



# Universidad Autónoma de Baja California

FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS

"Alimentación artificial: una alternativa para la regeneración de playas  
aplicado en la playa "Monalisa-Coronitas", Ensenada B.C. México



T E S I S  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
**OCEANOLOGO**  
PRESENTA  
María Esperanza Ortiz Martínez

Ensenada, Baja California, Enero de 1996.

**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BAJA CALIFORNIA**

**FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS**

**"Alimentación artificial: una alternativa para la  
regeneración de playas aplicado en la playa  
"Monalisa-Coronitas", Ensenada B.C. México**

**TESIS  
PARA OBTENER EL TITULO DE  
OCEANOLOGO  
PRESENTA  
María Esperanza Ortiz Martínez**

**Ensenada, Baja California, Enero de 1996.**

*Alimentacion artificial : una alternativa para la regeneración de playas aplicado en la playa "Monalisa- Coronitas", Ensenada, B.C. México.*

TESIS

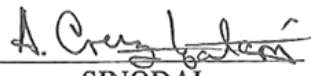
QUE PRESENTA:

**María Esperanza Ortíz Martínez**

APROBADA POR:

  
PRESIDENTE DEL JURADO  
Oc. Rigoberto Guardado France

  
SINODAL  
Oc. Rafael Blanco Betancourt

  
SINODAL  
M.C. Arturo Cruz Falcón

## RESUMEN

Las playas "Monalisa-Coronitas" ubicadas en el municipio de Ensenada, se encuentran actualmente bajo un proceso erosivo. Estas playas presentaron en el transcurso de 1972-1993 un déficit sedimentario neto de  $1,269,100 \text{ m}^3$  con un tamaño medio de grano de 2.8335 phi y desviación estandar de 0.5283 phi. Debido a la urbanización de la zona es necesario presentar alternativas para la regeneración y protección de las mismas, una de las alternativas que se presentan es la alimentación artificial de playas.

Después de un reconocimiento sedimentológico y topobatimétrico en la región se proponen cuatro posibles zonas susceptibles de ser utilizado su material como relleno, siendo estas los Arroyos San Carlos, San Antonio y la barra arenosa localizada al oeste del Estero de Punta Banda atrás de la zona de rompiente. Considerando las características texturales de las zonas fuentes así como las del área de estudio, se encuentra que el requerimiento inicial del relleno en  $\text{m}^3$  para cada fuente son: Arroyo San Carlos (fuente 1)  $1,332,555 \text{ m}^3$  con media de 2.2242 y desviación estandar de 0.9669, Arroyo San Antonio (fuente 2)  $1,332,555 \text{ m}^3$  con una media de 1.7427 y desviación estandar de 1.1489 y para la barra arenosa (fuente 3)  $2,538,200 \text{ m}^3$  con media de 3.0962 y desviación estandar de 0.6381.

De acuerdo a los resultados obtenidos se considera como la fuente más adecuada la zona 1 recomendando que el proceso de restauración se lleve acabo en época de verano.

# CONTENIDO

	Página
1.- INTRODUCCION.....	1
1.1.- Antecedentes.....	4
1.1.1.- Generales.....	4
1.1.2.- Particulares.....	5
2.- OBJETIVO.....	8
3.- AREA DE ESTUDIO.....	9
3.1.- Condiciones litorales.....	11
4.- METODOLOGIA.....	13
4.1.- Determinación del transporte litoral y deficiencia del aporte de material.....	14
4.2.- Descripción de la playa nativa: características sedimentológicas y morfológicas.....	14
4.3.- Selección del material de la zona fuente.....	15
4.4.- Determinación de la altura y amplitud de la berma .....	20
4.5.- Volumen y transición de la playa.....	20
4.6.- Colocación del relleno.....	20
5.- RESULTADOS.....	23
5.1.- Características sedimentológicas y morfológicas de la playa nativa.....	23
5.2.- Selección de material de relleno.....	30
5.3.- Determinación de la altura y amplitud de la berma .....	32
5.4.- Volúmen y transición de la playa nativa.....	32
6.- DISCUSIONES.....	36
6.1.- Determinación del transporte litoral y deficiencia de aporte de material.....	36
6.2.- Características sedimentológicas y morfológicas de la playa nativa.....	38
6.3.- Selección del material de relleno.....	40
6.4.- Determinación de la altura y amplitud de la berma .....	44
6.5.- Volúmen y transición de la playa nativa.....	45
6.6.- Colocación del relleno.....	45
7.- CONCLUSIONES.....	47
8.- SUGERENCIAS.....	48
9.- LITERATURA CITADA.....	49

## LISTA DE TABLAS

	<b>Página</b>
TABLA I. Características litorales de la zona de estudio.....	12
TABLA II. Posibles relaciones sedimentológicas entre las características del material de la zona problema y las zonas fuentes propuestas.....	19
TABLA III. Descripción de volumen y área entre cada transecto. ....	28
TABLA IV. Características texturales promedio de la media del tamaño de grano en dimensiones phi y milímetros de la playa nativa. ....	29
TABLA V. Características texturales promedio de la desviación estandar del tamaño de grano en dimensiones phi y milímetros de la playa nativa .....	29
TABLA VI. Características texturales y factores de relleno.....	31
TABLA VII. Resultados obtenidos en la comparación morfológica de la zona entre 1972 y 1993. ....	35
TABLA VIII. Relación sedimentológica entre las características del material nativo y la zona fuente 3.....	42
TABLA IX. Relación sedimentológica entre las características del material nativo y la zona fuente 1.....	42
TABLA X. Relación sedimentológica entre las características del material nativo y la zona fuente 2.....	43

## 1. INTRODUCCION.

Los asentamientos urbanos establecidos en la zona costera requieren de una protección continua de la línea de costa, ya que pueden encontrarse expuestos a la acción destructiva de fenómenos naturales. Las zonas de playas son parte del sistema natural costero en donde la disipación de la energía del oleaje usualmente se da sin crear efectos adversos al medio ambiente natural. Los problemas de erosión ocurren cuando existe una deficiencia en el aporte natural de arena, las causas que originan esto pueden ser muy variadas, tales como tormentas, corrientes litorales que ocasionan una reducción en el aporte sedimentario, cambios en la dirección del oleaje, o bien erosión causada por incrementos en el nivel del mar, lo que en consecuencia ocasiona graves problemas a estas comunidades, por lo tanto se requiere de alguna protección adicional para estabilizar o proteger estas zonas.

Actualmente existen cuatro categorías principales que agrupan y clasifican los problemas más comunes de la zona costera los cuales son: estabilización de la línea de costa, protección de puertos, estabilización de entradas a puertos y protección de playas. Con este fin se diseñan obras costeras de protección, las cuales a su vez se subdividen en los tipos: rígidas como muros, revestimientos, etc., y flexibles tales como la creación de dunas y alimentación artificial de playas (United States Army Coastal Engineering Research Center, U.S.A.C.E.R.C., 1985).

En este trabajo se plantea la posibilidad de utilizar la alimentación artificial ya que es un método para protección costera de zonas con un alto grado de erosión, el cual es altamente efectivo y de bajo impacto ambiental (U.S.A.C.E.R.C,1985). El principio de alimentación artificial es muy simple, y consiste en trasladar un volumen adecuado de arena

con características sedimentológicas similares al lugar en donde se presenta el problema de erosión. Se ha visto que las playas son un eficiente disipador de la energía del oleaje y son clasificadas como estructuras costeras de protección cuando estas a través del tiempo mantienen dimensiones apropiadas y se encuentran adyacentes a asentamientos urbanos. Por tal motivo, el tener la capacidad de proveer la cantidad necesaria de material sedimentario de una zona externa de condiciones texturales similares, generaría una playa moderadamente estable, o bien, puede ser suficiente para restaurar la playa o crear un perfil pre-erosivo (U.S.A.C.E.R.C.,1985).

Por lo descrito anteriormente es conveniente investigar las condiciones hidráulicas así como el mecanismo de aporte y dirección del transporte sedimentario para determinar la viabilidad de la restauración de la playa, restaurarla y subsecuentemente mantenerla para crear una protección a la misma. Considerando que el aporte inicial del relleno, no es suficiente para resolver el problema de erosión, se requiere periódicamente un relleno adicional igual a la pérdida natural causada por la erosión. El colocar periódicamente material sedimentario es conocido como alimentación artificial de playas; ésta técnica mantiene la línea de costa en equilibrio, sin embargo, se puede incluir en este proyecto de restauración la creación de una estructura flexible de protección, lo cual reduciría la razón de pérdida, así como el requerimiento de relleno.

Los siguientes pasos a seguir de acuerdo a los requerimientos de la zona incluyen las características oceanográficas, texturales y morfológicas, como son: transporte litoral, oleaje incidente que llega a la zona afectada, selección del material sedimentario apropiado, y colocación del relleno, que en conjunto determinan la cantidad de arena necesaria

y el tiempo de depositación de la misma. Este método tiene diversas formas de aplicación de acuerdo a la particularidad de la zona, entre las de mayor importancia, destacan las descritas por Frías y Moreno, (1986) las cuales se enumeran a continuación :

- 1) Alimentación directa en playas, realizada mediante el aporte de material de dragado de alguna zona aledaña a la localidad erosionada.
- 2) Alimentación directa en playas, mediante el apilamiento de material llevado de alguna área fuente a las zonas erosionadas, con alimentación intermitente para que el oleaje lo distribuya al resto de la zona.
- 3) Colocación directa del relleno, en todas las zonas a proteger.
- 4) Transferencia de arena usada en entradas a puertos y Bahías para conservar el equilibrio costero

En la actualidad la Bahía de Ensenada experimenta un creciente desarrollo en la zona costera lo cual ha traído como consecuencia un incremento en la tasa de urbanización en dicha área, esto hace necesario tener conocimiento de las zonas costeras con posibles riesgos de erosión para poder prever futuras eventualidades.

De manera específica, la playa "Monalisa-Coronitas" representa una zona de importancia económica para el municipio debido principalmente a la vocación turística de ésta, de manera que la posibilidad de mantener una playa de mayor amplitud mantendría el atractivo del lugar, además de dar protección a la misma. Por lo que podría considerarse a este método de restauración una alternativa para la regeneración de dicha playa.

## 1.1 ANTECEDENTES.

La técnica de restauración de playas ha sido utilizada principalmente en los Estados Unidos de Norteamérica (E.U.A.) y de manera incipiente en algunas regiones de México\*, siendo de otra índole los estudios realizados en la zona problema, principalmente en la determinación de la corriente litoral.

\* Comunicación personal de García-Krasovsky, R.  
Investigador de la Facultad de Ciencias Marinas,  
Ensenada, B. C. México.

### 1.1.1. GENERALES

Smith (1990), analiza diversas opciones para la colocación del relleno de playa de acuerdo a las condiciones del lugar tomando en cuenta consideraciones sociales, políticas y naturales, y concluye que existen cinco formas generales.

Kana (1993), desarrolla un perfil ideal y utiliza la comparación de perfiles como base para delimitar una línea de costa natural en ausencia de estructuras y obtener el déficit de arena necesario a partir del perfil de playa en equilibrio.

Bodge *et al.* (1993), utiliza el método de alimentación artificial en la playa de la isla Hilton Head en Carolina del Sur, E.U.A. monitoreando la zona por dos años consecutivos, obteniendo óptimos resultados en comparación con las predicciones realizadas.

### 1.1.2. PARTICULARES

Lizárraga-Arciniega (1972), demostró que la playa de la Bahía de Todos Santos presenta un ciclo estacional de erosión (invierno-primavera) y depositación (verano-otoño), concluyendo un avance en la línea de costa hacia el mar entre 1961 y 1971.

Secretaría de Marina (1974) a través de estudios con perfiles realizados sobre la playa central de la Bahía de Todos Santos, B.C., determina que la cota 0.0 tuvo un avance hacia el mar.

