci-

dad de los granos, de un poco mayor de 3m/min. Por lo tanto acentúa -- que la velocidad promedio de los granos para las cinco playa de prueba, fue de aproximadamente 1/6 de la velocidad promedio de la corriente -- longitudinal (18 m/min.) observada para todas las pruebas.

En las pruebas desarrolladas para este trabajo, se calculó una velocidad promedio de los granos de 0.8 m/min. y 2.82 m/min., respectivamente para la primera y segunda prueba. Como se puede observar en los cálculos desarrollados (Apéndice No. 5) en la primera prueba se aplicó una compensación en el cálculo referente a la determinación del valor de - flujo del material trazador. Debido a la pérdida de material observada, en el inciso No. 4.2, se consideró solamente 1/4 del total de material soltado, dentro de la ecuación. Si se considera dentro de la ecuación el total de material inyectado, del cual existió una gran pérdida, al sacar los valores de flujo aparecerán ser poco ciertos. Esto es, el valor de flujo está basado en la diferencia del total de material soltado con la cantidad de material que permanece en la zona de muestreo, - dividido entre el tiempo que dicta el punto medio bajo la "fracción en equilibrio". Por lo tanto, si consideramos dentro de la ecuación el total de material soltado, se estará considerando una gran fracción de - material que probablemente no existía dentro de la zona ni siquiera para los primeros minutos después de la inyección.

En la segunda prueba dicha compensación no se aplicó, puesto que no se notó un transporte tan irregular ni en las gráficas de dispersión, ni en la curva de gasto, como en la primera prueba; solamente se compensó la pérdida de material sufrida, contando 40 Kgms. de material en vez de los 80 Kgms. inyectados. ¹⁹

4.4.- Profundidad de la capa móvil.

El espesor de la capa móvil en la playa, es otro de los requisitos a determinar para llegar al cálculo de la cantidad de transporte litoral. Hasta la fecha, el espesor de la capa móvil, es de todos los parámetros, el que menos se conoce. Komar e Inman (28) describen dos métodos para determinar el espesor de la capa móvil: 1) Asumían que el espesor de la capa móvil era igual a la profundidad a la que estaba enterrado el material trazador en una muestra sacada con nucleador del lecho de la playa. 2) Siguiendo una técnica de King (13) (la cual puede ser usada solamente en lugares donde se pueda medir el rango de mareas) se cavaron una serie de pequeños orificios en el lecho de la playa y se llenaron con arena nativa coloreada con tinta de la india. Cerca de cada orificio, colocaron una estaca para determinar su posición y cambios en el lecho de la playa. En la bajamar siguiente ahondaron los sitios de arena coloreada y midieron la profundidad a la cual la arena marcada había sido removida, como una medida del espesor de la capa móvil.

El espesor de la capa móvil depende principalmente de la energía del oleaje y del peso del grano. Por lo tanto, los bajos valores obtenidos en la velocidad promedio de los granos, sugieren que la mayoría de los granos se mueven por tracción, más que en suspensión. Dado esto, se puede pensar que el espesor de la capa móvil en una playa es de solamente algunos diámetros de grano, excepto para las zonas de rompientes y de transición de una playa. (Einstein, 1948 en Ingle, 9).

El problema para determinar la profundidad de la capa móvil, fue resuel

to por Ingle (9) de una manera negativa.

Usando la velocidad promedio de los granos, derivada de la curva de gasto del trazador y la cantidad anual de depositación en algunos es pigones, logró determinar una relación directa con el diámetro medio de los granos de la playa y el espesor promedio de la capa móvil (Fig. No. 28). Para ésto, tomó en consideración valores de transporte litoral anual, determinado por la depositación medida en tres espigones, localizados cerca de las playas donde realizó el estudio; el promedio anual de la velocidad de los granos, el promedio anual del ancho de playa y una constante arbitraria de longitud de playa de 1 mt.; - que relacionados en la fórmula:

$$Uga. A. B. = Qi \quad (6)$$

dan

$$B = 100 \frac{Qi}{Uga. A} \quad (7)$$

donde Uga = promedio anual de la velocidad de los granos; A = unidad anual promedio de transporte (promedio anual de anchura de playa x 1 mt) B = profundidad de la capa móvil (cm); Qi = promedio anual de transporte litoral (m³/día).

De esta forma Ingle determinó la relación entre el diámetro medio de los granos y la profundidad de la capa móvil. En este estudio el espesor de la capa móvil fue determinado a partir de dicha relación. Así, se obtuvo que para un diámetro medio del perfil de playa de 0.124 mm., se obtenía un espesor de capa móvil de 0.03 cm.

4.5- Cálculo de la cantidad de acarreo litoral.

La determinación de la profundidad de la capa móvil, provee el último de los valores necesarios, para estimar la cantidad de transporte en una playa.

Para poder calcular una unidad de volumen de arena transportada en una playa, se hizo uso del ancho de la playa, la profundidad estimada de la capa móvil y una constante de longitud de playa de 1 mt., que se relacionaron en la siguiente forma:

$$V = K . W . B \quad (8)$$

donde K = constante de longitud de playa de 1 mt.; W = anchura de la playa; B = espesor de la capa móvil y V = unidad de volumen de arena transportada (m^3).

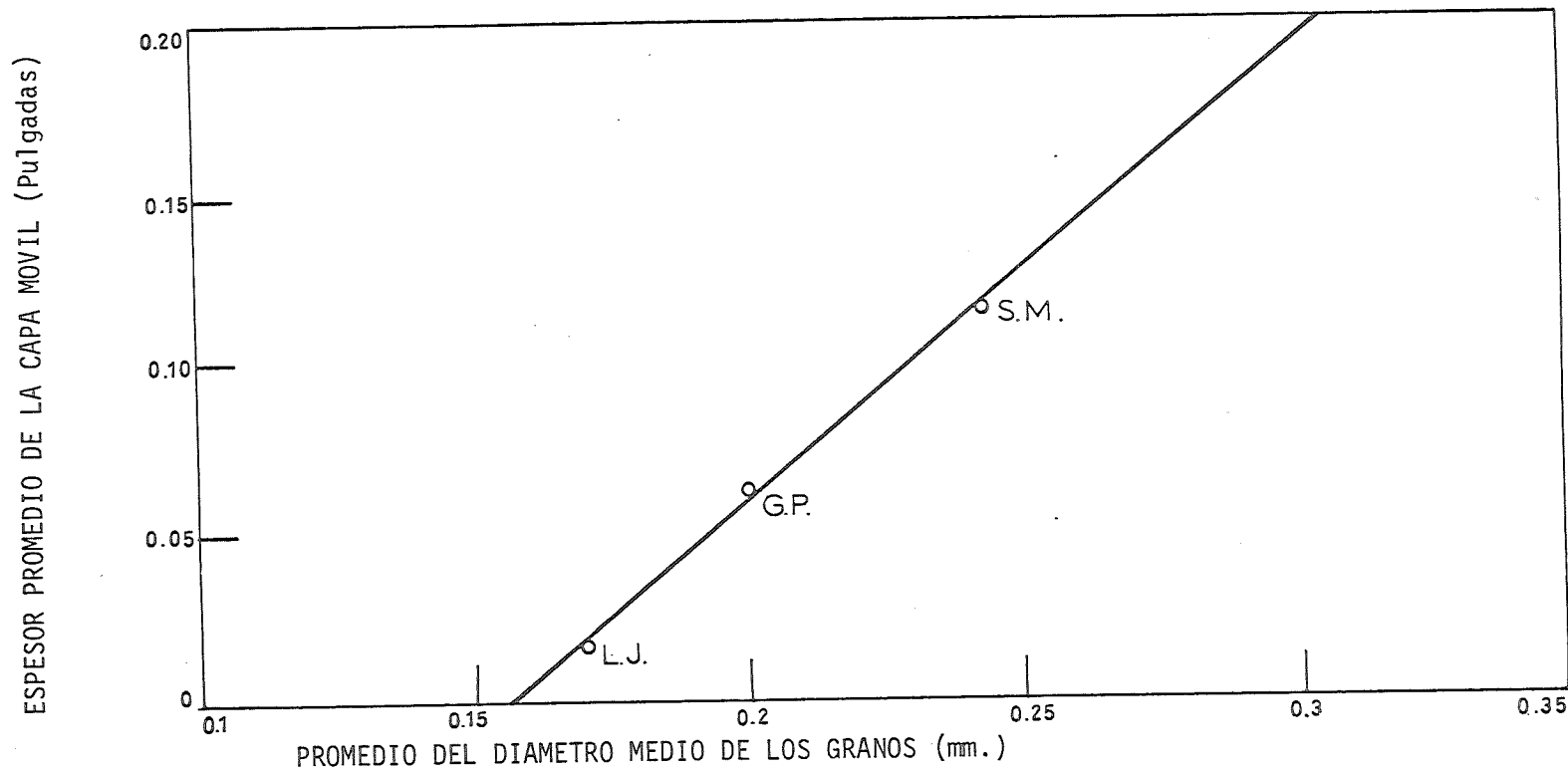
Usando la unidad de volumen de arena transportada, se obtuvo la cantidad de transporte litoral, a partir de la siguiente expresión:

$$Q_i = V . U_g . 1440 \quad (9)$$

donde V = unidad de volumen de material transportado (m^3); U_g = velocidad promedio de los granos (m/min.); Q_i = cantidad de transporte - - - (m^3 /día).

De esta forma se obtuvo, que para la primera prueba correspondía un valor de $28 m^3$ /día y para la segunda $97.73 m^3$ /día (Apéndice No. 5).

FIGURA No. 28



Relación entre el promedio del diámetro medio de arena, a lo largo del perfil de playa y el espesor de la capa móvil. La curva fue derivada en forma negativa a partir de la cantidad anual de deposición sobre tres espigones. Los puntos en la curva representan valores derivados por Ingle (9), a partir de los tres espigones: Santa Mónica (SM), Goleta Point (G.P.) y la Jolla (L.J.). (Reproducido de Ingle, (9) p. 161).

4.6.- Correlación del transporte litoral con parámetros de oleaje y sedimentos.

La energía del oleaje es el principal factor en la iniciación del movimiento de los sedimentos, que en conjunto con la incidencia del oleaje crean la componente longitudinal de energía del oleaje que transporta los sedimentos a lo largo de la playa.

El enunciado anterior es la base en la que se apoyan todos los métodos para determinar el transporte litoral; y que se puede expresar de la siguiente forma:

$$Q_s = K \cdot E_i \quad (10)$$

donde E_i = energía incidente (ft.-Lb./día/ft. de playa); Q_s = material transportado (yardas cúbicas/día) y, K = función adimensional, que depende de la relación de esbeltez y de las características del material playero.

Para poder llegar a una correlación de los valores de transporte obtenidos para este trabajo, se aplicaron dos criterios diferentes al desarrollo. En el primero, se obtuvo el valor de transporte a partir de una ecuación propuesta por Larras (40):

$$Q = K \cdot g \cdot H^2 \cdot T \cdot \sin 2 \alpha \quad (11)$$

donde Q = cantidad de transporte ($\text{mt}^3/\text{unidad de tiempo}$); H = altura de la ola en la rompiente; T = período; α = ángulo de incidencia del oleaje; g = aceleración de la gravedad; K = función adimensional que depende de

la esbeltez y de las características del material playero.

El valor de K se puede expresar según experiencias de laboratorio (Laval 41) como:

$$K = 0.18 \times 10^{-5} \cdot D^{-1/2} \cdot L_0/H_0 \quad (12)$$

donde D = diámetro medio del material playero; L_0 = longitud de onda - en aguas profundas; H_0 = altura del oleaje en aguas profundas. Laval - (41), propone un valor para K de 3×10^{-4} para playas con un diámetro medio en los granos de 0.4 mm. a 0.1 mm., y que fue el adoptado para - los cálculos (Apéndice No. 6).

El segundo criterio es una relación elaborada por Caldwell (en Bascom, 42) que relaciona el valor de la componente longitudinal de la energía del oleaje, con la cantidad de material en transporte. Dicha relación es una función directa entre el valor de la energía longitudinal medida en una playa con respecto a los valores de transporte, determinados a partir de seccionamientos.

La ecuación utilizada para determinar el valor de la componente longitudinal de la energía es la propuesta por Adachi et al. 1969 (en Ingle, - 9):

$$E_l = 1/16 \cdot w \cdot H_b^2 \cdot (L_b/T) \cdot \sin 2 \alpha \quad (13)$$

donde E_l = componente longitudinal de la energía del oleaje (ft.-Lb/min/ft. de playa); w = peso específico del agua de mar; H_b = altura de la ola en la rompiente; L_b = longitud de onda en la rompiente; T = período y α = ángulo de incidencia en la rompiente.

De esta forma se obtuvieron diferentes medios para correlacionar el valor del transporte obtenido a través de trazadores fluorescentes. Para la primera prueba (7-X-72), se obtuvo: con trazadores fluorescentes un valor en el transporte de $28 \text{ mt}^3/\text{día}$; por medio de la fórmula de Larras, $41 \text{ mt}^3/\text{día}$; y por medio de la relación de Caldwell, $61 \text{ mt}^3/\text{día}$. En la segunda prueba (15-XII-72): $98 \text{ mt}^3/\text{día}$; $198 \text{ mt}^3/\text{día}$ y $764 \text{ mt}^3/\text{día}$, respectivamente (Apéndice No. 6).

5.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Al tratar de evaluar el transporte litoral a través de luminóforos, se proporciona un método más para la determinación de este parámetro, tan importante y a la vez tan difícil de determinar, dentro de la ingeniería costera.

El desarrollo de este trabajo, basado en el método elaborado por Ingle (9), produce las bases para su aplicación futura en evaluaciones de -- transporte de sedimentos. El método se basa en la utilización de sedimentos de playa (hidrodinámicamente semejante a la del sitio de estudio) cubiertos con una capa fluorescente, con el fin de introducirlos en el ambiente costero, para rastrear su comportamiento.

Los resultados obtenidos a través del estudio, son los siguientes:

1) El marcado del material por medio de la pintura fluorescente, resultó ser satisfactorio, siempre y cuando el material sea lavado cuidadosamente con detergente, antes de su introducción; con el fin de eliminar residuos (probablemente grasos) que permanecen en el material - después de ser pintado, los cuales alteran las características hidrodinámicas de los granos. Como se observó en la práctica, probablemente resulte más conveniente el mandar a hacer el marcado de las arenas a una compañía especializada.

2) Uno de los principales problemas encontrados, radicó en el método de inyección. El autor siguió el sugerido por Ingle (9), que consiste en -

la introducción del material en bolsas de plástico, que se rompen manualmente. Este sistema presentó problemas principalmente en zonas donde -- las profundidades del agua excedía de 50 a 80 cm. puesto que resultaba sumamente difícil el mantener inmóviles las bolsas de material sobre el lecho, y en el punto de inyección, para cortarlas sin que el oleaje y las corrientes malograran la acción; resultando inevitable el poner en suspensión gran parte del material. Se considera que este problema encontrado, se puede solucionar fácilmente, utilizando bolsas de plástico solubles en agua, en vez del método utilizado.

