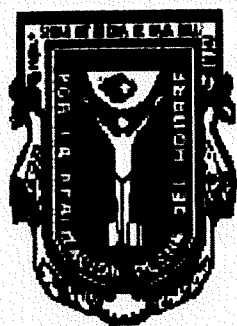
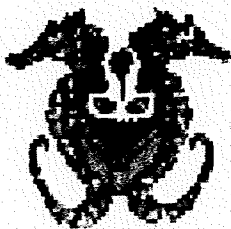


UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BAJA CALIFORNIA

FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS



**VARIACION ESPACIO TEMPORAL DEL PERFIL DE PLAYA
EN ROSARITO, BAJA CALIFORNIA, MEXICO**



TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

OCEANOLOGO

PRESENTA:

ERNESTO TONATIUH MENDOZA PONCE

Ensenada, Baja California, Julio de 1999

RESUMEN

En este trabajo se examinó la capacidad recreacional y de protección de las playas de Rosarito, B.C. Para lograr la caracterización general del área de estudio y analizar la funcionalidad de la playa, se establecieron diez perfiles de control los cuales se midieron mensualmente de mayo 1997 a febrero 1999 durante las mareas mas bajas de cada mes por medio de nivelación topográfica simple y referidos a Nivel Bajamar Media Inferior. Los perfiles se agruparon por estación del año para y se obtuvo el perfil promedio de cada temporada del año. A partir de estos perfiles promedio se consideraron cuatro factores: estacionalidad, ancho de playa, volúmenes de arena por banco de nivel y volúmenes de arena por segmento.

En la temporada de primavera-verano predominaron los procesos depositacionales, el ancho de playa alcanza sus valores máximos, creando las mayores capacidades recreacionales y de protección. La temporada de verano-otoño se observó transición con tendencia a la erosión. En la temporada otoño-invierno se observó que predominan los procesos de erosión, en invierno de 1998 se registró una erosión extrema 1,272,024 m³/temporada ocasionando valores mínimos, perdiendo las capacidades de protección y de recreación de la playa. La temporada de invierno-primavera se observó transición con tendencia a la depositación con el predominio de estos últimos comenzando la recuperación de la playa. En general la totalidad de la longitud de la playa estudiada presenta el ciclo estacional depositación-erosión en verano-invierno respectivamente

Los procesos depositacionales en verano producen los mayores valores del ancho de playa e incrementándose la capacidad recreacional y de protección. El predominio de procesos erosionales en invierno reducen la arena de la playa y producen los valores mínimos registrados en el ancho de playa y por tanto las condiciones menos propicias para la recreación y protección de la infraestructura.

**VARIACION ESPACIO TEMPORAL DEL PERFIL DE PLAYA EN
ROSARITO, BAJA CALIFORNIA, MEXICO**

TESIS QUE PARA OBTENER EL GRADO DE

OCEANOLOGO

PRESENTA

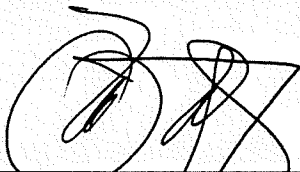
ERNESTO TONATIUH MENDOZA PONCE

APROBADA POR



PRESIDENTE DEL JURADO

M. en C. ROMAN LIZARRAGA ARCINIEGA



SINODAL PROPIETARIO

Dr ASDRUBAL MARTINEZ DIAZ DE LEON



SINODAL PROPIETARIO

Dr. CARLOS RODOLFO TORRES NAVARRETE

AGRADECIMIENTOS

Muy especial al M.C. Román Lizarraga Arciniega por haber dirigido este trabajo y su interminable dedicación por la enseñanza a través de su amistad.

A mis sinodales Dr. Carlos Torres Navarrete y Dr. Asdurbal Martínez Díaz de León por su observaciones y sugerencias.

Al Oc. Eduardo Gil Silva por sus comentarios, sugerencias y amistad.

A Cristian Appendini, Andres Ortinez, Gilberto, Andres y Jorge por el levantamiento de perfiles

A la Universidad Autónoma de Baja California por el apoyo recibido a través del proyecto #4026 y 4078-25

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por el apoyo recibido a través del convenio #061PÑ

A la familia

A mis papás gracias infinitas

A mis hermanas por su apoyo

A Olga Lingard mi flaca por compartir su vida acrecentando la mia

A Judith Morales y Elicio Muñoz por los desvelos en los estudios

A Zak Kain, por aguantar al compañero de casa en un principio invisible

A Leo inclán, Rafa Bemudez y Lydia Ladah por que en el mar la vida es mas sabrosa especialmente en San Miguel.

A la familia Morales Gonzalez por su cariño y especialmente por todas las comidas de gorra

A Alfonso Lanzagorta por su apoyo y amistad desde que teníamos 60cm de estatura

A Mauro Gonzalez Coronel por su reciente vida truncada

A Don Manuelito y Doña Emma por ser unos excelentes primeros caseros

Como dar gracias a cada persona?, como hago tal cosa sin que sea algo común

Si hay algo que siento es gratitud

A todo lo que me rodean

Mi agradecimiento es infinito

INDICE

LISTA DE TABLAS.....	VI
LISTA DE FIGURAS.....	VII
I. INTRODUCCION.....	1
II. ANTECEDENTES.....	5
III. HIPOTESIS.....	7
IV. OBJETIVO.....	7
V. AREA DE ESTUDIO.....	8
VI. METODOLOGIA	10
VI.1 Estacionalidad.....	12
VI.2 Ancho de playa.....	12
VI.3 Volúmenes de arena por banco de nivel.....	13
VI.4 Volúmenes de arena por segmento de playa.....	14
VII. RESULTADOS	15
VIII. DISCUSIONES	27
IX. CONCLUSIONES	38
X. BIBLIOGRAFIA.....	40
X. APENDICE	45

LISTA DE TABLAS

Tabla I.	Coordenadas de localización de los puntos de control y características morfológicas	8
Tabla II.	Fechas y Bancos de nivel muestreados en el período de estudio.....	11
Tabla III.	Segmentos de playa con los bancos que lo componen con su longitud de playa y de perfil.....	14
Tabla IV.	Volúmenes de arena por unidad de longitud de perfil erosionado (-) y depositado (+).....	16
Tabla V.	Ancho de playa para cada uno de los Bancos de Nivel en las diferentes temporadas.....	18
Tabla VI.	Volúmenes erosionados (-) y depositados (+) calculados para los segmentos de playa.....	18