Mendez-Arriaga (1982) determina el transporte litoral predominante en la Bahía de Todos Santos B.C., a través de análisis sedimentológicos, encontrando que 2 Kilómetros al norte de la boca del Estero el transporte diverge en dos sentidos; hacia el norte hasta la rada portuaria y hacia el sur hasta la barra del Estero de Punta Banda.

Aranda-Manteca (1983), reporta a través de un estudio de minerales pesados utilizados como trazadores de la corriente litoral en la Bahía de Todos Santos, B.C., que el sentido en la zona sur de la Bahía es hacia la barra del Estero y hacia el norte hasta la rada portuaria.

Avila-Serrano (1983) determina el volumen de arena de sedimento aportado anualmente a el Estero de Punta Banda durante 1972-1983 obteniendo un promedio anual durante este período de 2,323,270 m<sup>3</sup>/año para el Arroyo San Carlos y 2,537,231 m<sup>3</sup>/año para el Arroyo Las Animas o San Antonio, concluye que el aporte de sedimento varía año con año y es susceptible a variaciones por períodos de lluvias.

Rubio-Orozco (1987), realizó perfiles de playa medidos entre el Arroyo "El Gallo" y el Estero de Punta Banda, donde encontró que la parte norte es la que presenta mayor

acreción mientras que la parte sur se encontraba erosionada, y compara la modificación de la línea de costa entre 1971 y 1983.

Castillón-Alvarez (1988), cuantifica el volumen de sedimento erosionado y depositado durante un ciclo anual en la playa central de la Bahía de Todos Santos B.C.. Encuentra que existe depositación en la parte norte y erosión para la parte sur, reflejando una ganancia neta anual de  $62,718 \text{ m}^3$  de sedimento depositado sobre la cara de la playa y determina que el patrón de circulación litoral es de sur a norte.

Cruz-Falcón y Vázquez-González (1989), realiza un estudio gravimétrico en el Valle de Maneadero-Chapultepec, estimando la profundidad al basamento en un área aproximada de  $66.07 \text{ Km}^2$ , considerando una profundidad media de 6.5 m. al nivel freático del área.

Torres-Navarrete (1991), con datos de oleaje registrados mediante un arreglo de dos sensores de presión durante abril, agosto y octubre de 1985 en la barra del Estero de Punta Banda, B.C., determina que la zona de estudio está expuesta a marejadas del sur durante abril y agosto, y a marejadas del norte junto con olas locales en octubre. Calcula el transporte neto de sedimento paralelo a la playa, siendo este de 384 y  $10.56 \text{ m}^3/\text{día}$  en dirección a la boca del Estero durante abril y agosto respectivamente, y de  $110.4 \text{ m}^3/\text{día}$  hacia Punta Banda en octubre.

Renault-Ballester y García-Gutierrez (1994), estudiaron la dinámica de la línea de costa con ayuda de perfiles y estiman la tasa de retroceso promedio de la Bahía de Todos Santos, estableciendo un retroceso bajo de 0.0 a 1 m/año para Punta Papagayo, La Joya y La Península de Punta Banda; medio de 1 a 1.5 m/año para la zona norte de la Bahía de Todos

Santos, Playa San Miguel, Cibola del Mar, Villa de las Rosas, Granada Cove, Punta Morro, Playitas y la Barra del Estero de Punta Banda, y alto, mayor de 1.5 m/año para El Sauzal, Pesquera Zapata, Km. 103, Cerro el Vigía, Playa Hermosa, Coronitas, Monalisa y El Faro.

Cruz-Colin (1994), estima el balance sedimentario en la Bahía de Todos Santos. Determina un volumen neto de pérdida de  $63,557.31 \text{ m}^3$  durante el período 1981-1991 para la zona de Playa Hermosa, Coronitas, Monalisa y El Faro.

Castillo-Valdéz (1995), estudió los cambios en la línea de playa en la boca del Estero de Punta Banda, concluyendo que esta zona tiene tres fases definidas, la primera de estabilidad, la segunda de marcados cambios erosivos y la última de una tendencia a la recuperación de la estabilización con el dominio de procesos depositacionales.

## **2. OBJETIVO.**

Realizar el proyecto de regeneración de la playa "Monalisa-Coronitas", en la Bahía de Todos Santos, Baja California, México, utilizando el método de alimentación artificial de playas.

### 3. DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO.

La Bahía de Todos Santos está localizada a 100 Km. al sur de la frontera México - ( E.U.A.), sobre la costa oeste de la península de Baja California, entre los 31° 40' y 31° 56' latitud norte y de los 116° 36' al 116° 56' longitud oeste; presenta una superficie mayor de 24,000 hectáreas en forma trapezoidal, con 18 Km. de largo y 15 Km. de ancho.

La parte sur de la Bahía se encuentra constituida por playas arenosas y acantilados. La zona de playas se extiende aproximadamente 14 Km. de longitud. Dentro de esta zona se encuentran las playas conocidas como el Faro, Monalisa, Nueva España y Coronitas las cuales presentan un gran atractivo turístico y se caracterizan por presentar una pendiente baja (Fig. 1).

Estas playas presenta un ciclo estacional asociado principalmente al sedimento aportado por arroyos cercanos.

Los principales aportadores de sedimento al Estero de Punta Banda son los arroyos San Carlos y San Antonio; que tiene una orientación E-W en su cause principal, formando un abanico aluvial muy basto en el Valle de Maneadero (Gastil *et al.*, 1975). El primero drena un área aproximada de 720 Km<sup>2</sup>, con una longitud cercana a los 60 Km., con un promedio de 2,323,270 m<sup>3</sup>/año; el segundo tiene una longitud aproximada de 58 Km. drenando un área cercana a los 820 Km<sup>2</sup> con un promedio de 2,537,231 m<sup>3</sup>/año, ambos reportados durante el período de 1972-1983 por Avila-Serrano (1983).

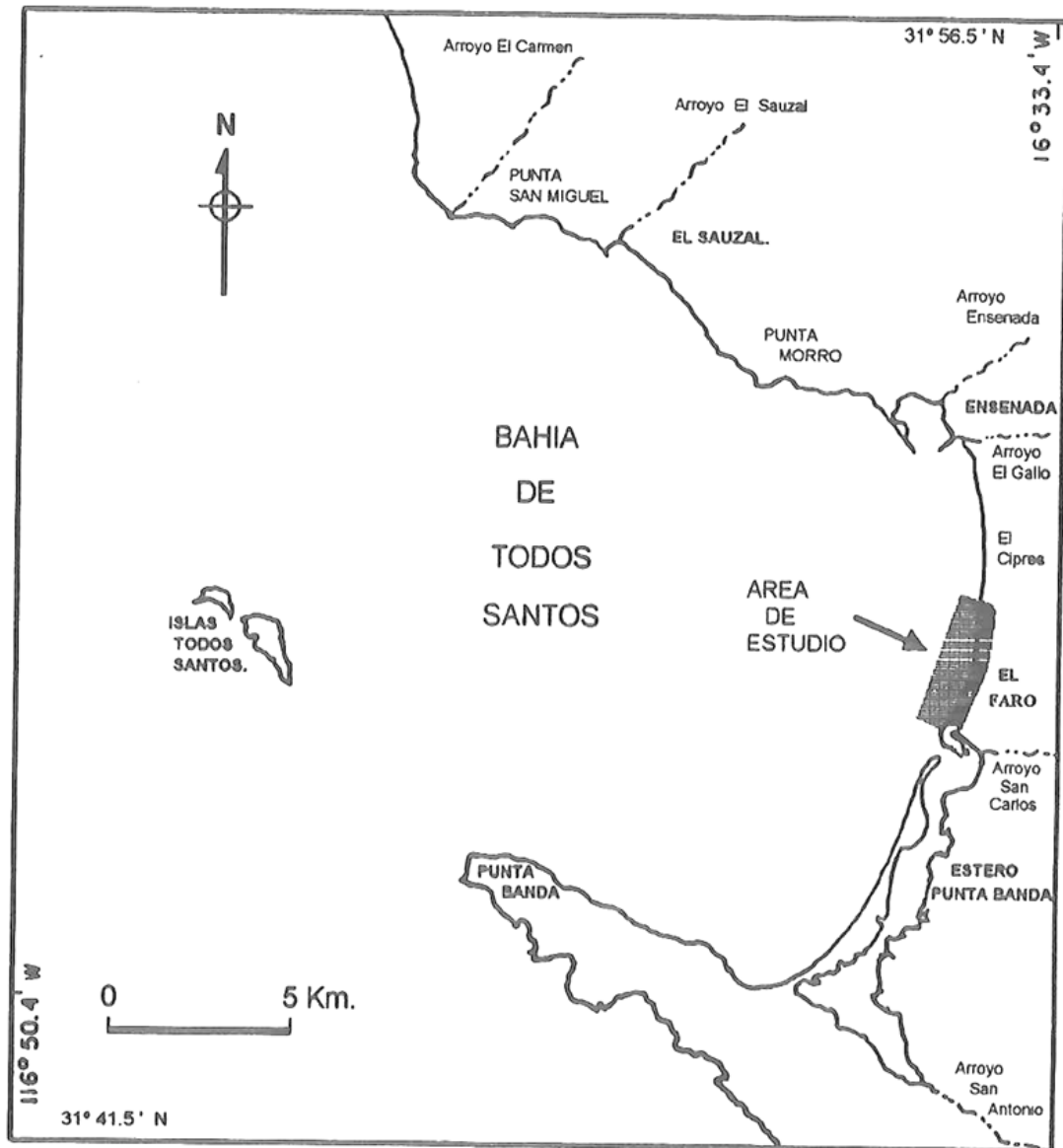


Fig. 1. Localización del área de estudio.

### 3.1 CONDICIONES LITORALES.

Las condiciones litorales en esta parte de la Bahía de Todos Santos reportadas por Ahumada-Sempoal (1993), indican una altura de rompiente promedio para toda la Bahía de 0.69 m. para un período de oleaje de 8 s, y una altura máxima de oleaje en la zona de estudio de 1.84 m. para este mismo período. El intervalo de marea reportado por Plaza-Flores (1979), presenta valores máximos en invierno de 2.6 m y marea baja anual de 0.27 m.

La dirección del transporte neto cercana a la costa en la región fue considerada como de sur a norte, de acuerdo a lo reportado por Ahumada-Sempoal (1993) y otros, existiendo una circulación hacia el sur atrás de la zona de rompiente.

Ahumada-Sempoal (1993), reporta una magnitud promedio de velocidad en verano de  $47.8 \text{ cms}^{-1}$  y en invierno de  $110 \text{ cms}^{-1}$ , ocasionada por oleaje del suroeste, oeste y noroeste con dirección de  $290^\circ$  y oleaje de  $280^\circ$  que produce una corriente dominante en dirección sur. También reporta en invierno oleaje del noroeste que genera una corriente paralela a la Barra del Estero de Punta Banda con dirección predominante hacia el norte con una magnitud promedio de  $65.9 \text{ cms}^{-1}$ .

El volumen neto de pérdida por transporte litoral y eólico para esta zona es reportado por Cruz-Colin (1994), siendo de  $63,557.31 \text{ m}^3$  durante el período de 1981-1991 (TABLA I).

TABLA I. Características litorales de la zona de estudio

Condiciones Litorales.	Mínimos	Máximos	Fuente
Oleaje: Altura de rompiente (m)	0.69 *		Ahumada-Sempoal (1993)
Período de oleaje. (seg)	8	16	
Altura de ola (m).		1.84	
Marea (m)	0.27	2.6	Plaza- Flores (1979)
Transporte Litoral: Dirección predominante.	Sur a Norte	con magnitud de promedio 65.9 cm. seg <sup>-1</sup>	Ahumada-Sempoal (1993)
Magnitud (cm. seg <sup>-1</sup> )	47.8	110.0	
Vol. neto de pérdida (m <sup>3</sup> )	63,557.31		Cruz-Colin (1994)

\* Altura promedio

\*\* Dirección hacia el Sur en invierno.

El valor representa la magnitud promedio del transporte litoral.