3) El sistema de muestreos resultó sumamente satisfactorio, después de haber reducido la superficie de las placas. El área de "impresión" resultaba casi total siempre y cuando se untara la cantidad adecuada de vaselina con la consistencia adecuada. Sin embargo, el método descrito por Komar (34), que consiste en un muestreo por volumen, puede resultar conveniente, dado que de éste modo se está considerando a los granos contenidos dentro de la capa móvil de la playa y así evitarse el usar métodos indirectos en la determinación del espesor de la capa móvil, como el utilizado en este trabajo.

4) La obtención de los parámetros playeros resultan sumamente importantes para el buen desarrollo del método. Las granulometrías obtenidas a lo largo del perfil de la playa resultaron útiles en la determinación del espesor de la capa móvil, en la cuantificación de la cantidad de arena inyectada, y en general para la correlación de ciertas características del ambiente playero, que son determinantes en el carácter del transporte

te de los sedimentos. El registro del oleaje en sus tres características primordiales (altura, período e incidencia) fueron registradas mientras se desarrollaba la prueba; los resultados obtenidos fueron utilizados - en la correlación con el valor de la cantidad de transporte obtenido a través del método; esto es importante pues la exactitud en la determinación del oleaje en el campo es primordial, dado que, es el factor más importante en el control del transporte en las costas (Inman, et. al - 29 y 35). El levantamiento de los perfiles, se llevaron a cabo por medio de nivel fijo ystadal, obteniéndose resultados exactos; el método con trazadores en general no requiere una exactitud primordial en este aspecto (Ward y Sorensen, 23) por lo cual, sería muy útil el determinar - los perfiles por medio de un método visual aproximativo descrito por -- Emery (37), con el cual se ahorraría tiempo. Las mediciones de la corriente longitudinal se desarrollaron por medio de colorantes elaborados por el autor, las cuales resultaron satisfactorias, puesto que se lograba mantener la coloración dentro de la zona de derrame por lo menos durante tres minutos; las mediciones se efectuaron únicamente en el canal de la barra, habiendo sido más concluyentes si se hubieran determinado en diferentes puntos a lo largo de un perfil de playa.

b) En general, el desarrollo del método resultó satisfactorio. Al analizar las gráficas de dispersión obtenidas, se pudo observar la irregularidad supuesta que se llevó en el momento de la inyección del material trazador. En la gráfica para los 90 minutos de la primera prueba, se - puedo observar una dispersión irregular y mayor a la de las gráficas - subsecuentes. Otra irregularidad, es una regresión de las concentracio-

nes, de granos fluorescentes, sobre el eje en las gráficas para 90 minutos y 180 minutos (Fig.19); probablemente debida a la misma anomalía en la inyección. En la segunda prueba se trató de inyectar doble cantidad de material, para aumentar los valores de las isopletas; en solamente dos puntos de perfil de playa, para simplificar la inyección; diferenciándolos en color, para poder analizar los patrones de movimiento de las dos zonas. Desgraciadamente el material inyectado en la zona de la la. rompiente, se perdió en su totalidad, debido a una anomalía en la inyección. Dado esto, solamente se registró el transporte efectuado en la zona de estrán, donde la inyección de la otra parte del material se efectuó sin ninguna anomalía.

6) En la correlación desarrollada para los resultados obtenidos en el valor del transporte por medio de trazadores, se puede observar una discrepancia entre los diferentes criterios utilizados. Pero se puede considerar que los resultados obtenidos están dentro de lo razonable si se considera: las anomalías presentadas durante la inyección de los materiales fluorescentes; que la fórmula No. 11 presentada por Larras (41), parte de condiciones de oleaje, que probablemente no fueron constantes durante el desarrollo de la prueba y, que la relación de valores que presenta Caldwell (en Bascom, 42) se obtuvieron a partir de un promedio de los valores de transporte y no de sólo una prueba.

Por lo tanto, se puede concluir que con el uso de trazadores fluorescentes es posible realizar una medida cuantitativa del acarreo litoral, - que será más exacta mientras mayor número de pruebas se realicen a lo largo del año. Tomando sobre todo en cuenta los cambios estacionales -

que sufren el oleaje y las corrientes de una localidad determinada.

N O T A S :

- 1 C.I.F.S.A., Nuevo León No. 108 - 302, México D. F.
- 2 Comentan los autores que la capa formada en el grano duraba muy poco y no se podían identificar. Mediante pruebas efectuadas, de terminaron que la capa del colorante se diluía en el agua en me mos de un día, aún y cuando usaron los productos y procedimientos recomendados por Wright. Esto viene a confirmar la recomendación hecha a nosotros por un Ingeniero de CIBA GEIGY, con res pecto a que aunque los productos sean de la misma firma, estos cambian en concentración de sus componentes, de una planta a otra.
- 3 Dichas características son: a) Que sean económicas y en existencia. b) Que tengan cierta capacidad adhesiva. c) Que forme una capa en el grano no mayor de 0.01 mm. d) Que tenga cierta resistencia a la abrasión. e) Que resista a los químicos y al agua. f) Que retenga el color fluorescente sin oxidación. g) Que posean un porciento de sólidos o no volátiles del 40 al 70%. h) Que la viscosidad sea alta.
- 4 Plyophen, 5510 de REICHHOLD QUIMICA DE MEXICO, S. A.
- 5 Wallpol, 9124 de REICHHOLD DE MEXICO, S. A.
- 6 Sherwin-glo de SHERWIN WILLIAMS, S. A., rojo mercurio, 9360U; rojo cereza, ; verde brillante.
- 7 Auramina O al 150% (amarilla) y rodamina B al 500% (rojo) de CIBA GEIGY DE MEXICO, S. A.

- 8 Generalmente la muestra de arena que se introduce en el tubo de Emery, se vacía seca. Al vaciarse la muestra con pintura, - se observó que gran cantidad de material no se humedecía inmediatamente e inclusive quedaban flotando grandes concentraciones de granos, en forma de grumos. Dado esto, fue necesario el humedecer perfectamente la muestra antes de ser depositada en el tubo de Emery.
- 9 Este procedimiento de pintado no presenta ningún problema - con respecto a la intensidad de la fluorescencia que se pueda obtener, sino al contrario, posee una intensidad óptima y presenta características de compatibilidad muy buenas entre el pigmento y la resina.
- 10 En otros procedimientos es necesario "moler" el material - después de haberse pintado, para reducirlo a su granulometría inicial. La mayoría de las resinas al secar forman grumos segmentados de material. Con este producto el molido no era necesario. Al secar el material quedaba completamente suelto en un 98% por lo menos, quedando solamente pequeños grumos que eran desechados.
- 11 Tipo de nivel . Basculante "Rossbach"
- 12 Rodamina B al 500% (rojo) de CIBA GEIGY DE MEXICO, S. A.
- 13 Veleta ."Rossbach"

- 14 Anemómetro. De mano Rossbach.
- 15 Geotec. Londres No. 44, Coyoacán
- 16 U.V.S.L. 25 Mineralight Lamp; Ultra-Violet Products, Inc.
San Gabriel, Calif. U.S. A.
- 17 Dado que el autor siguió el método desarrollado por Ingle se tomaron como punto de correlación las gráficas de gasto elaboradas por Ingle. Aunque no es válida la comparación - directa del carácter de los puntos de inflexión de los dos trabajos. Se pudo observar que en una gran cantidad de curvas de gasto, producidas por una gran variedad de condiciones oceanográficas, ninguna presentaba un punto de inflexión tan abrupto, como el encontrado para la primera prueba de este trabajo.
- 18 Este es el principal elemento que nos hace pensar en otra pérdida de material a parte de la "natural" (porción fuera de equilibrio). Esta pérdida es referida a dificultades durante la inyección, pues se considera que la pérdida total del material no pudo ser por estar fuera de equilibrio, ya que el material trazador utilizado fue tomado tres días antes de la prueba y la granulometría no cambió mucho. Es por esto que se tomó en comparación las gráficas obtenidas por Ingle (9), ya que él, para su trabajo utilizó material trazador colectado mes y medio antes del día de la prueba.