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Esquema de la terminología de un perfil de playa típico.....	2
Figura 2.	Area de estudio, localización de puntos de control (bancos de nivel) y segmentos de playa.....	9
Figura 3.	Volúmenes de cambio en los bancos de nivel por temporadas durante la época de estudio.....	17
Figura 4.	Modificaciones a la línea de playa en los bancos de nivel del área de estudio.....	19
Figura 5.	Volúmen de arena (m ³ /m/segmento/ temporada) erosionado (-) depositado (+) en los segmentos de playa.....	20
Figura 6	Oleaje de los días 14 y 15 de septiembre en 1997.....	30
Figura 7	Altura de oleaje de invierno 1997 y 1998.....	33

Figura A1	Perfil promedio de estaciones del año del BN1.....	33
Figura A2	Perfil promedio de estaciones del año del BN2.....	33
Figura A3	Perfil promedio de estaciones del año del BN3.....	33
Figura A4	Perfil promedio de estaciones del año del BN4.....	33
Figura A5	Perfil promedio de estaciones del año del BN5.....	33
Figura A6	Perfil promedio de estaciones del año del BN6.....	33
Figura A7	Perfil promedio de estaciones del año del BN8.....	33
Figura A8	Perfil promedio de estaciones del año del BN9.....	33
Figura A9	Perfil promedio de estaciones del año del BN10.....	33
Figura A10	Perfil promedio de estaciones del año del BN11.....	33

Fotografía 1. Banco de Nivel 1 (Agosto 1997) Playa cubierta de arena con presencia de berma.....	16
Fotografía 2. Banco de Nivel 1 (Marzo 1998) Erosión total de arena y presencia De afloramiento rocoso con canto rodado.....	22
Fotografía 3. Banco de Nivel 3 (Marzo 1998) Arena parcialmente removida y reemplazada por canto rodado.....	23
Fotografía 4. Banco de Nivel 6 (Febrero 1998) Erosión de arena desenterrando rocas y ductos de la industria energética.....	23

I. INTRODUCCION

En la zona costera ocurren una serie de interacciones entre el océano, el continente y la atmósfera que dan lugar a la formación de depósitos de sedimento no consolidado, denominados playas, cuya naturaleza es poseer un gran dinamismo debido a la influencia directa del viento, las corrientes de marea, las corrientes oceánicas cercanas a la costa, el aporte de sedimento y el oleaje (Dolan, 1977).

La forma más común para determinar los cambios en la playa es mediante el monitoreo del perfil de playa, el cual como rasgo topográfico actúa como un mecanismo natural de disipación de energía de las olas que protege a la parte posterior de la playa de la acción del oleaje (Komar, 1976), además de proveer un atractivo recreacional (Basco, 1996; Smith, 1995). La figura 1 muestra un esquema en el que se define la terminología de un perfil de playa típico.

El oleaje es el factor principal que cambia el perfil de la playa. Estos cambios son inducidos primordialmente por la disipación de energía al romper la ola poniendo el sedimento en suspensión y por la formación de una corriente litoral que es efectiva en mover masa de agua y sedimento a lo largo de la playa.

El oleaje que arriba a las costas del Pacífico presenta patrones regulares. En invierno se intensifican los sistemas de baja presión en el Pacífico Norte formando tormentas con oleaje alto, estas condiciones tiene un efecto erosivo en el perfil de playa, provocando que la playa tenga una pendiente suave y sin presencia de bermas. En verano, la ausencia de estos sistemas de baja presión produce oleaje de menor altura, lo que da lugar a que la postplaya sea casi horizontal con la presencia de una o más bermas y la anteplaya presente una mayor pendiente. Estas dos condiciones estacionales han sido definidas como perfil de invierno y perfil de verano respectivamente. La secuencia entre los dos tipos de perfiles ha sido definido como ciclo de playa (Shepard, 1950; Lizárraga Arciniega, 1976) y puede no ser estacional o puede presentarse invertido (Basco, 1996; Komar, 1976) ya que durante el invierno puede ocurrir un período de baja energía de oleaje y viceversa.

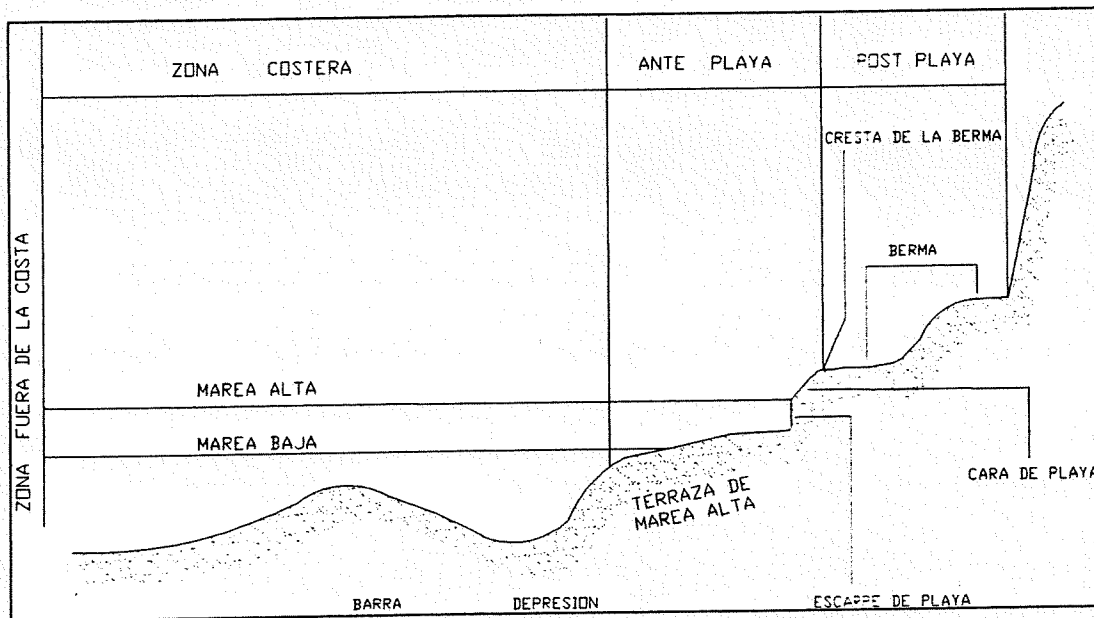


Figura 1 Esquema de la terminología de un perfil de playa típico.