#### 4. METODOLOGIA.

Con el fin de obtener el mejor esquema de restauración para las playas Monalisa, Nueva España y Coronitas, utilizando la técnica de alimentación de playas, es necesario llevar a cabo una descripción de las características sedimentológicas, topográficas y oceanográficas de la localidad, al igual que la caracterización tanto sedimentológica como volumétrica de las zonas consideradas como posibles fuente del sedimento a utilizar.

Los pasos a seguir para lograr lo anterior son conocidos como criterios de planeación y son enlistados como sigue:

- 1) Determinación de las características del transporte litoral, utilizando el criterio de Sunamura y Horikawa (1972), tanto en la zona problema como en las zonas adyacentes, así como la deficiencia del aporte de material.
- 2) Determinación de las características texturales del material sedimentario existente en la zona litoral de movimiento activo de la zona problema (playa nativa).
- 3) Evaluación y selección del material sedimentario de la zona fuente que será utilizado para el relleno inicial y subsecuentes realimentaciones.
- 4) Determinación de la elevación y amplitud de la berma.
- 5) Determinación de la pendiente de la playa e influencia del oleaje en el perfil.
- 6) Determinación de la transición del perfil de la zona en regeneración.
- 7) Determinación del lugar de colocación del relleno.

A continuación se da una explicación sobre como se determinará cada uno de los criterios arriba mencionados.

#### **4.1 DETERMINACION DEL TRANSPORTE LITORAL Y DEFICIENCIA DEL APORTE DE MATERIAL.**

Se consideró la dirección del transporte litoral reportada por Ahumada-Sempoal (1993) y el volumen neto reportado por Cruz-Colin (1994).

La deficiencia de material se determinó por comparación entre perfiles topográficos obtenidos por Lizarraga-Arciniega (1972) y los perfiles realizados en el presente estudio en 1993 para ello se utilizaron los transectos 14, 15 y 16 realizados por Lizarraga-Arciniega (1972) a los cuales se les denominó posteriormente como L-14, L-15 y L-16 que fueron comparados con los transectos 1, 3 y 5 realizados en este estudio.

#### **4.2 DESCRIPCION DE LA PLAYA NATIVA: CARACTERISTICAS SEDIMENTOLOGICAS Y MORFOLOGICAS.**

De acuerdo a la metodología descrita por la U.S.A.C.E.R.C. (1985), se consideró como material nativo el encontrado a partir de los 9 m de la línea de cantil o duna hasta la profundidad de la ola promedio de tormenta ( $\approx 6$  m para esta zona). Esta franja se conoce como zona litoral de movimiento activo.

Se realizaron 5 perfiles de playa utilizando el método de nivelación topográfica simple descrito por Montes de Oca (1985). Estos perfiles se continuaron con una batimetría hasta la profundidad requerida (6 m). Los transectos fueron hechos durante los meses de mayo y junio de 1993, cubriendo con ello las condiciones de verano. Las condiciones de invierno son consideradas a partir del trabajo descrito por Rubio-Orozco (1987).

Se tomaron muestras de sedimento cada 5 metros en cada uno de los transectos con ayuda de un nucleador manual. Posteriormente se procedió al análisis granulométrico de

las muestras colectadas de acuerdo al método descrito por Folk y Ward (1957). De esta manera se determinaron las características sedimentológicas del material nativo.

#### 4.3 SELECCION DEL MATERIAL DE LA ZONA FUENTE.

Se consideraron como zonas factibles de aporte de material sedimentario los cauces de los Arroyos San Carlos y San Antonio, la presa "Emilio López Zamora" y la barra arenosa localizada frente a la boca del Estero de Punta Banda atrás de la zona de rompiente la cual se prolonga hacia el sur de la Bahía.

Con el fin de caracterizar sedimentológicamente a las posibles fuentes, se colectaron muestras de sedimento en cada una de ellas utilizando un nucleador manual, procediendo después al análisis granulométrico correspondiente de acuerdo al método descrito por Folk y Ward (1957).

El volumen de las zonas fuente fue determinado con ayuda de estudios geofísicos que incluían la zona de los cauces de los arroyos San Carlos y San Antonio, así como por un sondeo realizado por la Comisión Nacional del Agua (C.N.A) en el cual determinaron el basamento arenoso en áreas cercanas a los arroyos en cuestión\*\*.

Posteriormente se aplicó el método utilizado por James (1975), modificado de Krumbein (1965) descrito en U.S.A.C.E.R.C. (1985), con el fin de determinar el volumen de sedimento requerido para llevar a cabo tanto el relleno inicial como el proceso de realimentación.

\*\* Comunicación personal de Cupul-Magaña, A.L.

Investigador de la Universidad de Guadalajara. Guadalajara, Jalisco México

El método involucra la estimación de dos factores:

I. FACTOR DE RELLENO ( $R_A$ ): Este criterio fue desarrollado por James (1975). Este factor sirve para estimar el valor de metros cúbicos requeridos de material de relleno para producir 1 metro cúbico de material de playa. El valor de ( $R_A$ ) es obtenido a partir de la gráfica (Fig. 2).

Esta gráfica describe una relación entre los parámetros sedimentológicos de la posible zona fuente y la playa nativa.

Los parámetros (obtenidos por el método de momentos) necesarios para obtener el valor de ( $R_A$ ) a partir de la gráfica son los siguientes:

$\sigma_\phi$  : Desviación estandar del tamaño de grano medido en unidades  $\phi$ , la cual es una medida de sorteamiento.

$M_\phi$  : Diámetro medio en unidades  $\phi$  de la distribución del tamaño de grano.

Para referirnos al lugar que pertenece el material sedimentario analizado, se utilizan los siguientes subfijos:

f : La letra subscrita "f" hace referencia al material de la zona fuente.

n : La letra subscrita "n" hace referencia al material de la zona nativa.

Una vez determinadas las características anteriores, se procede a obtener las siguientes relaciones:

$$(M_{\phi_f} - M_{\phi_n}) / \sigma_{\phi_n} \quad \text{y} \quad \sigma_{\phi_f} / \sigma_{\phi_n} \quad \text{ec. (1)}$$

Los valores obtenidos en estas relaciones son introducidos en la gráfica de tal manera que se obtiene el punto de intersección entre ellos, posteriormente se procede a

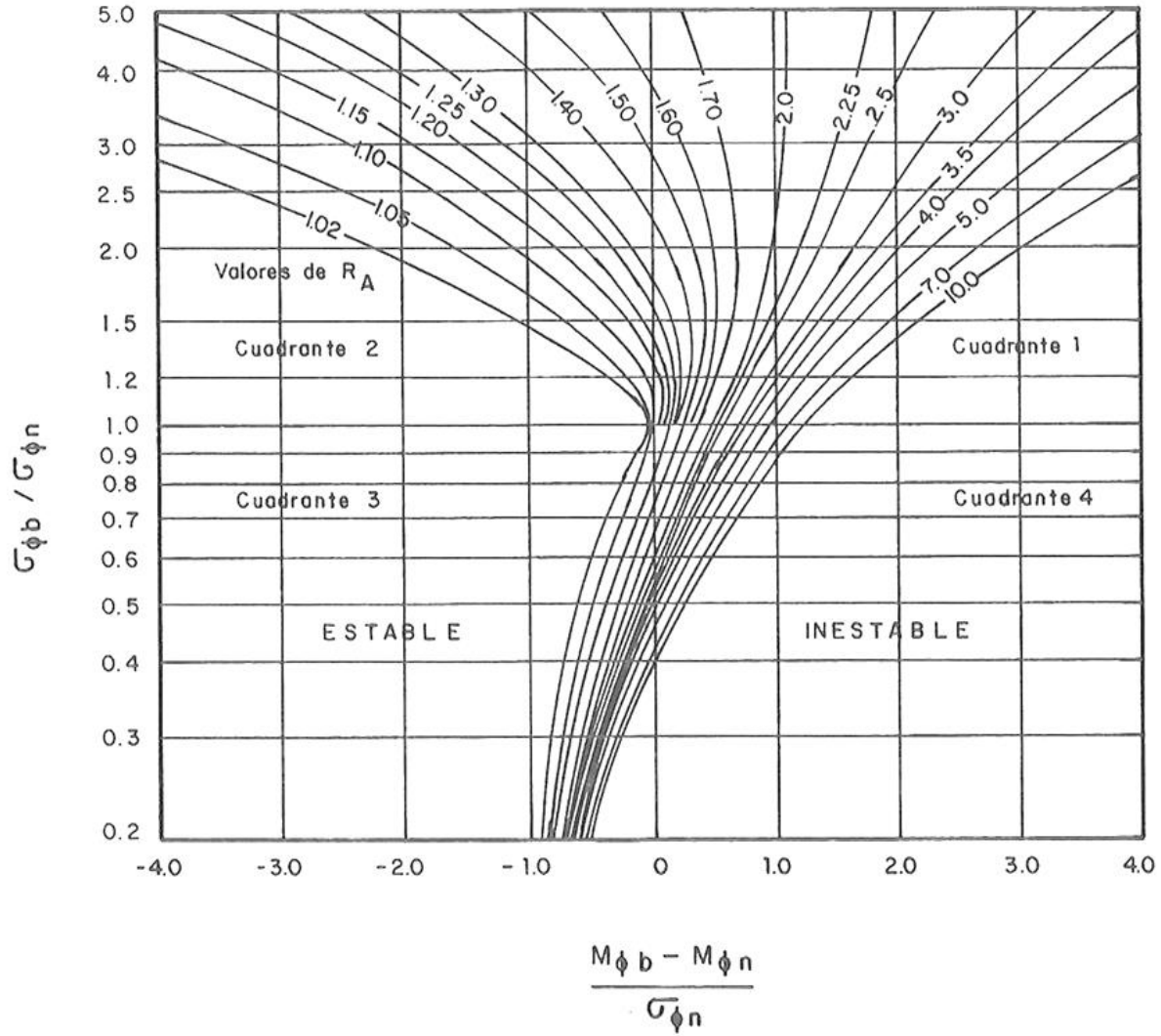


Fig. 2 - Gráfica para la determinación del parámetro ( $R_A$ ) o factor de relleno (Tomado de U.S.A.C.E.R.C.,1985).

establecer cual es la isolínea más cercana a esta intersección y el valor de ésta representa el factor ( $R_A$ ).

La gráfica a partir de la cual se encuentra el valor de ( $R_A$ ) se encuentra dividida en cuatro cuadrantes, dos de ellos denominados de estabilidad y dos de inestabilidad. Esto significa que el sedimento que va a ser utilizado para llevar a cabo el relleno puede permanecer en la zona por un tiempo prolongado (estable) o puede ser fácilmente transportado por la corriente litoral y permanecer en la zona por un período muy corto (inestable).

El que un sedimento sea estable o no en una zona puede determinarse a partir del valor de la media y de la desviación estandar ambos en unidades phi, tanto de la zona nativa como de la fuente estableciendo las posibles combinaciones (TABLA I).

II. FACTOR DE REALIMENTACION ( $R_J$ ). James (1975), obtiene una segunda aproximación para estimar el tiempo de permanencia del material sedimentario en la zona nativa y de esta manera determina los requerimientos periódicos de realimentación. Lo que permite la planeación y mantenimiento de proyectos a largo plazo.

El factor de realimentación ( $R_J$ ) esta dado por:

$$R_J = \exp [ D ((M\phi_b - M\phi_n) / \sigma_{\phi_n}) - (D^2/2) (\sigma_{\phi_b}^2 / \sigma_{\phi_n}^2 - 1) ] \quad \text{ec. (2)}$$

donde :

$D$  : es un parámetro adimensional y representa la diferencia escalar del tamaño de la media en unidades phi entre el sedimento actual de la zona erosionada y el encontrado antes de la erosión. James (1975), estima este valor entre 0.5 y 1.5.

**TABLA II.** Posibles relaciones sedimentológicas entre las características del material de la zona problema y las zonas fuente propuestas.