- 19 En la segunda prueba efectuada, se inyectaron 80 Kgms. de material fluorescente: 40 Kgms. de rojo cereza, en el estrán y 40 Kgms. de verde brillante, en la primera rompiente. Dado el fuerte efecto de la rompiente y la gran corrieente longitudinal existentes, la inyección en la primera rompiente, se desarrollo prácticamente a media agua, provocando la pérdida total del material; pues el análisis de las placas revelaron solamente unos cuantos granos verdes, que no se podían tomar en cuenta.

- 7 D.S.I.S. SEDIMENT DISPERSION IN THE APPROACHES TO
KING'S LYNN; AN INVESTIGATION USING RADIO
ACTIVE TRACERS
Wallingford Berkshire England, Report No.
EX 237
May 1 9 6 4
- 8 Einstein, H.A. THE BED-LOAD FUNCTION FOR SEDIMENT TRANS-
PORTATION IN OPEN CHANEL FLOW
México, Centro de Documentación Cientifi
ca y Técnica de México
1 9 5 0
- 9 Ingle Jr. J.C. THE MOVEMENT OF BEACH SAND
An Analysis Using Fluorescent Grains
Elsevier publishig company
New York 1 9 6 6
- 10 Inman, D. L. SUGESTED STANDARDIZATION OF THE "DESCRIPTIVE
PARAMETERS" IN THE MECHANICAL ANALYSIS OF
SEDIMENTS
Submarine Geology Report No. 15 (Rev. as
sia Ref. 51-45)
October 1 9 5 0
- 11 Inman, D.L. and CURRENTS IN THE SURF ZONE
Quinn, W. H. Scripps Institution of Oceanography
SIO Reference 15-10, Submarine Geology
Report No. 23
March 1 9 5 2

- 12 Jolliffe, I.P., B.Sc. THE USE OF TRACERS TO STUDY BEACH MOVEMENTS;
AND THE MEASUREMENTS OF LITORAL DRIFT BY A
FLUORESCENT TECHNIQUE
Hydraulics Research Station, D.S.I.R.
Hawbery Park - Wallingford Berkshire, England
- 13 King, C.A.M., PH. D. BEACHES AND COASTS
Edward Arnold LTD
London, 1 9 5 9
- 14 López G.H. et al ESTUDIO PRELIMINAR PARA LA REHABILITACION DE
LA LAGUNA MADRE DE TAMAULIPAS
Secretaría de la Presidencia, México
1 9 6 7
- 15 López, G. H. VALUACION DEL TRANSPORTE LITORAL EN UNA PLAYA
II Congreso de Oceanografía
1 9 6 9
- 16 Munk, W.H. and TRAYLOR, M. A. REFRACTION OF OCEAN WAVES; A PROCESS LINKING
UNDER WATER TOPOGRAPHY TO BEACH EROSION
Scripps Institution of Oceanography
The Journal of Geology; Vol. LV, No. 1
January, 1 9 4 7
- 17 Shepard, F.P. and INMAN, D. L. NEARSHORE CIRCULATION
Scripps Institution of Oceanography
Proc. First Conf. Coastal Engr. Council Wave
Res.
1 9 5 1

- 18 S.R.H. BOLETIN HIDROLOGICO No. 30
Región Hidrológica No. 11 Zona de los Ríos
Presidio a San Pedro, Tomo I
Secretaría de Recursos Hidráulicos, Jefatura
de Irrigación y Central de Ríos
Diciembre, 1 9 6 8
- 19 Stuiver, M. and
Purpura, J. A. APPLICATION OF FLOURESCENT COATED SAND IN
LITTORAL DRIFT AN INLET STUDIES
Departament of Coastal and Oceanographic
Engineering
University of Florida
- 20 Teleki, P.G. SCANNING FLUORESCENT TRACER SAND
Coastal Engineering Laboratory, University
of Florida P.P. 51-63
August, 1 9 6 3
- 21 Teleki, P. G. FLUORESCENT SAND TRACERS
University of Florida, Gainesville, Florida
Journal of Sedimentary Petrology, Vol. 36 No. 2
P.P. 468-485 Fig. 1-8
June, 1 9 6 6
- 22 Uribe Rojo, M. A. TECNICA PARA EL EMPLEO DE TRAZADORES LUMINIS
CENTES
Depto. de Estudios y Laboratorios, Dirección
General de Obras Marítimas, Tomo II, No. 2 y 3
Junio y septiembre, 1 9 6 6

- 23 Ward, M. and
Sorensen, R. M. A METHOD OF TRACING SEDIMENT MOVEMENT ON THE
TEXAS GULF COAST
COE Report No. 138, Texas A and M. University
SEA GRANT PROGRAM
1 9 7 0
- 24 Wiegel, R. L. OCEANOGRAPHICAL ENGINEERING
Prentice-Hall International, Inc
Englewood Cliffs, N. J.
1 9 6 4
- 25 Wiegel, R. L. CURSO DE INGENIERIA DE COASTAS
Secretaría de Marina, México
1 9 6 5
- 26 Rowe, R. S. METHODS OF DETERMINING SAND AND SILT MOVEMENT
ALONG THE COAST, IN STUARIES AND IN MARITIME
RIVERS. USE OF MODERN TECHNIQUES SUCH AS RADIO
ACTIVE ISOTOPES, LUMINOPHORS, ETC.
Procedings - XX th. International Navegation
Congress
Subject 5, 18 September 1 9 6 1
- 27 Russell, H.C.R. THE USE OF FLUORESCENT TRACERS FOR THE MESUREMENT
OF LITORAL DRIFT
Procedings of 7 th Conference on Coastal Engi-
neering. Volume 1, Chapter 24, pp. 418-444
August 1 9 6 0

- 28 Komar, D. P. and Inman, D. L. LONG SHORE TRANSPORT ON BEACHES
Journal of Geophysical Research.
Vol. 75, No. 30
October 20, 1970
- 29 Inman, D. L. and Frautschy, D. J. LITORAL PROCESSES AND THE DEVELOPMENT OF
SHORELINES
Coastal Engineering, Santa Barbara Specialty
Conference 1965
Amer. Soc. Civ. Engres. 1966
- 30 Tschebotarioff, P. G. SOIL MECHANICS, FOUNDATIONS AND EARTH STRUCTURES
Mc Graw - Hill Book Company Inc.
1 9 6 5
- 31 Shepard, F. P. SUBMARINE GEOLOGY
Harper and Row, New York, N. Y.
1 9 6 3
- 32 Ayala-Castañares A. y Phleger, F. B. LAGUNAS COSTERAS, UN SIMPOSIO
Universidad Autónoma de México
1 9 6 9
- 33 Folk, R. L. PETROLOGIA DE LAS ROCAS SEDIMENTARIAS
Instituto de Geología de la U.N.A.M.
Traducido por Carmen Schlaepfer y Rebeca
M. de Schitter
México, D. F. 1 9 6 9