Igualmente el ciclo de playa se puede afectar cuando se construye una obra de protección costera y altera el patrón original de oleaje incidente y en consecuencia el movimiento normal de los sedimentos acentuando procesos erosivos o depositacionales (Komar, 1976).

Otro factor importante que afecta el ciclo de playa es la presencia de eventos extremos o episódicos como el fenómeno del Niño, en el cual se conjugan una serie de factores físicos tales como una mayor ocurrencia de oleaje generado por tormentas así como alteraciones en el nivel medio del mar (Komar,1998), que pueden ocasionar gran cantidad de erosión de la playa en períodos de tiempo muy cortos (días) trayendo como consecuencia considerables pérdidas en la infraestructura costera (Griggs,1998; Storlazzi, 1998; Komar,1998; USGS, 1998; Lizárraga-Arciniega, et al, 1999).

Debido al creciente desarrollo de centros turísticos a lo largo de las costas los cuales ofertan la playa como recurso recreacional, es muy común observar la presencia de infraestructura habitacional urbana, turística e industrial así como estructuras de protección en el margen de los cantiles costeros y aún en la playa misma. Estas condiciones, reducen la capacidad de protección natural que brinda la playa o causan una reacción sucesiva de modificaciones al ciclo estacional que pueden ser negativas para el desarrollo costero, ocasionando la pérdida de infraestructura costera (Lazcano,1997), así como la pérdida del atractivo como lugar para el turismo (Smith, 1994).

Particularmente notorio es el hecho que durante la ocurrencia de eventos de erosión intensa de la playa, las autoridades locales y los propietarios de infraestructura inmediatas a la playa, adopten medidas de protección con un pobre conocimiento de la dinámica de la playa como sistema natural, sin consideraciones adecuadas a la variabilidad estacional de la misma y con una pobre visualización de los efectos a largo plazo que tendrán las medidas implementadas.

Para Playas de Rosarito, las playas arenosas tienen una gran importancia como recurso natural, ya que su principal actividad económica depende del turismo, mismo que es atraído por los atractivos recreacionales y urbanos que ofrecen las playas y la zona inmediata (Plan Estatal de Desarrollo de Baja California 1996- 2001). Por lo anterior es importante estudiar los cambios de la playa que ocurren en diferentes estaciones del año para mejorar las condiciones de uso de las mismas y la zona costera adyacente. En este trabajo se plantea examinar la capacidad recreacional y de protección de las playas de Rosarito, B.C.

II. ANTECEDENTES

Está ampliamente documentado que muchas playas en la costa de California y Baja California presentan un cambio cíclico (Komar 1976, USGS et al, 1998). Lizárraga-Arciniega (1976) mediante el análisis de perfiles de playa observó que los cambios cíclicos en la playa de la Bahía Todos Santos B.C. corresponden a un retroceso o erosión de la playa en invierno-primavera y un avance o acreción de la misma en verano-otoño. Sin embargo las playas en la cercanía de espigones y obras de protección costera, mostraron un avance continuo hacia el mar, por tanto poca tendencia a presentar el ciclo de la playa.

En las playas adyacentes de la central termoeléctrica Presidente Juárez de la Comisión Federal de Electricidad, Marmolejo-Lara (1985) mediante el análisis de perfiles mensuales de playa desde noviembre de 1981 hasta mayo de 1982 encontró depositación a excepción de los meses enero y febrero (invierno) de 1982 en donde registró erosión. Observando cierta estacionalidad de la playa además del cambio en la corriente litoral que en invierno es en dirección hacia el sur y en verano es en dirección hacia el norte

Appendini (1995) utilizó el modelo numérico GENESIS (Generalized model for simulating shoreline change, USACERC, 1991), para estimar la tasa de azolve en la obra de toma de agua de la central termoeléctrica. Encontró que en

los meses de invierno se presenta oleaje de mayor energía, por tanto es susceptible que penetre un mayor volumen de sedimentos a la obra de toma, mientras que en los meses de verano y primavera los volúmenes son menores.

Para proteger la infraestructura que se encuentra cercana a la playa en Rosarito B.C. existen obras de protección, que en su mayoría son muros, de los cuales no se tiene ningún estudio de su influencia en el perfil de playa. En estudios que se han hecho sobre estructuras de este tipo, se ha visto que presentan problemas de erosión lateral, lo cual resulta en la desaparición de la playa y destrucción eventual de la estructura (Griggs y Bennett, 1988; Guardado-France 1997).

En Rosarito B.C. se ha considerado a la erosión como un problema crítico por lo que Appendini (1998) con base en el análisis del balance sedimentario y criterios generales de vulnerabilidad a la erosión, planteó un plan de manejo de la erosión de estas playas presentando tres estrategias: 1) Manejo de arena, consistente en el adecuado manejo de las fuentes potenciales de arena al sistema litoral, 2) estructuras de protección, que consiste en el adecuado diseño y construcción según su objeto y 3) regulaciones, que consiste en la implementación de disposiciones gubernamentales y comunitarias que promuevan la preservación de las playa arenosas.

Actualmente no existen estudios en la zona de Rosarito en los cuales se evalúe el cambio de la playa con respecto a su funcionalidad recreacional y de protección bajo las diferentes condiciones estacionales y particularmente el efecto de oleaje de tormentas sobre la playa.

III. HIPOTESIS

La funcionalidad de recreación y de protección a la infraestructura de la playa en Rosarito B.C. es modificada por los ciclos estacionales de la playa

IV. OBJETIVO

Examinar la capacidad de playa como rasgo natural, recreacional, y de protección a la infraestructura, a lo largo de un año y medio 1997-1999 en Rosarito B.C. mediante el análisis de perfiles de playa.