Categoría		Relación entre la Media (Unidades Phi $\phi$ )	Relación entre la Desviación Standar (Unidades Phi $\phi$ )
Caso	Cuadrante en la figura 2.		
I	1	$M_{\phi}^f > M_{\phi}^n$ Material fuente es más fino que el material nativo.	$\sigma_{\phi}^f > \sigma_{\phi}^n$ Material fuente más pobremente sorteado que el nativo.
II	2	$M_{\phi}^f < M_{\phi}^n$ Material fuente es más grueso que el material nativo.	
III	3	$M_{\phi}^f < M_{\phi}^n$ Material fuente es más grueso que el material nativo.	$\sigma_{\phi}^f < \sigma_{\phi}^n$ Material fuente mejor sorteado que el material nativo.
IV	4	$M_{\phi}^f > M_{\phi}^n$ Material fuente es más fino que el material nativo.	

Donde las condiciones texturales del sedimento presente en la zona nativa antes del proceso erosivo son desconocidas, éste recomienda un factor  $D = 1$ , obteniendo con este factor la figura 3.

#### **4.4 DETERMINACION DE LA ALTURA Y AMPLITUD DE LA BERMA.**

Se llevó a cabo una comparación entre los perfiles realizados en la zona de estudio por Lizarraga-Arciniega (1972), (transectos L-15, L-16 y L-17) y los realizados en el presente trabajo, así como la comparación entre las correspondientes batimetrías. Una vez analizada la información se determinó la altura de la berma y su correspondiente amplitud de acuerdo a el criterio utilizado por U.S.A.C.E.R.C. (1985).

#### **4.5 VOLUMEN Y TRANSICION DE LA PLAYA (PERFIL DE EQUILIBRIO)**

Se utilizo el método descrito por Bodge *et al.* (1993), en el que se considera la longitud de la playa, el déficit de arena, la pérdida anual de sedimento y el factor de relleno, obteniendo el volumen total de arena para mantener el perfil en equilibrio, esto es:

[ (tiempo de vida de la playa  $\times$  pérdida anual de sedimento) + ( déficit de arena existente  $\times$  factor de relleno) ].

Así mismo, es utilizada la técnica descrita por U.S.A.C.E.R.C. (1985), para la determinación de la distancia que recorre la ola sobre la cara de la playa (runup) de acuerdo al alcance del oleaje de rompiente y la pendiente de la playa.

#### **4.6 COLOCACION DEL RELLENO.**

Se determinó a partir de la vocación de la zona de playa, la dirección de la corriente litoral existente y condiciones de oleaje predominante en esta zona (se consideran las

alturas y períodos de oleaje de tormenta por ser los más erosivos ambos determinados por Ahumada-Sempoal, 1993).

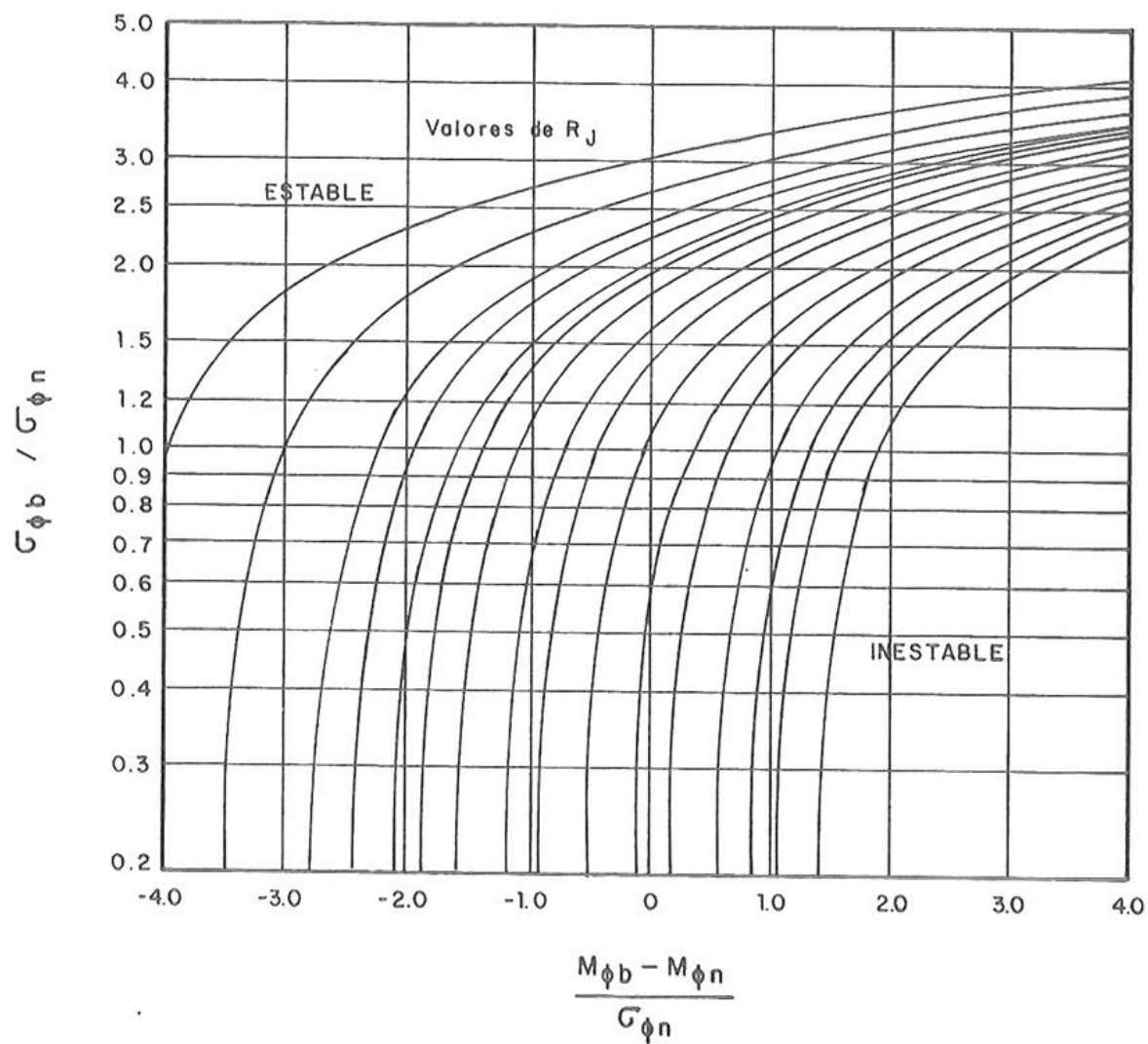


Fig. 3 - Gráfica para la determinación del parámetro ( $R_J$ )  
o factor de realimentación ( Tomado de U.S.A.C.E.R.C.,1985).

## 5. RESULTADOS.

### 5.1 CARACTERISTICAS SEDIMENTOLOGICAS Y MORFOLOGICAS DE LA PLAYA NATIVA.

El área a considerar en el proyecto de restauración para las playas El faro, Monalisa, Nueva España y Coronitas, tiene una longitud aproximada de 1.1 Km., y 60 m de amplitud, se realizaron los transectos aproximadamente cada 200 m (Fig. 4). La deficiencia neta de material sedimentario en la zona de estudio determinada por comparación entre los períodos 1972-1993 es de 1,269,100 m<sup>3</sup>.

En el transecto 1 (Fig. 5) se puede observar una acumulación de sedimento en la parte posterior de la zona de rompiente (barra arenosa), que posiblemente pueda funcionar como fuente de sedimento. Los transectos 2, 3 y 4 (Figs. 6,7,8) muestran pendientes suaves y en el transecto 5 (Fig. 9) se observa al igual que en el transecto 1, una acumulación de material sedimentario; siendo el área expuesta de la playa de 63,053.1 m<sup>2</sup> con pendientes muy suaves. Se obtuvo en la zona un volumen neto de sedimento presente de - 3,705 000 m<sup>3</sup> en un área total de 904, 470.1 m<sup>2</sup> (TABLA III).

Las características texturales determinan un intervalo promedio de tamaño de grano de 2. 8335 phi ( $M_{\phi}$ ), de acuerdo a la clasificación de Wentworth este valor indica que son arenas finas, así como una desviación estandar promedio de 0.5283 phi ( $\sigma_{\phi}$ ), descritos en las TABLA IV Y V.