- 34 Komar, D. P. THE MECHANICS OF SAND TRANSPORT ON BEACHES
Journal of Geophysical Research; Vol. 76 No. 3
January 20, 1971
- 35 Inman, D. L. and Bowen, J. A. FLUME EXPERIMENTS ON SAND TRANSPORT BY WAVES
AND CURRENTS
Conference on Coastal Engineering. 8 th,
Mexico, City
2 - 10 November 1962
Proceeding, 1963. pp. 137-150
- 36 Inman, D. L. and Chamberlain, T. K. TRACING BEACH SAND MOVEMENT WITH IRRADIATED
QUARTZ
Journal of Geophysical Research. Vol. 64 No. 1
January, 1959
- 37 Emery, K. O. A SIMPLE METHOD OF MEASURING BEACH PROFILES
Limnol. Oceanog. 6: 90-93.
1961
- 38 Sánchez Barreda L.A. TRANSPORTE DE SEDIMENTOS A LO LARGO DE LA -
PARTE INTERNA DE UNA BARRA, EN EL COMPLEJO
DE LAS LAGUNAS SUPERIOR E INFERIOR DE OAXACA,
MEXICO
Esc. Superior de Ciencias Marinas, U.A.B.C.
Ensenada, B. C., 1972

- 39 S. P. ESTUDIO REGIONAL DE LA LAGUNA MADRE DE
TAMAULIPAS
Secretaría de la Presidencia
Dirección de Planeación
Enero de 1967
- 40 Larras, J. COURS D'HYDRULIQUE MARITIME ET DE TRAVAUX
MARITIMES
Dunoud, Paris
1 9 6 1
- 41 Laval, M. D. COURS DE TRAVAUX MARITIMES
Ecole Nationale des Ponts et Chaussees
Paris, 1963 - 1963
- 42 Bascom, W. WAVES AND BEACHES
Science Study series, 534
Garden City, New York
1 9 6 4

APENDICE No. 1

PARAMETROS DE SEDIMENTOS

Punto de muestreo	Diámetros ϕ	% de material	ϕ_{50}	σ_1	Densidad
Duna	-0.25	-----	2.42	0.45	2.69
	0.75	-----			
	1.74	7.80			
	2.75	73.90			
	3.12	97.70			
Estrán	-0.25	0.90	2.76	0.50	2.68
	0.75	1.30			
	1.74	9.73			
	2.75	48.90			
	3.12	94.40			
2a rom- piente	-0.25	-----	2.85	0.32	2.68
	0.75	0.60			
	1.74	2.80			
	2.75	27.10			
	3.12	92.40			
1a. rom- piente	-0.25	-----	2.91	0.29	2.67
	0.75	0.50			
	1.74	4.30			
	2.75	18.40			
	3.12	87.20			

ϕ_{50} = valor correspondiente al 50% en la gráfica acumulativa.

σ_1 = desviación estandar gráfica inclusiva que viene dada por la fórmula

$$\frac{\phi_{84} - \phi_{16}}{4} + \frac{\phi_{95} - \phi_5}{6.6}$$

Según Folk (33) el grado de clasificación es definido por el valor de σ_1 de la siguiente forma:

σ_1 menor de 0.35 ϕ	muy bien clasificado
0.35 a 0.50	bien clasificado
0.50 a 0.71	moderadamente bien clasificado
0.71 a 1.0	moderadamente clasificado
1.0 a 2.0	mal clasificado
2.0 a 4.0	muy mal clasificado
mayor 4.0 ϕ	extremadamente mal clasificado

APENDICE No. 2

VALORES OBTENIDOS PARA LA CANTIDAD DE GRANOS FLUORESCENTES POR
DM2 EN LAS ESTACIONES DE MUESTREO

1a. PRUEBA (7-X-72)

ESTACION	No. DE GRANOS	AREA "IMPRESA" %	No. DE GRANOS/DM2	HORA DE MUESTREO	Ts/Ta	No. DE GRANOS/DM2 CORREGIDOS
1B3	39	60	65	13h. 32'	90/67 =1.34	87
1B4	100	80	125	" 34'	90/69 =1.30	164
1B5	42	80	52	" 34'	90/69 =1.30	68
1B6	72	70	103	" 35'	90/70 =1.28	132
1A2	0	---	---	---	---	---
1A3	0	---	---	---	---	---
1A4	0	---	---	---	---	---
1A5	2	90	2	" 40'	90/75 =1.20	2
1C2	29	70	41	" 44'	90/79 =1.14	47
1C3	11	50	22	" 44'	90/79 =1.14	25
1C4	8	40	20	" 45'	90/80 =1.12	22
1C5	5	20	25	" 47'	90/82 =1.10	28
1D2	2	100	2	" 49'	90/84 =1.07	2
1D3	2	95	2	" 50'	90/85 =1.06	2
1D4	2	80	3	" 50'	90/85 =1.06	3
1D5	12	100	12	" 51'	90/86 =1.05	13
1E2	15	100	15	" 53'	90/88 =1.02	15
1E3	4	10	40	" 54'	90/89 =1.01	40
1E4	2	15	13	" 55'	90/90 =1.00	13
1E5	7	50	14	" 56'	90/91 =0.99	14
1F2	21	100	21	" 58'	90/93 =0.97	21
1F3	6	90	7	" 59'	90/94 =0.96	6
1F4	0	---	---	---	---	---
1F5	0	---	---	14h. --	---	---
1G2	4	70	6	" 05'	90/100=0.90	4
1G3	1	40	3	" 05'	90/100=0.90	2
1G4	2	100	2	" 06'	90/101=0.89	2
1G5	0	---	---	---	---	---
1H2	0	---	---	---	---	---
1H3	1	90	1	" 11'	90/106=0.85	0
1H4	0	---	---	---	---	---
1H5	0	---	---	---	---	---

ESTACION	No. DE GRANOS	AREA "IMPRESA" %	No. DE GRANOS/DM2	HORA DE MUESTREO	Ts/Ta	No. DE GRANOS/DM2 CORREGIDOS
2B3	110	90	122	14h. 59'	180/154=1.17	142
2B4	221	100	221	" 60'	180/155=1.16	256
2B5	88	50	176	15h. 01'	180/156=1.15	204
2B6	54	40	135	" 02'	180/157=1.14	154
2A3	2	90	2	15h. 05'	180/160=1.1	2
2A4	0	---	---	---	---	---
2A5	0	---	---	---	---	---
2A6	0	---	---	---	---	---
2C3	15	60	25	" 10'	180/165=1.09	27
2C4	17	50	34	" 11'	180/166=1.08	37
2C5	6	70	9	" 12'	180/167=1.07	10
2C6	0	---	---	---	---	---
2D2	1	80	1	" 15'	180/170=1.06	1
2D3	4	70	6	" 16'	180/171=1.05	6
2D4	3	70	4	" 17'	180/172=1.04	4
2D5	0	---	---	---	---	---
2E2	2	90	2	" 20'	180/175=1.03	2
2E3	0	---	---	---	---	---
2E4	0	---	---	---	---	---
2E5	5	90	6	" 22'	180/177=1.01	6
2F2	0	---	---	---	---	---
2F3	---	---	---	---	---	---
2F4	3	80	4	" 27'	180/182=0.98	4
2F5	0	---	---	---	---	---
2G2	1	80	1	" 32'	180/187=0.96	0
2G3	0	---	---	---	---	---
2G4	0	---	---	---	---	---
2G5	0	---	---	---	---	---
2H2	1	90	1	" 36'	180/190=0.95	0
2H3	0	---	---	---	---	---
2H4	0	---	---	---	---	---
2H5	0	---	---	---	---	---