V. AREA DE ESTUDIO

Rosarito Baja California se localiza en la costa noroeste de Baja California al sur de la ciudad de Tijuana, entre los 32° 20' y 32° 23' de latitud norte y los 117° 03' y 117°05' de longitud oeste (figura 2). El área de estudio comprende la playa arenosa desde el límite norte del municipio de Rosarito, San Antonio del Mar, hasta la playa arenosa Rosarito Shores al extremo sur de la ciudad de Rosarito, con una longitud de 11 km.

Para lograr la caracterización general del área de estudio, se establecieron diez perfiles de control con sus respectivos bancos de nivel (BN), los cuales se enumeraron del 1 al 11 de norte a sur. Su posición geográfica se indica en la tabla 1 y en la figura 2.

Tabla I. Coordenadas de localización de los puntos de control y características morfológicas

Estación	Latitud	Longitud	Características Morfológicas
BN1	32° 25.238'	117° 05.77'	Cantil sedimentario con muro de protección
BN2	32° 24.076'	117° 05.44'	Cantil sedimentario con muro de protección
BN3	32° 23.29'	117° 05.41'	Playa con muro de protección con cantos rodados
BN4	32° 22.91'	117° 04.84'	Playa arenosa con muro sobre afloramiento
BN5	32° 25.238'	117° 05.77'	Playa arenosa ancha con dunas
BN6	32° 21.68'	117° 04.15'	Muro con playa arenosa y enrocamiento
BN8	32° 21.40'	117° 04.10'	Playa arenosa con presencia de muro
BN9	32° 20.73'	117° 03.67'	Playa arenosa urbanizada en la postplaya
BN10	32° 20.39'	117° 03.47'	Playa arenosa urbanizada en la zona de dunas
BN11	32° 20.00'	117° 03.29'	Playa arenosa urbanizada en la postplaya

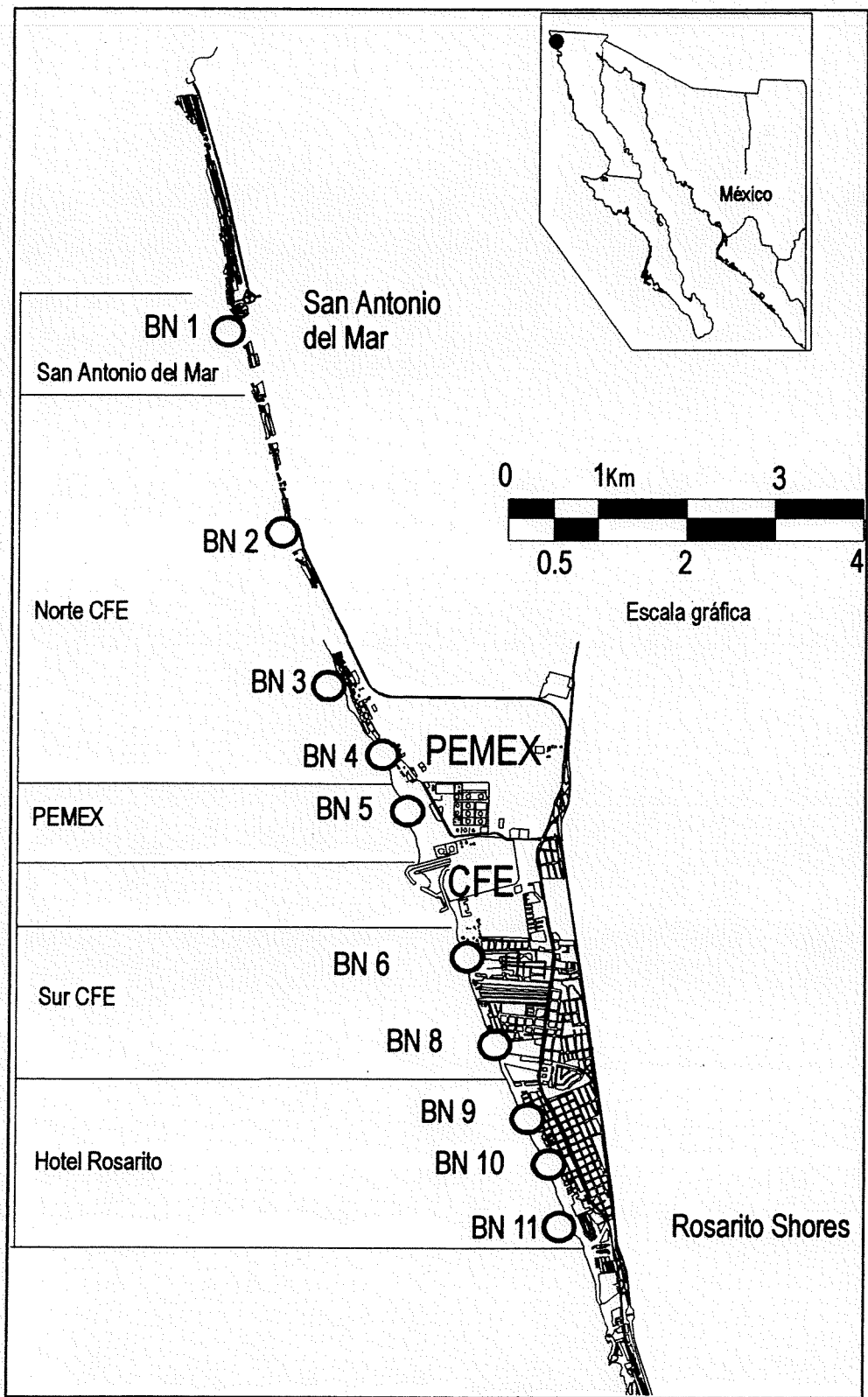


Figura 2 Area de estudio, localización de puntos de control(bancos de nivel) y segmentos de playa .