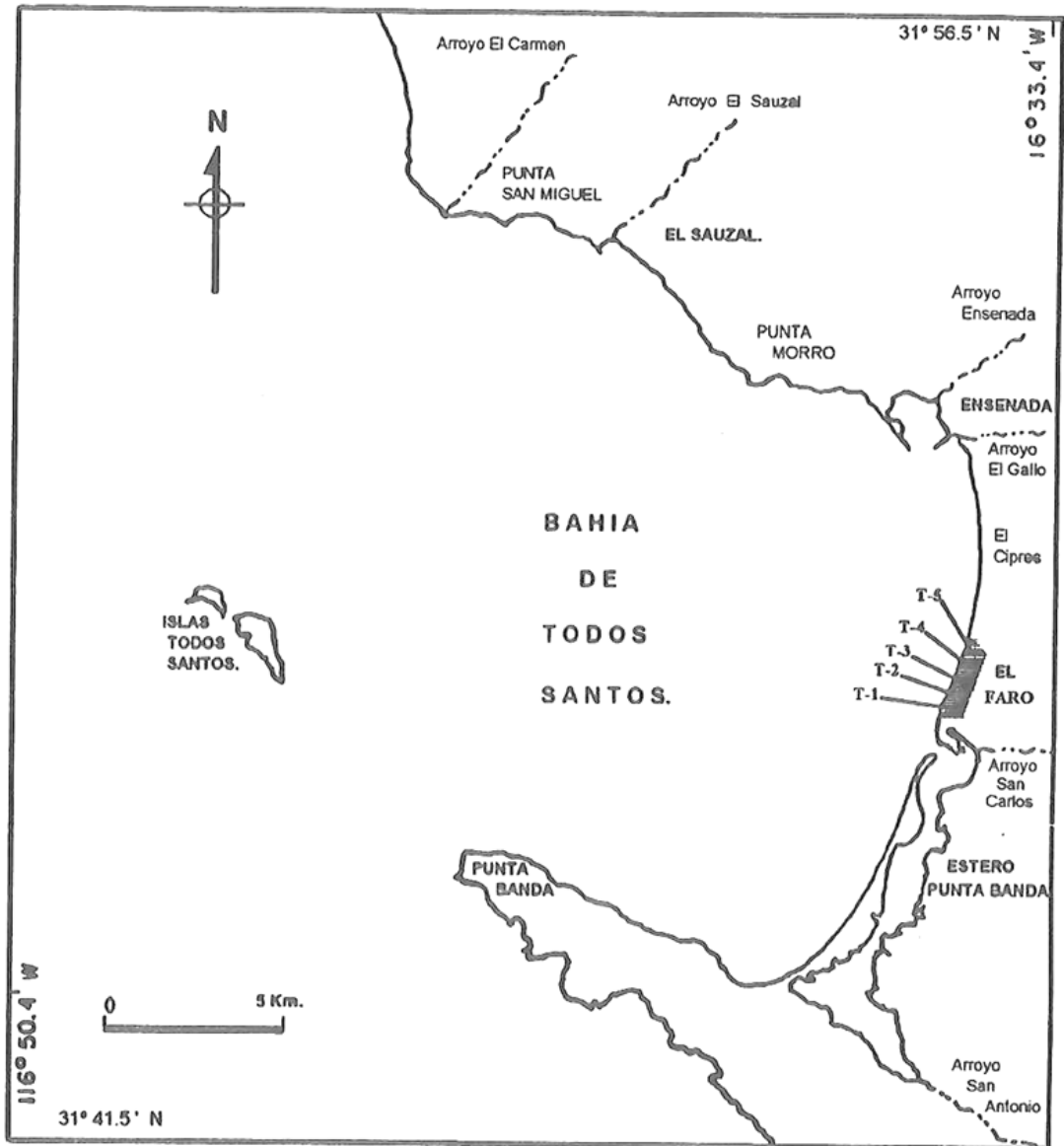
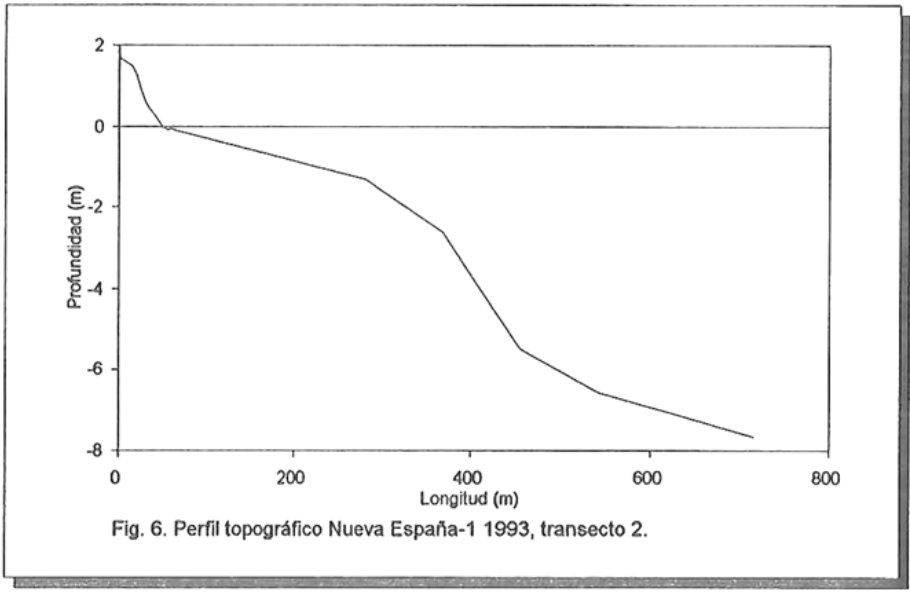
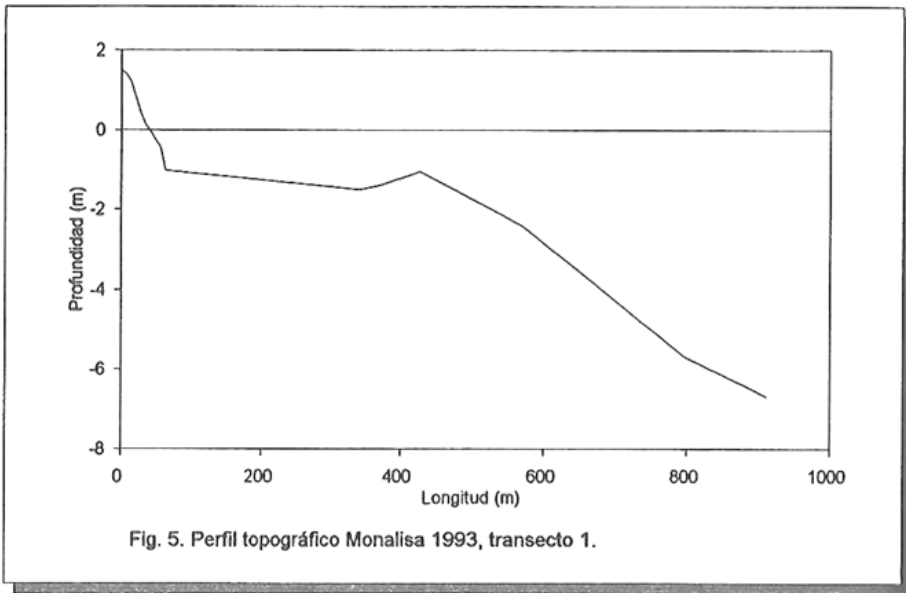
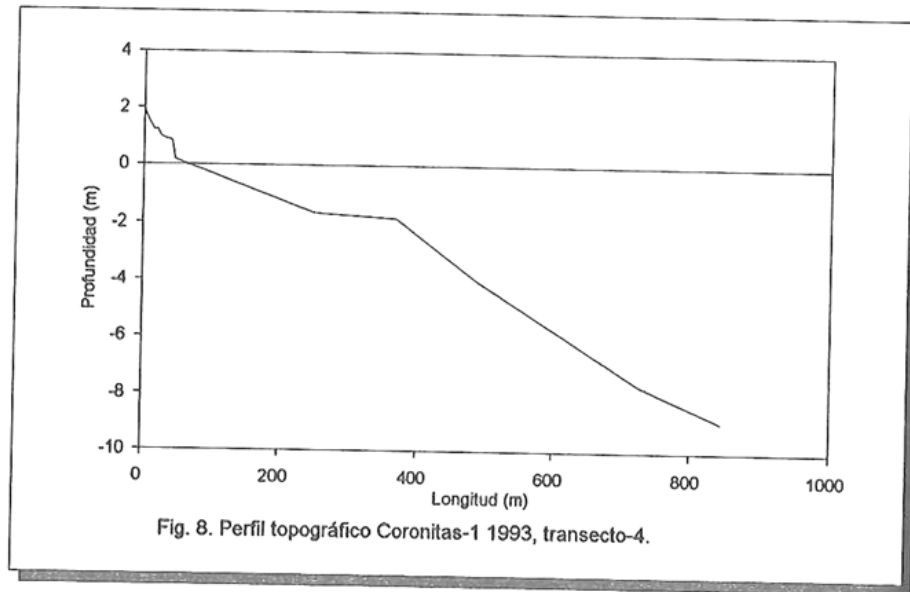
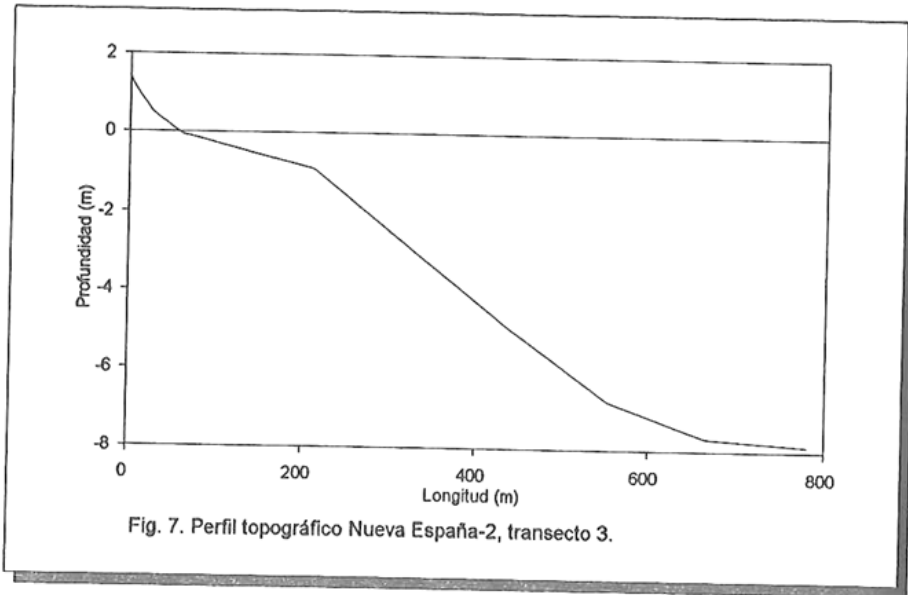
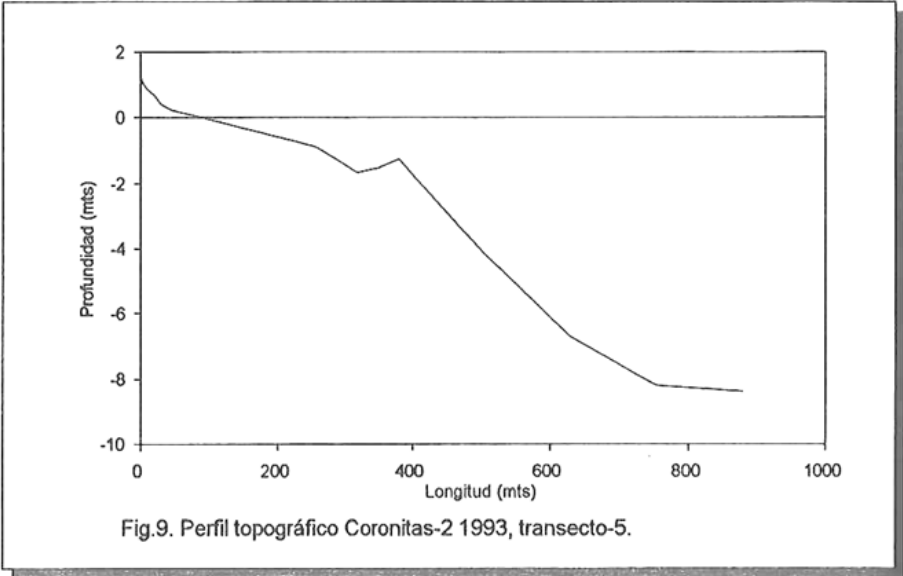


Fig. 4. Localización de los transectos batimétricos realizados, 1993.







**TABLA III.** Descripción de volumen y área entre cada transecto

Transectos	Volumen (m <sup>3</sup> )		Área (m <sup>2</sup> ).	
	Sobre NMM ( + )	Bajo NMM ( - )	Sobre NMM ( + )	Bajo NMM ( - )
1 - 2	1 320. 89	1,405 352	21 124. 55	326 867
2 - 3	3 372. 99	569 378	17 851. 26	119 932
3 - 4	1 842. 19	804 613	7 612. 85	167 236
4 - 5	7 783. 08	939 977	16 464. 64	227 382
<b>TOTAL</b>	<b>14, 319. 15</b>	<b>3,718 854</b>	<b>63 053. 1</b>	<b>841 417</b>

**TABLA IV.** Promedio de la media del tamaño de grano en unidades phi y milímetros de la playa nativa.

Transecto	Ubicación	Phi	mm
1	Monalisa	2.7405	0.1496
2	Nueva España-1	2.7381	0.1498
3	Nueva España- 2	2.6116	0.1636
4	Coronitas-1	2.7013	0.1537
5	Coronitas-2	3.1722	0.1109

**TABLA V.** Promedio de la desviación estandar del tamaño de grano en unidades phi y milímetros de la playa nativa.

Transecto	Ubicación	phi	mm
1	Monalisa	0.4518	0.7311
2	Nueva España-1	0.5182	0.6982
3	Nueva España-2	0.5808	0.6685
4	Coronitas-1	0.5713	0.6730
5	Coronitas-2	0.4655	0.7242

### 5.3. SELECCION DE MATERIAL DE RELLENO (ZONAS FUENTES).

Los parámetros texturales de los depósitos sedimentarios o posibles zonas fuente propuestas, se encuentran descritas en la TABLA V, reportando para el Arroyo San Carlos (Fuente 1) una media en el tamaño de grano de 2.2242 phi (arena fina) y una desviación estandar promedio de 0.9669 phi. El Arroyo San Antonio (Fuente 2) reportó una media de 1.7427 (arena media) y desviación estandar de 1.1489. Para la barra arenosa atrás de la Barra del Estero de Punta Banda (Fuente 3) se determinó una media de 3.0962 (arena muy fina) y desviación estandar de 0.6381. La presa "Emilio López Zamora" (Fuente 4) fue eliminada ya que el sedimento proveniente de esta zona contiene un alto porcentaje de material sedimentario arcilloso, el cual no es recomendable para ser utilizado en proyectos de regeneración de playas.

El volumen de sedimento que potencialmente puede ser extraído de las posibles zonas fuentes es descrito en la TABLA VI cubriendo las necesidades requeridas para el relleno de la zona afectada.