- 3 -

ESTACION	No. DE GRANOS	AREA "IMPRESA" %	No. DE GRANOS/DM2	HORA DE MUESTREO	Ts/Ta	No. DE GRANOS/DM2 CORREGIDOS
3B2	49	30	163	16h.20'	260/235=1.11	181
3B3	49	25	196	" 20'	260/235=1.11	218
3B4	55	25	220	" 22'	260/237=1.09	240
3B5	36	40	90	" 23'	260/238=1.08	97
3A2	0	---	---	---	---	---
3A3	0	---	---	---	---	---
3A4	0	---	---	---	---	---
3A5	0	---	---	---	---	---
3C2	2	80	3	" 31'	260/246=1.05	3
3C3	5	50	10	" 32'	260/247=1.05	10
3C4	3	30	10	" 33'	260/248=1.04	10
3C5	3	50	6	" 34'	260/249=1.04	6
3D2	0	---	---	---	---	---
3D3	3	30	10	" 37'	260/252=1.03	10
3D4	4	30	13	" 38'	260/253=1.02	13
3D5	0	---	---	---	---	---
3E2	0	---	---	---	---	---
3E3	0	---	---	---	---	---
3E4	0	---	---	---	---	---
3E5	2	40	5	" 45'	260/260=1.00	5
3F2	0	---	---	---	---	---
3F3	0	---	---	---	---	---
3F4	0	---	---	---	---	---
3F5	0	---	---	---	---	---
3G2	0	---	---	---	---	---
3G3	0	---	---	---	---	---
3G4	0	---	---	---	---	---
3G5	0	---	---	---	---	---
3H2	0	---	---	---	---	---
3H3	0	---	---	---	---	---
3H4	0	---	---	---	---	---
3H5	0	---	---	---	---	---

- 4 -

ESTACION	No. DE GRANOS	AREA "IMPRESA" %	No. DE GRANOS/DM2	HORA DE MUESTREO	Ts/Ta	No. DE GRANOS/DM2 CORREGIDOS
4B2	17	80	21	16h. 12'	245/227=1.08	23
4B3	133	100	133	" 12'	245/227=1.08	163
4B4	35	40	88	" 13'	245/228=1.07	94
4B5	33	50	66	" 14'	245/229=1.06	70
4A2	3	30	10	" 17'	245/232=1.05	11
4A3	0	---	---	---	---	---
4A4	3	70	4	" 18'	245/233=1.05	4
4A5	0	---	---	---	---	---
4C2	5	30	17	" 22'	245/237=1.04	18
4C3	7	60	12	" 23'	245/238=1.03	12
4C4	1	50	2	" 25'	245/240=1.02	2
4C5	0	---	---	---	---	---
4D2	2	60	3	" 28'	245/243=1.01	3
4D3	1	60	2	" 29'	245/244=1.01	2
4D4	0	---	---	---	---	---
4D5	2	80	6	" 30'	245/245=1.00	6
4E2	0	---	---	---	---	---
4E3	1	80	1	" 38'	245/253=0.97	0
4E4	0	---	---	---	---	---
4E5	0	---	---	---	---	---
4F2	0	---	---	---	---	---
4F3	0	---	---	---	---	---
4F4	0	---	---	---	---	---
4F5	0	---	---	---	---	---
4G2	0	---	---	---	---	---
4G3	1	20	5	16h. 48'	245/263=0.93	4
4G4	2	20	10	" 49'	245/264=0.93	9
4G5	0	---	---	---	---	---
4H2	1	20	5	" 54'	245/269=0.91	4
4H3	0	---	---	---	---	---
4H4	0	---	---	---	---	---
4H5	0	---	---	---	---	---

VALORES OBTENIDOS PRA LA CANTIDAD DE GRANOS
FLUORESCENTES POR DM2 EN LA ZONA DE
MUESTREO

2a. PRUEBA

ESTACION	No. DE GRANOS	AREA "IMPRESA" %	No. DE GRANOS/	No. DE GRANOS/DM2	HORA DE MUESTREO	Ts/Ta	No. DE GRANOS/DM2 CORREGIDOS
1B1	38	100	38	59	13h. 05'	90/45=2	118
1B2	39	100	39	61	" 06'	90/46=1.95	119
1B3	11	80	14	22	" 07'	90/47=1.91	42
1B4	11	95	12	19	" 08	90/48=1.87	36
1B5	11	100	11	17	" 09	90/49=1.83	31
1A1	3	100	3	5	" 10'	90/50=1.8	9
1A2	11	100	11	17	" 11'	90/51=1.76	30
1A3	8	100	8	13	" 12'	90/52=1.73	22
1A4	7	100	7	11	" 13'	90/53=1.69	19
1A5	3	100	3	5	" 14'	90/54=1.66	8
1C1	118	90	131	205	" 16'	90/56=1.6	329
1C2	115	95	163	255	" 17'	90/57=1.57	403
1C3	4	90	5	8	" 18'	90/58=1.55	12
1C4	2	100	2	3	" 19'	90/59=1.52	5
1C5	2	95	2	3	" 20'	90/60=1.5	5
1D1	27	100	27	42	" 24'	90/64=1.4	59
1D2	8	100	8	13	" 25'	90/65=1.38	18
1D3	2	90	2	3	" 26'	90/66=1.36	4
1D4	1	100	1	2	" 27'	90/67=1.34	3
1D5	0	---	---	---	" 28'	----	---
1E1	5	100	5	9	" 30'	90/70=1.28	12
1E2	4	100	4	6	" 31'	90/71=1.26	8
1E3	0	---	---	---	" 32'	----	---
1E4	8	90	9	14	" 32'	90/72=1.25	18
1E5	0	---	---	---	" 34'	----	---
1F1	1	100	1	2	" 36'	90/76=1.18	2
1F2	0	---	---	---	" 37'	----	---
1F3	0	---	---	---	" 37'	----	---
1F4	0	---	---	---	" 39'	----	---
1F5	0	---	---	---	" 40'	----	---
1G1	0	---	---	---	" 43'	----	---
1G2	0	---	---	---	" 43'	----	---
1G3	0	---	---	---	" 44'	----	---
1G4	0	---	---	---	" 45'	----	---
1G5	0	---	---	---	" 46'	----	---

ESTACION	No. DE GRANOS	AREA "IMPRESA" %	No. DE GRANOS/	No. DE GRANOS/DM2	HORA DE MUESTREO	Ts/Ta	No. DE GRANOS/DM2 CORREGIDOS
1H1	0	---	0	0	13h. 48'	---	0
1H2	0	---	0	0	" 49'	---	0
1H3	0	---	0	0	" 50'	---	0
1H4	0	---	0	0	" 51'	---	0
1H5	0	---	0	0	" 53'	---	0
2B1	1	100	1	2	14h. 37'	180/137=1.31	3
2B2	4	100	4	6	" 38'	180/138=1.3	8
2B3	3	100	3	5	" 38'	180/138=1.3	7
2B4	5	100	5	8	" 39'	180/139=1.29	10
2B5	0	---	0	0	" 41'	---	0
2A1	1	90	2	3	" 51'	180/151=1.19	4
2A2	58	90	64	100	" 45'	180/145=1.28	124
2A3	38	100	38	59	" 46'	180/146=1.23	73
2A4	8	100	8	13	" 47'	180/147=1.22	16
2C1	24	100	24	36	" 52'	180/152=1.18	43
2C2	25	100	25	39	" 48'	180/148=1.22	47
2C3	5	80	6	9	" 54'	180/154=1.17	11
2C4	0	---	0	0	" 56'	---	0
2D1	16	100	16	25	" 57'	180/157=1.15	29
2D2	3	100	3	5	" 58'	180/158=1.14	6
2D3	1	100	1	2	" 59'	180/159=1.13	2
2D4	0	---	0	0	15h. 00'	---	0
2E1	2	100	2	3	" 03'	180/163=1.10	3
2E2	3	100	3	5	" 04'	180/164=1.10	5
2E3	2	100	2	3	" 05'	180/165=1.09	3
2E4	4	100	4	6	" 07'	180/167=1.08	6
2F1	2	100	2	3	" 09'	180/169=1.08	3
2F2	1	50	2	3	" 10'	180/170=1.06	3
2F3	0	---	0	0	" 12'	---	0
2F4	0	---	0	0	" 13'	---	0
2G1	1	100	1	2	" 16'	180/176=1.02	1
2G2	0	---	0	0	" 17'	---	0
2G3	0	---	0	0	" 18'	---	0
2G4	0	---	0	0	" 22'	---	0
2H1	0	---	0	0	" 25'	---	0
2H2	0	---	0	0	" 26'	---	0
2H3	0	---	0	0	" 27'	---	0
2H4	0	---	0	0	" 28'	---	0