VI. METODOLOGIA

Para analizar la funcionalidad de la playa, se obtuvieron perfiles de playa en diez puntos de control a lo largo de la playa arenosa de Rosarito. Los perfiles de playa se obtuvieron mediante la técnica de nivelación topográfica simple de segundo orden que consiste en calcular el desnivel o las diferencias de altura a lo largo de un transecto a intervalos de distancia determinados (Montes de Oca 1989). La cota de referencia de cada uno de los puntos de control se obtuvo mediante el traslado desde una cota conocida y referida al Nivel de Baja Mar Media Inferior (NBMI) ubicada en las instalaciones de la Comisión Federal de Electricidad. La diferencia de altura a lo largo del perfil se registró cada 5 m o cada que hubiera un cambio significativo en la playa, hasta donde la marea o el oleaje permitiera al estadalero ingresar al mar.

Para que el registro del perfil correspondiera al mismo lugar y orientación en cada punto de control (BN), se establecieron referencias y alineaciones con rasgos permanentes en las cercanías de cada uno de los puntos de control. El levantamiento de los perfiles de playa se trataron de efectuar durante las mareas más bajas del mes para obtener la mayor longitud posible del perfil.

Los perfiles en los bancos BN1, BN3, BN6 y BN11 se registraron mensualmente a partir de junio de 1997 hasta diciembre de 1998, con excepción

de febrero, marzo y abril de 1998 en que se hicieron dos mediciones por mes. En los BN2, BN4, BN5, BN8, BN9 y BN10, los perfiles fueron registrados mensualmente a partir de enero de 1998 hasta enero de 1999, con excepción de febrero, marzo y abril de 1998 en los cuales se hicieron dos perfiles por mes. Para el BN7 no se cuenta con información ya que el punto de control fué destruído por la ejecución de una construcción unos meses después de su instalación, por ello, la secuencia en la numeración no incluye el BN7. La tabla 2 muestra las fechas, así como los perfiles medidos durante todo el período de estudio.

Tabla II. Fechas y Bancos de nivel muestreados en el período de estudio

	BN1	BN2	BN3	BN4	BN5	BN6	BN8	BN9	BN10	BN11
24-MAY-97	+		+			+				+
18-JUN-97	+		+			+				+
23-JUL-97	+		+			+				+
21-AGO-97	+		+			+				+
16-SEP-97	+		+			+				+
16-OCT-97	+		+			+				+
15-NOV-97	+		+			+				+
27-ENE-98	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
10-FEB-98	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
26-FEB-98	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
10-MAR-98	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
26-MAR-98	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
06-ABR-98	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
23-ABR-98	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
28-MAY-98	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
26-JUN-98	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
14-JUL-98	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
11-AGO-98	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
09-SEP-98	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
06-OCT-98	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
3-NOV-98	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
02-DIC-98	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
19-ENE-99	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
15-FEB-99	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

Debido a la cantidad de perfiles obtenidos (tabla 2), éstos se analizaron por medio de una agrupación por estación del año, es decir, se consideró que el invierno comprende los meses de enero, febrero y marzo; la primavera, abril mayo y junio; el verano, los meses de julio, agosto, septiembre y el otoño, por los meses de octubre, noviembre y diciembre. Una vez hecha esta agrupación se obtuvo el perfil promedio para cada una de las temporadas.

Para proporcionar una mejor descripción de los cambios en la playa, se consideraron cuatro factores principales: estacionalidad, ancho de playa, volúmenes de arena erosionado-depositado por banco de nivel y volúmenes de arena erosionado /depositado por segmento de playa.

VI.1 Estacionalidad

Para establecer la relación de estacionalidad se comparó la forma y la posición (altura) del perfil en cada estación del año, así como la comparación anual por estación (p.e. primavera 1997-primavera 1998). Esto permite inferir la ciclicidad en el proceso de erosión y depositación.

VI.2 Ancho de playa

El ancho de playa se consideró como un indicador de la capacidad recreacional y de protección de la playa; esto es, cuanto más ancha la playa, mayor es su capacidad para proteger la infraestructura costera y además, mayor

el atractivo con fines recreacionales. En este trabajo se define el ancho de playa como la distancia que existe entre el banco de nivel y la cota +2. Esta distancia se calculó para todos los perfiles medidos y se obtuvo el promedio.

VI.3 Volúmenes de arena por banco de nivel

La cantidad de erosión y depositación entre dos perfiles sucesivos se obtuvo mediante la resta de un perfil con otro, asignando valores positivos (+) a las áreas donde el segundo perfil está más alto que el primero (depositación) y negativos (-), en áreas donde ocurrió erosión y el segundo perfil está por abajo del primero. El área resultante se consideró como el volumen de erosión o depositación por unidad de longitud de playa; este volumen está en función de la longitud del perfil, esto es, si los perfiles de alguna manera hubieran sido más largos, el volumen calculado de erosión o depositación probablemente sería también más grande. Para eliminar este factor de dependencia, los volúmenes calculados se normalizaron dividiéndolos entre la longitud del perfil. El resultado es el volumen de erosión o depositación por unidad de longitud del perfil ($\text{metros}^3 / \text{metro}$). De esta manera, al perfil de verano se restó el perfil de primavera; al perfil de otoño se le restó el de verano y así sucesivamente para calcular el volumen de arena erosionado o depositado en $\text{m}^3/\text{m}/\text{temporada}$ (metros cúbicos por metro de perfil de playa por temporada).

VI.4 Volúmenes de arena por segmento de playa

Para estimar y proporcionar una idea global de los cambios del volumen total en el área de estudio, se definieron cinco segmentos de playa (tabla 3 y figura 2) con base a las características morfológicas de playa y posplaya en las zonas adyacentes al perfil medido. Para cada segmento se promediaron, conforme al número de perfiles que contiene el segmento, los volúmenes de arena erosionados/depositados utilizando los volúmenes calculados como se señala arriba y multiplicados por la longitud del segmento considerado .

Tabla III. Segmentos de playa con los bancos que lo componen con su longitud de playa y de perfil

Segmento	Bancos de Nivel	Longitud de playa	Longitud del perfil
San Antonio del Mar	1	1500	113
Norte CFE	2,3,4	4000	115
PEMEX	5	1300	184
SUR CFE	6,8	2000	139
Hotel Rosarito	9,10,11	2000	193

VII RESULTADOS

Para facilitar la lectura de los siguientes capítulos de este trabajo los perfiles se presentan en el apéndice.