Al aplicar el modelo del factor de relleno ( $R_A$ ) se obtuvieron valores de 1.05 para los arroyos San Carlos y San Antonio, 2.0 para la barra arenosa localizada atrás de la zona de rompiente, este factor indica que para las dos primeras fuentes por cada unidad de volumen de material nativo ( $1 \text{ m}^3$ ), se requieren  $1.05 \text{ m}^3$  y  $2 \text{ m}^3$  de material de relleno respectivamente. Se obtuvieron valores de ( $R_T$ ) para cada una de las fuentes anteriormente mencionadas de 1/10, 1/40 y 3/2 respectivamente, este factor indica que para la fuente 1 el tiempo requerido para transportar  $1 \text{ m}^3$  de material fuente es 10 veces mayor que el tiempo

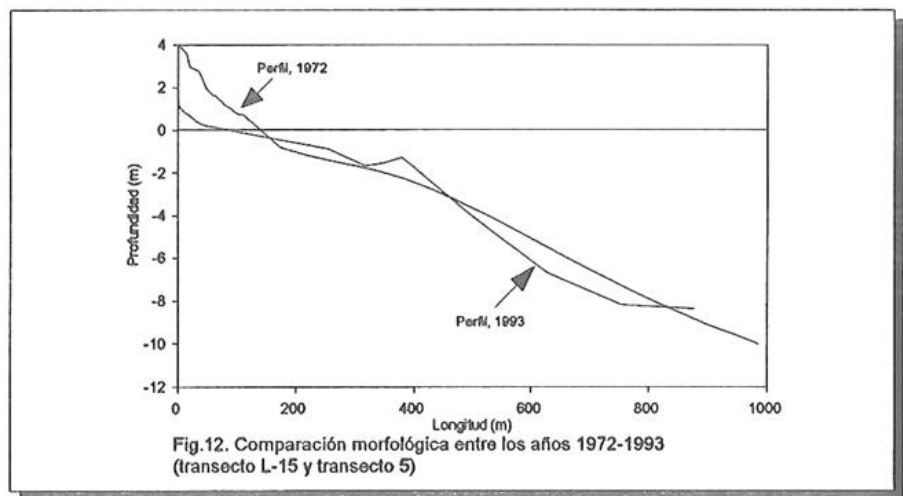
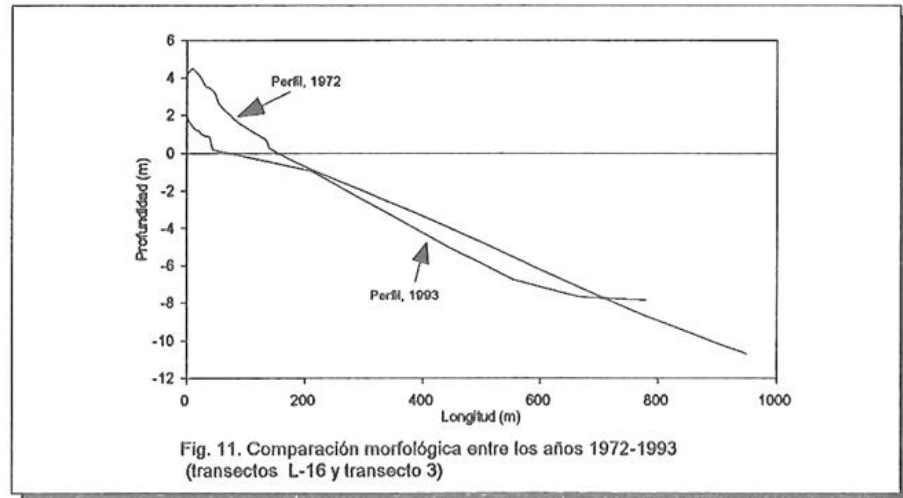
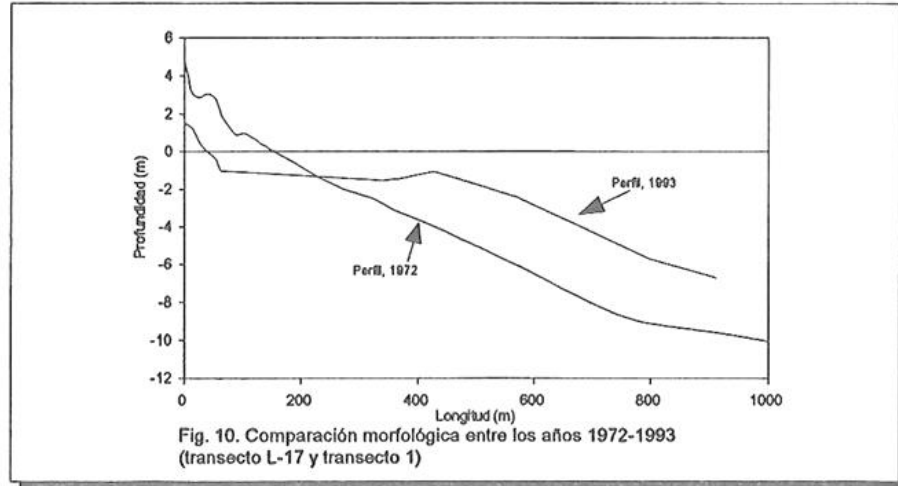
TABLA VI. Paramatros texturales y factores de relleno

	Material Nativo Playa "Monalisa Coronitas	Fuente No. 1 Arroyo San Carlos	Fuente No. 2 Arroyo San Antonio	Fuente No. 3 Barra Arenosa*	Fuente No. 4 Presa Emilio Lopez Zamora
Media (Phi) $M_\phi$	2. 8335	2. 2242	1.7427	3. 0962	Presenta material arcilloso.
Desv. Std.(Phi) $\sigma_\phi$	0. 5283	0. 9669	1.1489	0. 6381	
Vol umen (m <sup>3</sup> )	-----	4'175000	14'000000		
Factores de Relleno: R <sub>A</sub> .	-----	1. 05	1. 05	2. 0	
R <sub>J</sub> .	-----	0. 1	0. 025	1. 5	
Vol. Inicial de Relleno.	1'269 100	1'332 555	1'332 555	2'538 200	
Vol. anual de Relleno.	62,717. 9	6,271. 79	1,567. 94	94 076.85	

requerido para transportar  $1 \text{ m}^3$  del material nativo. A manera de ejemplo: si se colocara en la zona problema  $1 \text{ m}^3$  de material nativo y  $1 \text{ m}^3$  de material de relleno, el sedimento de relleno tardaría 10 veces más tiempo en ser llevado por la corriente litoral que el sedimento nativo. De igual manera para la fuente 2,  $1 \text{ m}^3$  de material de relleno tardaría 40 veces más en ser transportado por la corriente litoral que  $1 \text{ m}^3$  de material nativo. Mientras que para la fuente 3, si se colocara en la zona problema  $3 \text{ m}^3$  de material de relleno estos serían transportados dos veces más rápido que el material nativo, por lo cual se excluye a ésta fuente como posible zona de aporte, ya que la pérdida de material colocado en la zona problema sería mucho mayor que la pérdida ya existente.

#### **5.4. DETERMINACION DE LA ALTURA Y AMPLITUD DE LA BERMA.**

La existencia de la berma no se encuentra definida en los transectos de 1993 por haberse realizado los perfiles en época de verano, existiendo una diferencia de altura entre los realizados por Lizarraga-Arciniega (1972) y los del presente trabajo de 3.191 m para el primer transecto comparado (L-17 y 1), 2.268 metros en el segundo transecto (L-16 y 3), y 2.714 m para el tercer transecto (L-15 y 5) (ver Figs. 10,11,12). Las alturas obtenidas de esta comparación son consideradas como la altura óptima de la berma para esta zona. La amplitud es considerada por comparación entre los perfiles 1972 y 1993 obteniendo una amplitud para la berma de  $277,431 \text{ m}^2$ .



### 5.5. VOLUMEN Y TRANSICION DE LA PLAYA (PERFIL DE EQUILIBRIO).

La longitud de la playa erosionada es de 1 Km. de largo, la razón anual de pérdida de sedimento es de  $63,557.31 \text{ m}^3 / \text{año}$  de acuerdo a Cruz-Colín (1994), el déficit de arena existente obtenido en el presente trabajo es de  $1,269,100 \text{ m}^3$  con un factor de relleno de 1.05. Con los resultados anteriormente descritos se obtuvo el volumen total de sedimento requerido para el relleno inicial, siendo éste de 1.7 millones de  $\text{m}^3$ . Posteriormente será necesario el aporte periódico de sedimento para mantener en buen estado la regeneración de la zona (ver TABLA VI). Se estimó un valor del runup de 5.67 m arriba de la berma, es decir, esta será la distancia esperada que recorrerá la ola sobre la cara de la playa.

Existe además, una diferencia aproximada en el área expuesta de  $277,431 \text{ m}^2$  la cual es determinada como la amplitud requerida para la restauración de la zona (TABLA VII).

**TABLA VII.** Comparación geomorfológica de la zona entre 1972 y 1993.

Año	1972	1993
Volumen neto (m <sup>3</sup> )	4'974 100	3'705 000
Volumen sobre NMM (+) m <sup>3</sup>	301 054	23 622.6
Volumen bajo NMM (-) m <sup>3</sup>	5'274 770	3'728 620
Diferencia de volumen (m <sup>3</sup> )	4'973 716	3'704 997.4
Area sobre NMM (m <sup>2</sup> )	168 778	63 053.1
Area bajo NMM (m <sup>2</sup> )	890 114	841 417
Area total. (m <sup>2</sup> )	1'058 892	904 470.1

## 6. DISCUSIONES.

### 6.1 DETERMINACION DEL TRANSPORTE LITORAL Y DEFICIENCIA DE APORTE DE MATERIAL.

La deficiencia en el aporte de sedimento es la razón de pérdida de material , la cual ocasiona un decremento en el balance sedimentario. Si el aporte litoral no permite mantener un balance en equilibrio, la razón neta del transporte requerido se aproximará a la deficiencia del mismo.

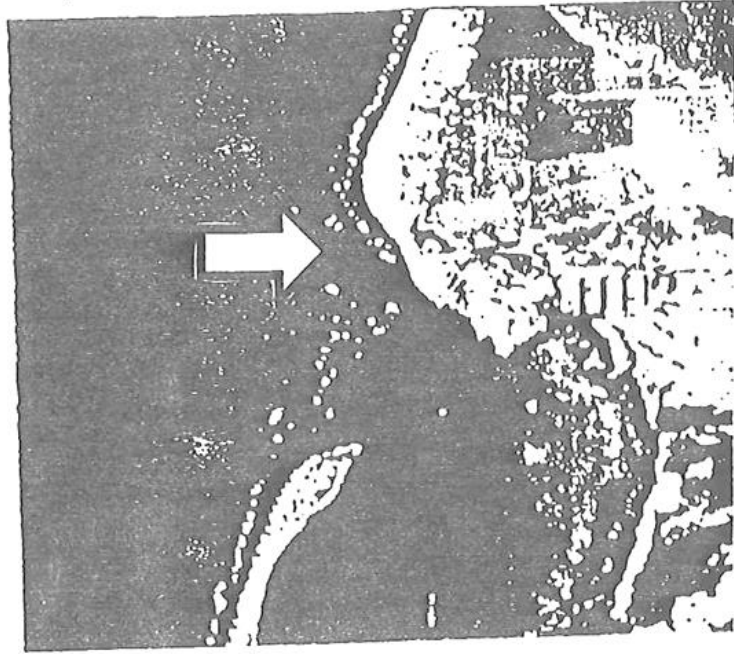
De acuerdo a la complejidad de la zona, junto a un posible efecto de convergencia provocado por la refracción del oleaje, el fenómeno erosivo parece haber sido provocado por los eventos de tormenta registrados entre 1983 y 1988 que ocasionaron el retroceso y acumulación del sedimento, formando una barra atrás de la zona de rompiente, la cual fue observada en la batimetría realizada en el presente trabajo. El material sedimentario que se encuentra en esta barra arenosa no retornó a la zona de playa por ser arrastrado por un oleaje de tormenta, y que posteriormente al restituirse las condiciones promedio de la zona quedo fuera de la influencia del oleaje local ocasionando la erosión de las playas adyacentes, siendo confirmada esta hipótesis por el trabajo de Castillo-Valdéz (1995).