- 3 -

ESTACION	No. DE GRANOS	AREA "IMPRESA" %	No. DE GRANOS/	No. DE GRANOS/DM2	HORA DE MUESTREO	Ts/Ta	No. De GRANOS/DM2 CORREGIDOS
3B1	0	---	0	0	16h. 06'	---	0
3B2	0	---	0	0	" 06'	---	0
3B3	0	---	0	0	" 08'	---	0
3A1	0	---	0	0	" 13'	--	0
3A2	0	---	0	0	" 14'	---	0
3A3	0	---	0	0	---	---	0
3A4	0	---	0	0	---	---	0
3C1	1	100	1	2	" 19'	260/239=1.09	2
3C2	3	100	3	5	" 24'	260/248=1.07	5
3C3	0	---	0	0	" 25'	---	0
3C4	0	---	0	0	" 26"	---	0
3D1	19	100	19	30	" 26'	260/146=1.06	32
3D2	8	80	8	13	" 27'	260/147=1.05	14
3E1	18	100	18	28	" 30'	260/150=1.04	29
3E2	6	95	6	9	" 31'	260/151=1.04	9
3F1	6	80	7	11	" 32'	260/152=1.03	11
3F2	5	95	5	8	" 33'	260/153=1.03	8
3G1	3	100	3	5	" 35'	260/235=1.02	5
3G2	0	---	0	0	" 36'	---	0
3H1	2	100	2	3	" 38'	260/258=1.01	3
3H2	1	100	1	2	" 40'	260/260=1.00	2

- 4 -

ESTACION	No. DE GRANOS	AREA "IMPRESA" %	No. DE GRANOS/	No. DE GRANOS/DM2	HORA DE MUESTREO	Ts/Ta	No. DE GRANOS/DM2 CORREGIDOS
4B1	0	---	0	0	11h. 52'	---	0
4B2	2	100	2	3	" 52'	60/32=1.88	6
4B3	1	100	1	2	" 53'	60/33=1.82	4
4B4	2	100	2	3	" 53'	60/33=1.82	6
4B5	0	---	0	0	" 54'	---	0
4A1	4	100	4	6	" 56'	60/36=1.67	10
4A2	2	100	2	3	" 57'	60/37=1.62	5
4A3	7	100	7	11	" 57'	60/37=1.62	18
4A4	3	95	3	5	" 58'	60/38=1.58	8
4A5	0	---	0	0	" 59'	---	0
4C1	3	100	3	5	12h. 01'	60/41=1.46	7
4C2	8	100	8	13	" 01'	60/41=1.46	19
4C3	1	100	1	2	" 01'	60/41=1.46	3
4C4	0	---	0	0	" 02'	---	0
4C5	0	---	0	0	" 03'	---	0
4D1	1	100	1	2	" 04'	60/44=1.36	3
4D2	3	100	3	5	" 05'	60/45=1.33	7
4D3	1	100	1	2	" 05'	60/45=1.33	3
4D4	0	---	0	0	" 06'	---	0
4D5	0	---	0	0	" 07'	---	0
4E1	0	---	0	0	" 10'	---	0
4E2	1	90	1	2	" 10'	60/50=1.2	2
4E3	1	30	3	5	" 11'	60/51=1.18	6
4E4	1	90	1	2	" 12'	60/52=1.15	2
4E5	0	---	0	0	" 13'	---	0
4F1	0	---	0	0	" 15'	---	0
4F2	1	100	1	2	" 16'	60/56=1.07	2
4F3	0	---	0	0	" 16'	---	0
4F4	0	---	0	0	" 17'	---	0
4F5	0	---	0	0	" 18'	---	0
4G1	1	100	1	2	12h. 20'	60/60=1.0	2
4G2	2	100	2	3	" 21'	60/61=0.98	3
4G3	1	100	1	2	" 21'	60/61=0.98	2
4G4	0	---	0	0	" 22'	---	0
4G5	0	---	0	0	" 23'	---	0
4H1	0	---	0	0	" 26'	---	0
4H2	0	---	0	0	" 26'	---	0
4H3	0	---	0	0	" 27'	---	0
4H4	0	---	0	0	" 28'	---	0
4H5	0	---	0	0	" 29'	---	0

APENDICE No. 3

CALCULO PARA LA CANTIDAD DE GRANOS CONTENIDOS

0.126 mm. = diámetro medio de los granos

0.8 lts. de arena = 1 kgm. de arena

$n = 0.49$

V = Volumen para una esfera

$\pi/6 = 0.5236$

d = diámetro

V_v = Volumen de vacíos

V_t = Volumen total

V_s = Volumen de sólidos

$$V = \frac{\pi \cdot d^3}{6} = (0.5236) (0.126)^3 = 1.0472 \times 10^{-3} \text{ mm}^3$$

$$V_v = n \cdot V_t = (0.49) (1 \times 10^6 \text{ mm}^3) = 0.49 \times 10^6 \text{ mm}^3$$

$$\therefore V_s = V_t - V_v = 1 \times 10^6 - 0.49 \times 10^6 = 0.51 \times 10^6 \text{ mm}^3$$

$\therefore$ si $V = 1.047 \times 10^{-3} \text{ mm}^3$; en un litro de material existirán:

$$\frac{0.51 \times 10^6 \text{ mm}^3}{1.047 \times 10^{-3} \text{ mm}^3} = 487 \times 10^6 \text{ granos}$$

$$\therefore \text{N}^\circ \text{ de granos/Kgm. será: } (487 \times 10^6) (0.8) = 389.6 \times 10^6 \text{ granos}$$

APENDICE No. 4

DATOS PLANIMETRICOS

1a. PRUEBA

GRAFICA 90 MINUTOS

Isopleta	Area M2	Cantidad de granos x 10 ⁶
150	250	3.75
100	2700	27.00
50	3800	19.00
30	4430	13.29
20	6580	13.16
10	8550	8.55
5	7400	3.70
2	6850	1.37
1	5300	0.53
TOTAL	45860	90.35
% del total de material soltado = 0.6%		

GRAFICA 180 MINUTOS

Isopleta	Area M2	Cantidad de granos x 10 ⁶
200	750	15.00
150	1800	27.00
100	2220	22.20
50	2390	11.95
30	1400	4.20
20	1350	2.70
10	1700	1.70
5	1850	0.925
2	2900	0.58
1	1650	0.165
TOTAL	18010	86.42
% del total de material soltado = 0.55%		

GRAFICA 260 MINUTOS

Isopleta	Area M2	Cantidad de granos x 10 ⁶
200	690	13.80
150	1870	28.05
100	2010	20.10
50	2360	11.80
30	1000	3.00
20	610	1.22
10	2430	2.43
5	2500	1.25
2	1700	0.34
1	2210	0.221
TOTAL	17380	82.211
% del total de material soltado = 0.5%		

GRAFICA 28 H 50 MINUTOS

Isopleta	Area M2	Cantidad de granos x 10 ⁶
100	880	8.80
50	3480	17.40
30	1950	5.85
20	1750	3.50
10	2400	2.40
5	1250	0.625
2	1650	0.33
1	2350	0.235
TOTAL	15710	39.14
% del total de material soltado = 0.24%		

NOTA: El total de material soltado en la inyección fue de 15584×10^6 granos equivalentes a 40 Kgms.