Debido a que el estudio comenzó en mayo 1997 con los perfiles BN1, BN3, BN6 y BN11 y a partir de enero 1998 se incorporaron los perfiles BN2, BN4, BN5, BN8, BN9, BN10, los resultados se presentan por estación del año: desde primavera 1997 para los primeros y desde invierno 1998 para los segundos.

Primavera 1997 a Verano 1997

En este período los perfiles BN1 y BN6 mostraron el predominio de los procesos depositacionales sobre los erosionales a lo largo de los perfiles. La depositación más importante se observa en el BN6, pero en el BN1 se observa claramente un aumento en la altura de la berma (figura A1 y A6, foto 1). Aunque en los BN3 y BN11 los volúmenes estimados de movimiento de arena señalan una erosión en todo el perfil (tabla IV, figura 3), ésta es más importante en el primero ya que en el BN11, la forma del perfil de primavera es prácticamente igual al de verano (figura A3 y A10). En consecuencia a lo anterior, el ancho de playa mostró un crecimiento de 2.5 y 10m en el BN1 y BN6 respectivamente; en el BN11 el ancho de playa medido en primavera se mantiene para el verano 1997 y solamente en el BN3 se observa un ligero retroceso de la cota +2 (figura 4). Los segmentos de playa San Antonio del Mar y Hotel Rosarito mostraron

tendencia hacia la depositación en el primer caso y hacia la erosión en el segundo (figura 5). El segmento Norte CFE mostró una gran erosión mientras que el segmento Sur CFE mostró gran cantidad de depositación (figura 5). Para el segmento PEMEX no se tienen datos para este período.

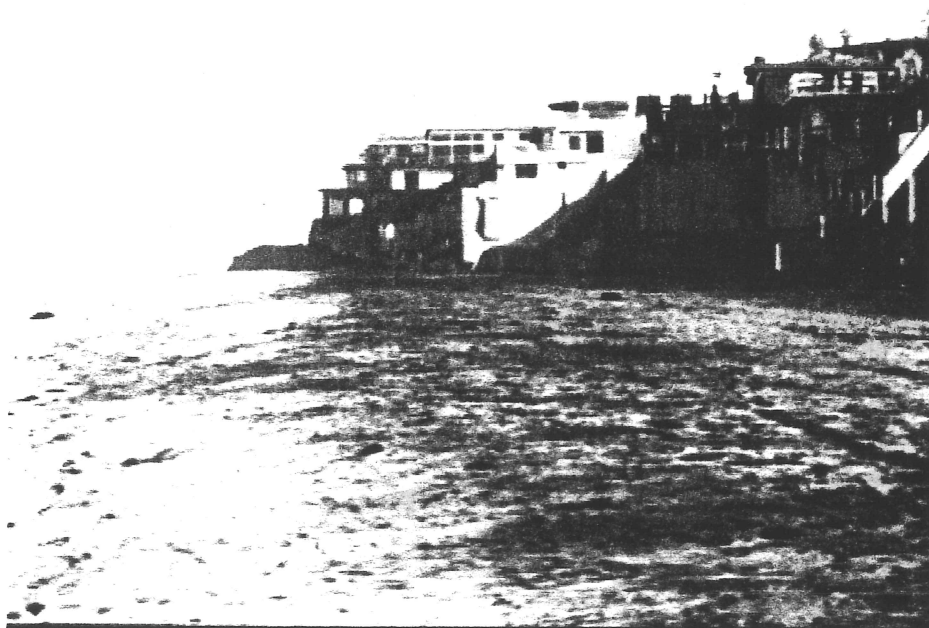


Foto 1. Banco de Nivel 1 (Agosto 1997) Playa cubierta de arena con presencia de berma

Tabla IV Volúmenes de arena por unidad de longitud de perfil erosionado (-) y depositado (+) ($m^3/m/temporada$).

	BN1	BN2	BN3	BN4	BN5	BN6	BN8	BN9	BN10	BN11
Primavera 97 verano 97	0.214		-0.374			0.528				-0.011
Verano 97 otoño 97	-0.442		0.005			-0.434				0.045
Otoño 97 invierno 98	-1.768		-0.391			-0.908				-1.406
Invierno 98 primavera 98	0.425	-0.002	0.092	0.518	0.265	0.103	0.483	0.015	0.244	0.348
Primavera 98 verano 98	1.048	-0.124	-0.138	0.337	-0.168	0.873	0.515	-0.181	0.302	0.418
Verano 98 otoño 98	-0.06	-0.024	-0.054	-0.066	-0.296	-0.063	-0.142	0.117	0.195	-0.063
Otoño 98 invierno 99	-0.901	0.463	0.569	-0.494	0.528	-0.212	0.06	0.187	-0.037	-0.58