De acuerdo a los valores obtenidos, la deficiencia neta del transporte litoral por comparación entre los perfiles anteriores y actuales es relativamente poca considerando el área expuesta de la playa, es decir, el déficit de volumen neto encontrado en la zona de estudio entre los años 1972 y 1993 es de aproximadamente del 21% (ver TABLA VII). Como ya se dijo anteriormente el material erosionado en la zona expuesta de la playa se encuentra depositado en la barra localizada atrás de la zona de rompiente. Siendo muy notorio la

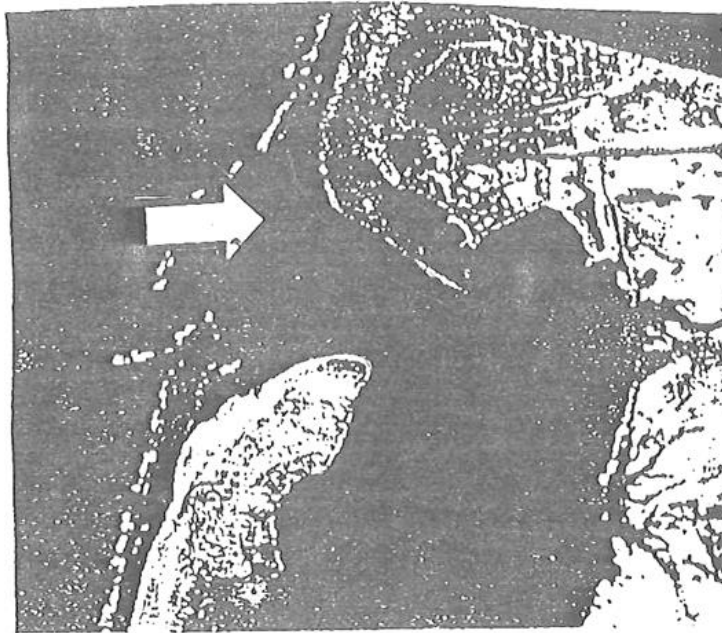
diferencia en esta sección entre el perfil en equilibrio y el actual muy marcada. Se asume esta diferencia por la acumulación detrás de la zona de rompiente; observándose en la figura 13 el crecimiento de una lengüeta, prolongación de la playa "El Faro", la cual podría contener el déficit de arena existente en la zona aledaña ocasionado por el transporte a lo largo de la playa, así como por el aporte de los arroyos San Carlos y San Antonio. De igual manera el depósito sedimentario se corrobora en la comparación batimétrica entre los años 1972 y 1993 (Figs. 14 y 15), también es descrito por Castillo-Valdez (1995).

## **6.2 CARACTERISTICAS SEDIMENTOLOGICAS Y MORFOLOGICAS DE LA PLAYA NATIVA.**

Se ha reportado para esta zona una tasa promedio de retroceso mayor de 1.5 m/año (Renault-Ballester y García-Gutierrez, 1993). Este efecto es claramente observado en la zona de playa y de posplaya al disminuir su amplitud, aproximadamente a 60 m de las estructuras de protección ya construidas. Este retroceso debió ocasionar la pendiente que actualmente tiene esta zona, la cual presenta una disminución en la capacidad de disipación de la energía del oleaje, provocando con ello una deficiente protección a la zona y estructuras presentes. Este cambio en la pendiente también podría ser provocado por eventos climatológicos severos como lo fueron las tormentas registradas en 1983 y 1988. Sin embargo, en el perfil 1 se observa una acumulación de arena atrás de la zona de rompiente, causada por la capacidad de transporte perpendicular a la playa asociado al oleaje de tormenta. De igual manera la erosión existente en los transectos 3, 4, 5 y 6 pudo ser una respuesta a la incidencia del oleaje que con un ángulo de aproximación que converge en esta zona aumentando la capacidad erosiva del mismo.

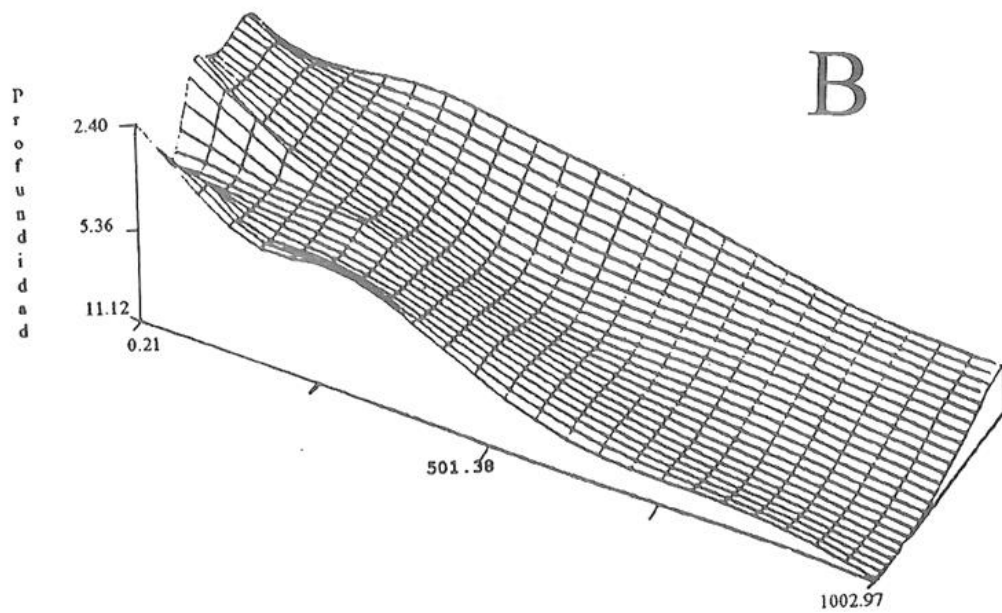
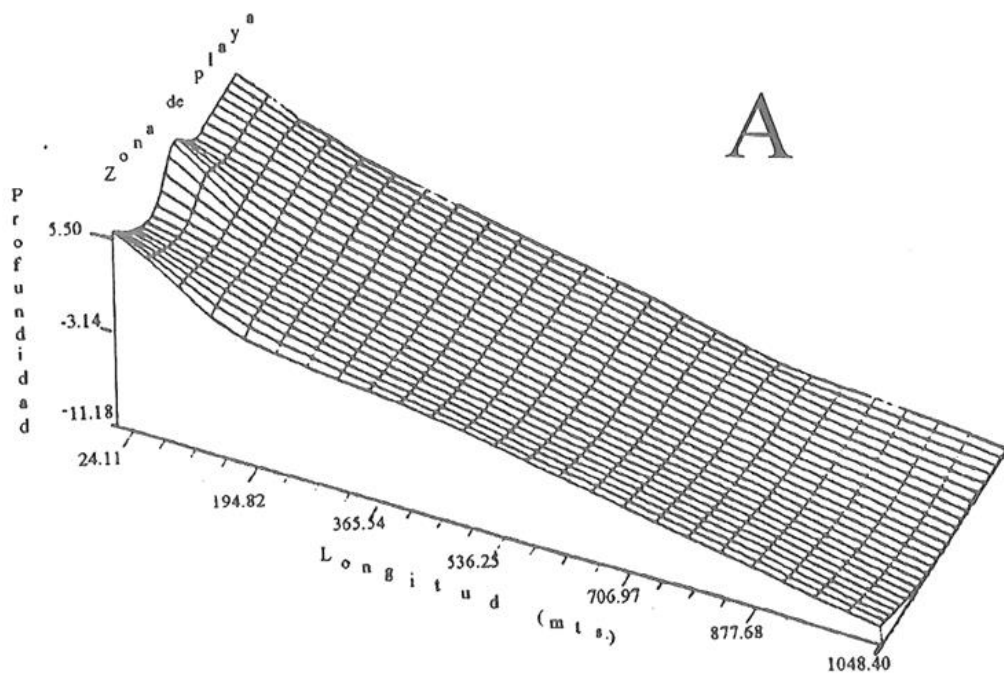


(a) 1972.



(b) 1993.

Fig. 13. Mapa comparativo del área de estudio entre los años 1972 y 1993.  
(Tomado de Castillo-Valdéz, 1995).



**Fig. 12.** (A) Batimetría de la zona de estudio referida al nivel medio del mar, 1972; (B) Batimetría de la zona de estudio referida al nivel medio del mar, 1993.

Las características texturales del sedimento indican un transporte hacia el norte lo cual concuerda con los estudios ya reportados por Aranda-Manteca (1983), Castellón-Alvarez (1988), y Ahumada-Sempoal (1993), entre otros. La media del tamaño de grano reportado por Méndez-Arriaga (1982), en unidades phi es de 2.87 con una desviación estandar de 0.417, sin embargo, los resultados de este estudio reportan valores diferentes para ambos parámetros (ver TABLAS IV y V) modificación causados por la erosión sedimentaria de la zona. El cambio en el tamaño de grano fue debido posiblemente a que el material superficial de la playa fue arrastrado y depositado fuera del alcance del oleaje normal, lo que ocasionó que en la zona expuesta de la playa quedara material más estable que el sedimento arrastrado siendo constituido éste por un tamaño de grano más grueso

### **6.3 SELECCION DEL MATERIAL DE RELLENO (ZONAS FUENTES).**

Las zonas consideradas como fuentes potenciales de sedimento son: el Arroyo San Carlos y San Antonio debido a la cercanía de la zona de estudio ( $\approx 5$  y 9 Km. respectivamente). La barra arenosa localizada frente a la barra del Estero de Punta Banda atrás de la zona de rompiente. La presa "Emilio López Zamora" por presentar actuales problemas de azolvamiento y contar con suficiente volumen de material sedimentario.

Las dos últimas zonas fueron determinadas no viables para el proyecto , ya que el material que azolva la presa "Emilio López Zamora" contiene un gran porcentaje compuesto de material arcilloso, no teniendo similitud con el material de la playa nativa (ver TABLA VI). La barra arenosa localizada frente a la barra del Estero de Punta Banda se desconoce el volumen y dimensiones de la misma ya que no se cuentan con información para determinarlos, además de encontrarse constituida por material más fino que el necesitado para

la zona de estudio. De ser factible el conocimiento del volumen, esta fuente ocasionaría una playa inestable al ponerse en suspensión el material fino de la misma.

De acuerdo a las características sedimentológicas del material nativo las dos primeras fuentes pueden ser utilizadas para proporcionar el material de relleno.

Siendo el material nativo más fino que cualquiera de los de relleno es posible esperar un aumento en la pendiente de la playa, considerando que al tener una desviación estandar mayor indica la presencia de material más fino y más grueso que el nativo (mal sorteado), lo cual podría compensar este aumento de la pendiente.

De acuerdo a la proyección turística de la zona de estudio, la fuente 1 presenta características sedimentológicas similares a las que presenta la zona nativa (TABLA IX), siendo apropiadas para mantener en equilibrio la playa nativa por lo que el material de esta fuente sería el indicado para el relleno y alimentación artificial de la zona. El material de la fuente 2 al presentar un tamaño de grano mayor encontrado en la playa nativa y una desviación estandar mayor que la fuente 1, y a pesar de presentar mayor estabilidad si se colocara como relleno principal, las características de playa turística se verían mermadas por la presencia de arenas gruesas, sin embargo, puede ser considerada como fuente secundaria para el relleno ya que en combinación con la fuente 1 el cambio sedimentológico no sería drástico permitiendo en caso de ser necesario una zona más estable.

La introducción de material ajeno a una determinada playa es cada vez más frecuente y la tecnología es más sofisticada (U.S.A.C.E.R.C, 1985). El factor económico es determinante para establecer el método de aporte más adecuado, en este caso, el transporte de

**TABLA VIII.** Relación sedimentológica entre las características del material nativo y la zona fuente 3.

Categoría		Relación entre la Media (Unidades Phi $\phi$ )	Relación entre la Desviación Standar (Unidades Phi $\phi$ )
Caso	Cuadrante en la figura 2.		
I	1	$3.0962 \phi^f > 2.833 \phi^n$	$0.6381 \phi^f > 0.5283 \phi^n$
II	2		
III	3		$\sigma \phi^f < 0.5283 \phi^n$
IV	4		

**TABLA IX.** Relación sedimentológica entre las características del material nativo y la zona fuente 1 (Tomando como base la tabla II).