2a. PRUEBA

GRAFICA 90 MINUTOS

Isopleta	Area M2	Cantidad de granos x 10 ⁶
300	280	8.40
200	480	9.60
100	500	5.00
50	270	1.35
30	450	1.35
20	500	1.00
10	1100	1.11
5	1600	0.88
2	2000	0.40
1	1200	0.12
TOTAL	8380	29.21
% del total de material soltado = 0.2%		

GRAFICA 180 MINUTOS

Isopleta	Area M2	Cantidad de granos x 10 ⁶
30	1180	3.54
20	840	1.68
10	1000	1.00
5	2050	1.025
2	3250	0.65
1	1200	0.12
TOTAL	9520	8.015
% del total de material soltado = 0.05 %		

GRAFICA 260 MINUTOS

Isopleta	Area M2	Cantidad de granos x 10 ⁶
10	1260	1.26
5	2950	1.4/5
2	1200	0.24
1	200	0.02
TOTAL	4610	2.995
% del total de material soltado = 0.02%		

GRAFICA 23 H. 32 MINUTOS

Isopleta	Area M2	Cantidad de granos x 10 ⁶
10	570	0.57
5	980	0.49
2	2400	0.48
1	860	0.086
TOTAL	4810	1.626
% del total del material soltado = 0.01%		

NOTA: El total del material soltado en la inyeccion fue de 15584×10^6 granos, equivalentes a 40 Kgms.

APENDICE No. 5

CALCULO DE LA CANTIDAD DE MATERIAL TRANSPORTADO

$\overline{De}$ = proporción promedio de flujo en minutos (granos/mi.)

t_{50} = tiempo para la mitad de los granos soltados en dejar la zona de mues
treo (minutos)

G = cantidad total de granos soltados.

$\overline{Ug}$ = velocidad promedio de los granos (mts./min.)

$\overline{L}$ = distancia promedio de viaje de los granos (mts.).

V = unidad de volumen de material en transporte (mts.³)

K = constante de longitud de playa de 1 mt.

W = anchura de la playa (mts.)

B = espesor de la capa móvil (cm.)

Qi = cantidad de transporte (mts.²/día)

1a. PRUEBA

Punto promedio de gasto. = 0.53% a 177 minutos

$\therefore$ 0.53% de $(15584 \times 10^6) 1/4 = 20.6488 \times 10^6$ granos que permanecen en el
área a los 177 minutos.

$\overline{De}$ = $\frac{1/4 \text{ del total de granos soltados}}{\text{total de granos permaneciendo dentro del área de muestreo}} \cdot \frac{\text{tiempo transcurrido}}{\text{currido}}$

$\overline{DE}$ = $\frac{(3896 - 20.6488) \times 10^6}{177} = 22 \times 10^6$ granos/min.

$t_{50} = \frac{(G)1/2}{\overline{De}} = \frac{(15584)1/2}{22} = 354 \text{ min.}$

$\overline{Ug} = \frac{\overline{L}}{t_{50}} = \frac{288}{354} = 0.8 \text{ mts./min.}$

$$V = K \cdot W \cdot B = (1) (80) (0.00038) = 0.0304 \text{ m}^3$$

$$Q_i = V \cdot \bar{U}_g \cdot 1140 = (0.0304) (0.8) (1140) = 28 \text{ mts.}^3/\text{día}$$

2a. PRUEBA

Punto promedio de gasto = 0.2% a 177 minutos.

∴ 0.2% de $15584 \times 10^6 = 31.168 \times 10^6$ granos que permanecen en el área
a los 177 minutos

$$\overline{De} = \frac{\text{total de granos} - \text{total de granos permaneciendo}}{\text{soltados} \quad \text{dentro del área de muestreo}} \div \frac{\text{tiempo trans}}{\text{currido}}$$

$$\overline{De} = \frac{(15584 - 31.168) \times 10^6}{177} = 87.869 \times 10^6 \text{ granos/ min.}$$

$$t_{50} = \frac{(G)_{1/2}}{\overline{De}} = \frac{(15584)_{1/2}}{87.869} = 88.68 \text{ min.}$$

$$\bar{U}_g = \frac{\bar{L}}{t_{50}} = \frac{250}{88.68} = 2.82 \text{ mts./min.}$$

$$V = K \cdot W \cdot B = (1) (80) (0.00038) = 0.0304 \text{ mts.}^3$$

$$Q_i = V \cdot \bar{U}_g \cdot 1140 = (0.0304) (2.82) (1140) = 97.73 \text{ mts.}^3/\text{día.}$$

APENDICE No. 6

CORRELACION DEL TRANSPORTE LITORAL CON PARAMETROS DE OLEAJE Y SEDIMENTOS

1a. PRUEBA

$$Q_s = K \cdot g \cdot T \cdot H^2 \cdot \sin 2 \cdot t$$

$$\text{donde: } K = 3 \times 10^{-4}$$

$$g = 9.81 \text{ mts./seg.}^2$$

$$H = 0.57 \text{ mts.}$$

$$= 1^\circ 18'$$

$$t = 86400 \text{ seg.}$$

$$\therefore Q_s = (3 \times 10^{-4}) (9.81)(11)(0.3249)(0.04538)(86400)$$

$$Q_s = 41.2 \text{ mts.}^3/\text{día}$$

$$E_i = 1/16 \cdot w \cdot H_b^2 \cdot L_b/T \cdot \sin 2 \cdot t$$

$$\text{donde: } w = 64.3 \text{ Lb./ft}^3$$

$$H_b = 1.87 \text{ ft.}$$

$$T = 11 \text{ seg.}$$

$$= 1^\circ 18'$$

$$L_b = 590.5 \text{ ft.}$$

$$\therefore E_i = (1/16) (64.3) (3.5) 53.6 (0.04538) (86400)$$

$$E_i = 2.9 \times 10^6 \text{ Lb.ft./día/ft. de playa}$$

2a. PRUEBA

(15-XII-72)

$$Q_s = K \cdot g \cdot T \cdot H^2 \cdot \sin 2 \cdot t$$

donde: $K = 3 \times 10^{-4}$

$$g = 9.81 \text{ mts./seg}^2$$

$$H = 0.57 \text{ mts.}$$

$$T = 6 \text{ seg.}$$

$$= 11^\circ 30'$$

$$t = 86400 \text{ seg.}$$

$$\therefore Q_s = (3 \times 10^{-4}) (9.81) (6) (0.3249) (0.39874) (86400)$$

$$Q_s = 198 \text{ mts.}^3/\text{día.}$$

$$E_i = (1/16 \cdot w \cdot H_b^2 \cdot L_b/T \cdot \sin 2 \cdot t$$

donde: $w = 64.3 \text{ Lb./ft}^3$

$$H_b = 1.87 \text{ ft.}$$

$$T = 6 \text{ seg.}$$

$$= 11^\circ 30'$$

$$L_b = 164 \text{ ft.}$$

$$t = 86400 \text{ seg.}$$

$$\therefore E_i = (1/16) (64.3) (3.5) (27.3) (0.39874) (86400)$$

$$E_i = 13.2 \times 10^6 \text{ Lb.-ft/día/ft. de playa.}$$