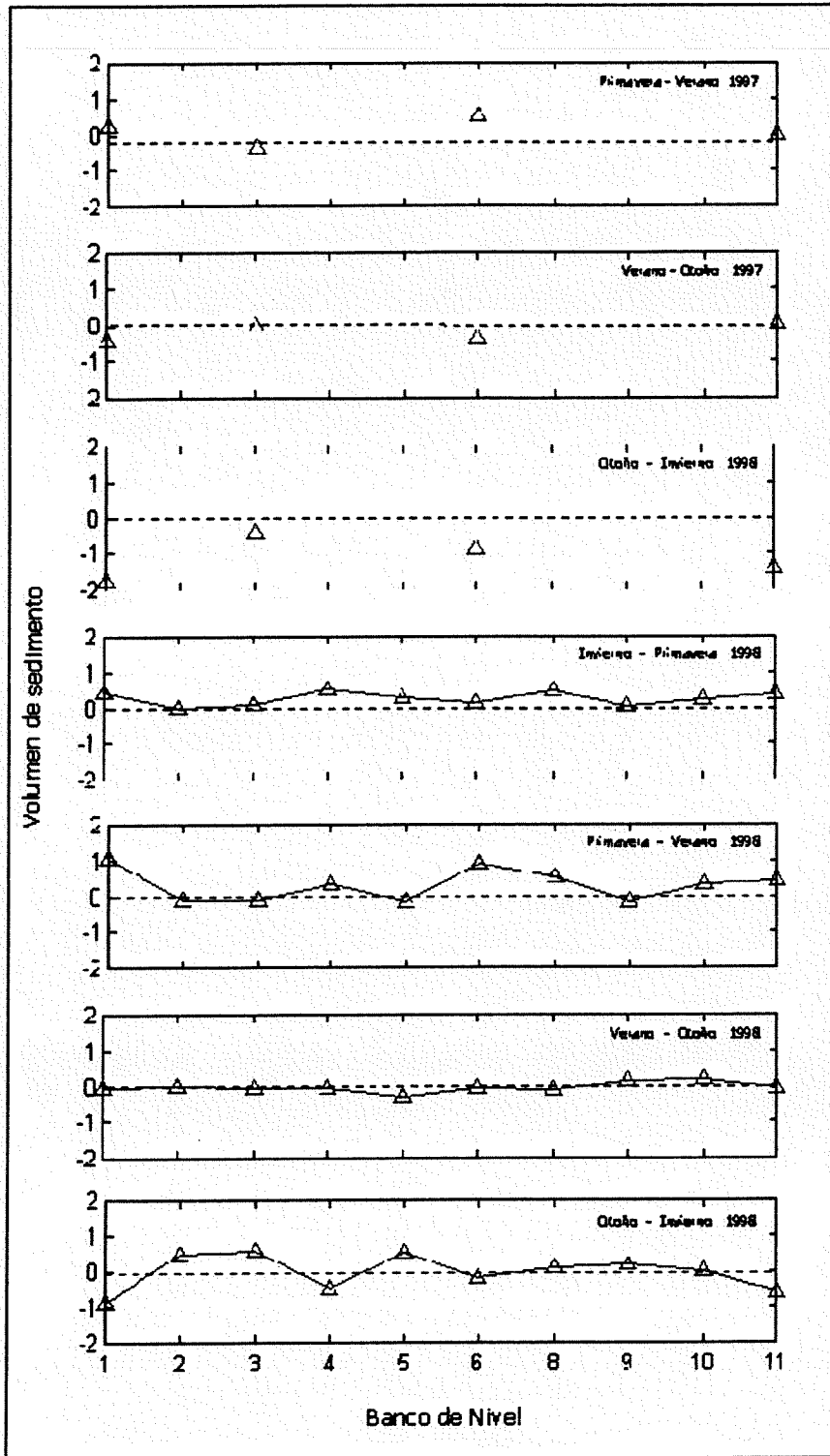


Figura 3 Volúmenes de cambio en los bancos de nivel por temporadas durante la época de estudio (m^3/m /temporada).

Tabla V Ancho de playa para cada uno de los Bancos de Nivel en las diferentes temporadas

	BN1	BN2	BN3	BN4	BN5	BN6	BN8	BN9	BN10	BN11
Primavera 97 verano 97	46.4		13.6			31.2				103.9
Verano 97 otoño 97	30.9		12.4			16.5				106.7
Otoño 97 invierno 98	3.2	9	10	10.8	64.6	0.9	1.9	51.2	58.4	49
Invierno 98 primavera 98	6.8	10.2	13.6	17.7	75.4	0.7	14.4	55.7	62.3	52.5
Primavera 98 verano 98	35.8	5.7	13.4	37.4	79.7	14.4	36.9	60.3	84.8	79.5
Verano 98 otoño 98	31.2	5.7	9.9	33.1	59.1	22.2	26.9	56.2	88.7	74
Otoño 98 invierno 99	2	12.3	16.6	10.7	73.2	8.4	25.6	45.8	85.5	52.6

Tabla VI Volúmenes erosionados (-) y depositados (+) calculados para los segmentos (m³/temporada).

	San Antonio	Norte CFE	PEMEX	Sur CFE	Hotel Rosarito
Primavera 97 verano 97	35952	-172040		146784	-4246
Verano 97 otoño 97	-74256	2300		-120652	17370
Otoño 97 invierno 98	-297024	-179860		-252424	-542716
Invierno 98 primavera 98	35532	93226	63388	81454	78100
Primavera 98 verano 98	77616	11500	-40185	192932	69351
Verano 98 otoño 98	-7056	-22080	-70803	-28495	32038
Otoño 98 invierno 99	-36792	82493	126297	-21128	-55326