Categoría		Relación entre la Media (Unidades Phi $\phi$ )	Relación entre la Desviación Standar (Unidades Phi $\phi$ )
Caso	Cuadrante en la figura 2.		
I	1		$0.9669 \phi^f > 0.5283 \phi^n$
II	2	$2.2242 \phi^f < 2.8335 \phi^n$	
III	3		
IV	4		

**TABLA X.** Relación sedimentológica entre las características del material nativo y la zona fuente 2.

Categoría		Relación entre la Media (Unidades Phi $\phi$ )	Relación entre la Desviación Standar (Unidades Phi $\phi$ )
Caso	Cuadrante en la figura 2.		
I	1	$1.7427_{\phi}^f < 2.8335_{\phi}^n$	$1.1489_{\phi}^f > 0.52873_{\phi}^n$
II	2		
III	3		
IV	4		

La introducción de material ajeno a una determinada playa es cada vez más frecuente y la tecnología es más sofisticada (U.S.A.C.E.R.C, 1985). El factor económico es determinante para establecer el método de aporte más adecuado, en este caso, el transporte de arena por acarreo puede ser el más viable debido a la particularidad de la zona y a que las zonas fuentes seleccionadas se localizan cerca a el área de estudio.

#### **6.4 DETERMINACION DE LA ALTURA Y AMPLITUD DE LA BERMA.**

Uno de los aspectos de mayor importancia en este estudio, es la delimitación de la altura y amplitud de la berma, ya que de ello depende la capacidad de atenuación del oleaje y por consiguiente de cumplir con la función de protección de la zona de playa.

La amplitud y altura de la berma obtenidas para la zona son consideradas a partir del perfil realizado en 1972, ya que éste se encontraba en equilibrio manteniendo las dimensiones óptimas para la zona de estudio.

Hay que hacer notar que la mayor diferencia en proporción corresponde al área expuesta de la playa, ya que el volumen neto de pérdida del sedimento representa el 21%, mientras que en la zona expuesta representa una pérdida neta de volumen del 92%, a la encontrada en un perfil en equilibrio.

Dado el runup esperado se propone además un aumento de 1 m en la altura de la berma a partir del perfil base con el fin de mantener la zona en equilibrio, aún durante eventos climatológicos extraordinarios, ya sean tormentas, mareas o vientos, protegiendo con ello el relleno colocado.

## **6.5 VOLUMEN Y TRANSICION DE LA PLAYA (PERFIL DE EQUILIBRIO).**

El diseño de tiempo de vida del perfil es considerado de acuerdo a los fines destinados para el proyecto, la elevación de la berma fue predicha para mantener el perfil en equilibrio, asumiendo al perfil con una forma idéntica al encontrado en 1972. De acuerdo a esto es necesario colocar un total de 1.7 millones de m<sup>3</sup> de material sedimentario en la zona de estudio para obtener el perfil inicial adecuado para mantenerlo en equilibrio. Para el relleno inicial se propone colocar bolsacretos en la zona de playa aproximadamente a 10 m del pie de las estructuras con el fin de obtener una protección inicial para el relleno. Posteriormente se colocara el material, que formará una berma y consecuentemente una pendiente que disipe la energía del oleaje, mientras que el material de relleno será esparcido. Al término del relleno inicial la transición del perfil será aproximadamente como la batimetría original de la zona. De esta manera al finalizar el total del relleno se tendrá un perfil de mayor estabilidad.

De acuerdo a la investigación realizada por Castillo-Valdéz (1995), aparentemente la zona de estudio presenta en la actualidad una tendencia al equilibrio, de ser así facilitaría la regeneración de la playa, ya que al aportar arena al sistema de la zona y al continuar el ciclo estacional de erosión y depositación esta se mantendría estable por mayor tiempo.

## **6.6 COLOCACION DEL RELLENO.**

El relleno inicial y la colocación del bolsacreto permitirá aminorar la corriente litoral perpendicular y paralela a la línea de costa, de manera que el material inicial de relleno sea retenido en la misma zona.

El lugar apropiado para su colocación sería en la cara de la playa, preferentemente en la línea de la marea baja a partir de la parte sur de la playa Monalisa sin exceder  $\frac{2}{3}$  de la distancia total del área de estudio, ya que de acuerdo con Jackson and Smith (1990), esta opción es recomendable para rellenos mayores de  $1 \times 10^6 \text{ m}^3$  con el fin de las pérdidas debidas al transporte litoral. Esta distribución tiene la finalidad que el oleaje disperse el material hacia el norte, así como a lo largo y ancho de la playa. También se recomienda que el relleno se lleve a cabo en época de verano, ya que en esta época del año se efectúa un proceso constructivo del perfil de playa. Sin embargo, la colocación de la arena en la zona afectada resulta compleja por las dimensiones que en la actualidad presenta esta playa.

El proceso de introducción del material de relleno inicia desde el transporte de la fuente hasta la zona erosionada utilizando camiones de volteo. Lo cual se ve limitado por el tiempo que transcurre durante el ciclo de marea siendo este semidiurno para la localidad.

## 7. CONCLUSIONES.

La técnica de alimentación artificial representa una alternativa viable para la regeneración de la playa “ Monalisa - Coronitas” utilizando los arroyos San Carlos y San Antonio como las zonas fuentes más adecuadas debido a sus características sedimentológicas y de volumen requerido para la estabilización de la zona problema.

**SUGERENCIAS.**

Si se reralizara una obra de este tipo en la zona de estudio se recomienda que se mantenga un programa de monitoreo continuo para mantener un estado de creciente equilibrio en la zona problema. De igual manera se recomienda mayores estudios de las características del oleaje.

**LITERATURA CITADA.**

- AHUMADA-SEMPOAL, M.A.* (1993). Determinación de la corriente litoral ocasionada por oleaje en la Bahía de Todos Santos, B.C.; F.C.M. U.A.B.C., Tesis de Licenciatura, Ensenada, B.C. México. pp. 38
- ARANDA-MANTECA, F.J.* (1983). Estudio de minerales pesados como trazadores de la corriente litoral en la Bahía de Todos Santos, B.C.; E.S.C.M. Tesis de Licenciatura, Ensenada, B.C. México. pp.78
- AVILA-SERRANO, G.* (1983). Volúmen de sedimentos aportados anualmente a la Bahía de Todos Santos, B.C., por los arroyos; El Carmen, Ensenada, El Gallo, San Carlos y Las Animas 1972-1983; F.C.M., U.A.B.C. Tesis de Licenciatura, Ensenada, B.C., México. pp.36
- BLANCO-BETANCOURT, J.R.* (1987). Comparación de dos modelos de predicción para la corriente a lo largo de la playa con datos reales obtenidos en la Barra del Estero de Punta Banda. F.C.M., U.A.B.C. Tesis de Licenciatura, Ensenada, B.C. México. pp. 36
- BODGE, R.K., OLSEN, E.J., CREED, C.G.* (1993). Performance of beach nourishment at Hilton Head Island, South Carolina; Beach Nourishment engineering and management considerations, Pub. ASCE. New York. N.Y. pp. 16-30

- CASTILLON-ALVAREZ, R.C.* (1988); Transporte de sedimento y sus efectos sobre el perfil de la playa en la Bahía de Todos Santos, B.C. Mex., F.C.M., U.A.B.C., Tesis de Licenciatura, Ensenada, B.C. México. pp.57
- CASTILLO-VALDEZ, H.F.* (1995); Cambios en la línea de playa en la Boca del Estero de Punta Banda, F.C.M., U.A.B.C., Tesis de Licenciatura, Ensenada, B.C. México. pp 51
- CRUZ-COLIN, M.E.* (1994). Balance sedimentario de la Bahía de Todos Santos, B.C. México. Fac. Ciencias Marinas. U.A.B.C. Tesis de Licenciatura. Ensenada, B.C. México. pp. 77
- CRUZ-FALCON, A. y VAZQUEZ-GONZALEZ, R.* (1989). Gravimetría del Valle de Maneadero-Chapultepec, Ensenada, B.C., con aplicación a la geohidrología. Ciencias Marinas. 15(4): 21-38.
- FOLK, R.L. y WARD, W.C.* (1957). Brazos river bar; a study on the significance of grain-size parameters. Jour. of Sed. Petrol. 27 (1): 3-26
- FRIAS, V.A. y MORENO, C.G.* (1986). Ingeniería de costas. I.P.N. Segunda Edic. México. pp. 217.
- GASTIL, R.G., PHILLIPS, R.P., ALLISON E.C.* (1975). Reconnaissance geology of the state of Baja California. Geol. Soc. of America Memoir. pp. 140
- KANA, W.T., STEVENS D.F. y LENNON G.* (1990). Beach and dune restoration following Hugo. Shore and Beach. Jour. of the American Shore and Beach preservation Association. 58 (4): 57-63

- KANA, W. T.* (1993). The profile volumen approach to beach nourishment. Beach nourishment engineering and management considerations. Pub. ASCE., New York., N.Y. pp. 176-190
- KOMAR, P.D.* (1976). Beach and processes and sedimentation. Prentice Hall Englewood Cliffs, N.J., pp. 430.
- LIZARRAGA-ARCINIEGA, J.R.* (1972). Estudio de los movimientos ciclicos de la playa en la Bahía de Todos Santos, B.C. por medio de secciones transversales. E.S.C.M. U.A.B.C. Tesis de Lic. Ensenada, B.C. México. pp. 50
- MENDEZ-ARRIAGA, M.A.* (1982). Determinación del transporte litoral predominante en la Bahía de Todos Santos, Baja California. F.C.M. U.A.B.C. Tesis de Licenciatura. Ensenada, B.C. México. pp. 30
- MONTES DE OCA, M.* (1985). Topografía. 1ra. Edición; Representación y Servicios de Ingeniería. México. pp. 344.
- PINA, G.F.* (1986). Construcción de obras exteriores en puertos mexicanos. I.P.N. (E.S.I.A.) México. pp. 21-31
- PLAZA-FLORES, J.F.* (1979). Cambios en la playa San Miguel debido a un deslizamiento y a la adición de nuevo material vertido a la línea de costa. F.C.M. U.A.B.C. Tesis de Licenciatura. Ensenada, B.C. México. pp. 64.
- RENAULT-BALLESTER, P. y GARCIA-GUTIERREZ, C.* (1994). Plan de o desarrollo urbano. Ensenada, B.C. Dirección de Desarrollo Urbano y Ecología. Departamento de Planeación, Ensenada, B.C.

- RUBIO-OROZCO, V.M.* (1987). Determinación de las zonas de mayor erosión y depositación en una playa de la Bahía de Todos Santos, Baja California. E.S.C.M. U.A.B.C. Tesis de Licenciatura. Ensenada, B.C. México. pp. 38
- SECRETARIA DE MARINA*, (1974). Estudio geográfico de la región de Ensenada en la Bahía de Todos Santos, B.C. Dirección General de Oceanografía y Señalamiento Marítimo. México, D.F.
- SMITH, A.W.* y *JACKSON, L.A.*, (1990). The siting of the Beach Nourishment Placements, Shore and Beach, 1990
- TORRES-NAVARRETE, C.R.* (1991). Transporte litoral en una zona de la Bahía de Todos Santos, B.C., México durante abril, agosto y octubre de 1985. Ciencias Marinas ; 17 (3): 59-71
- URIBE-ROJO, M.A.* (1989). Apuntes de planeación portuaria, U.A.B.C. Mexico.pp.137
- U.S.A.C.E.R.C. ARMY*, (1985). Shore Protection Manual; C.E.R.C; 3ra. Ed. Washington D.C.; U.S. Government; 2 (5): 5-20