Variación del ancho de playa

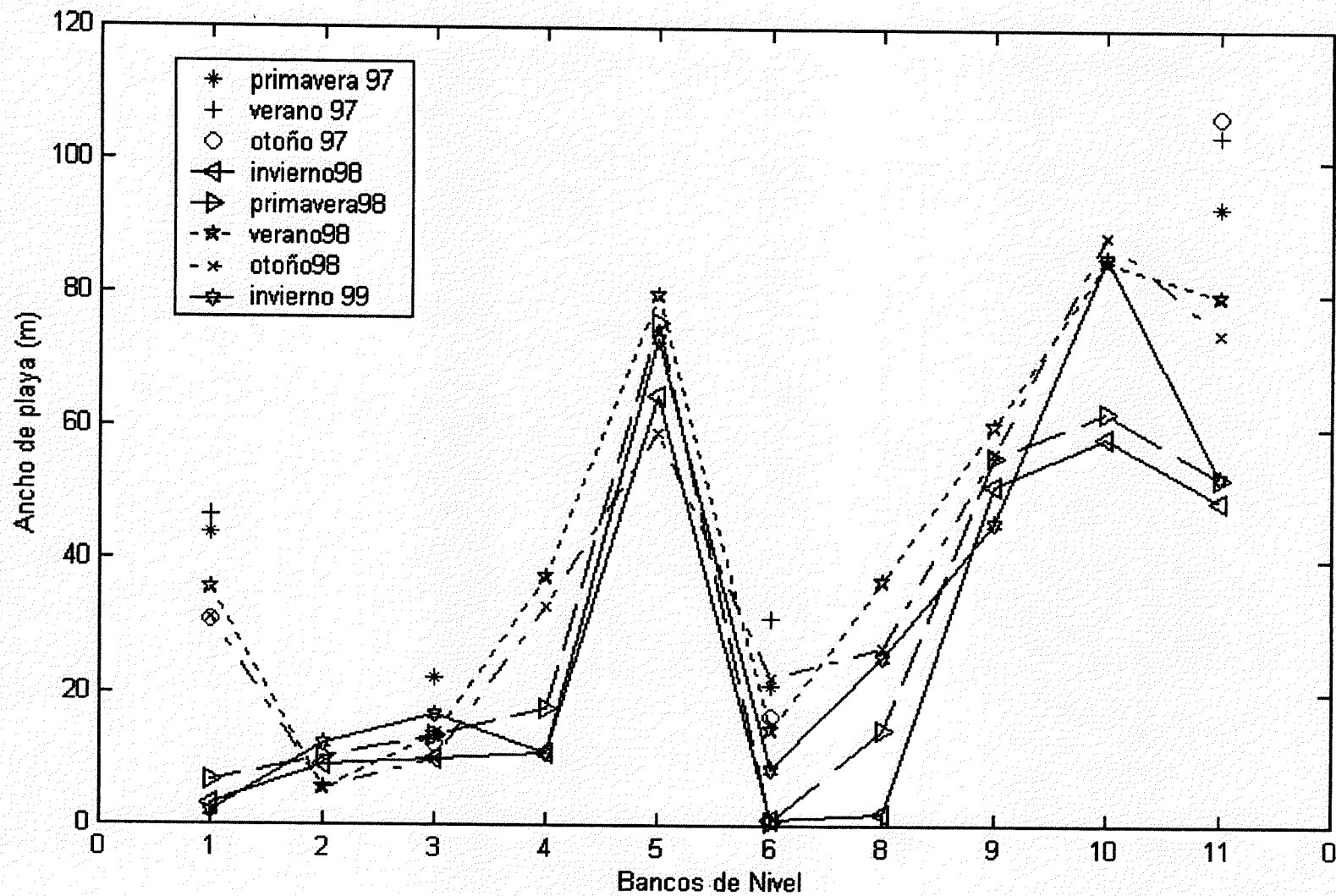


Figura 4 Modificaciones a la línea de playa en los bacos de nivel del área de estudio

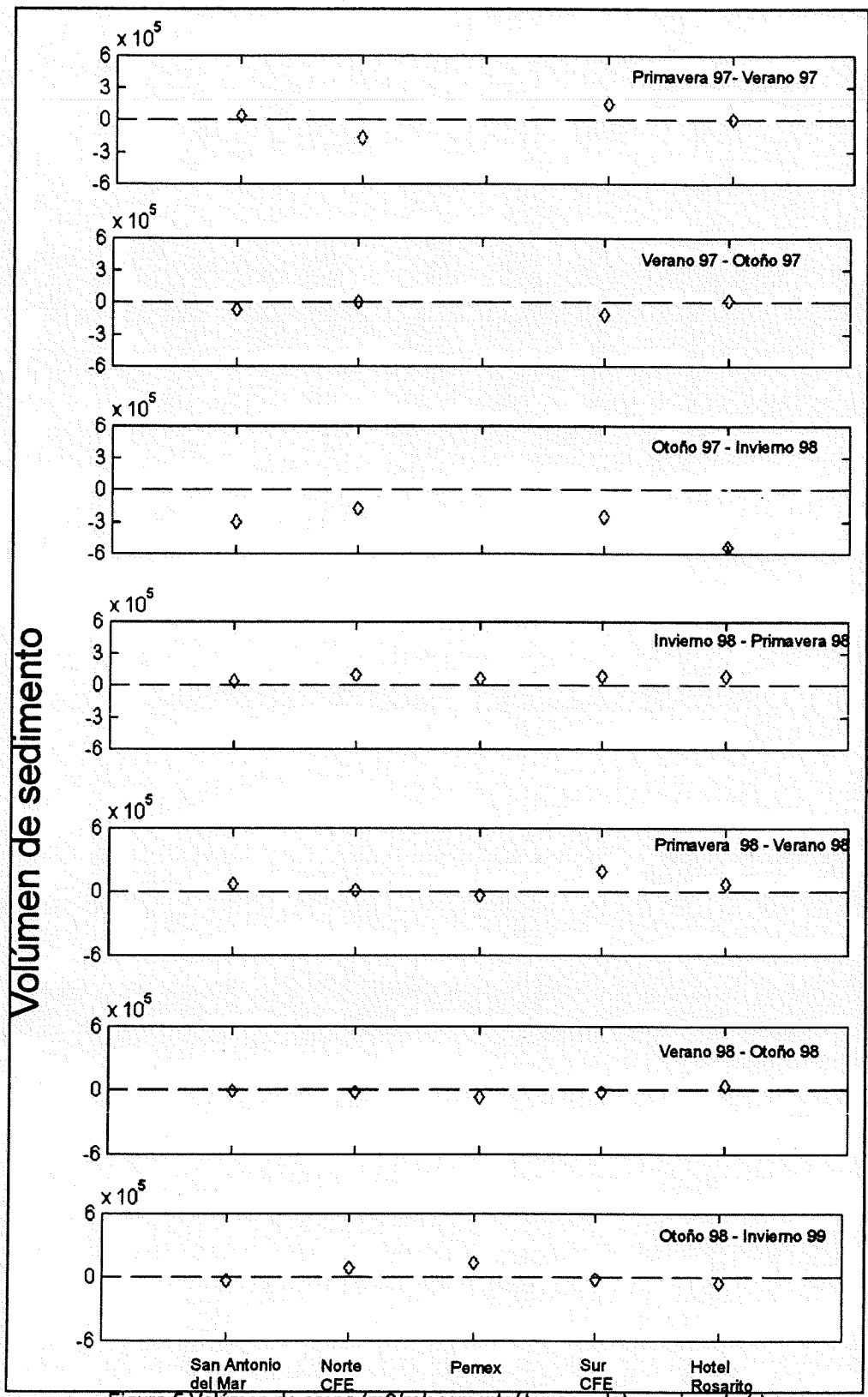


Figura 5 Volumen de arena (m³/m/segmento/ temporada) erosionado (-) y depositado (+) en los segmentos de playa.

Verano 1997 a Otoño 1997

En este período se observa el predominio de los procesos erosionales sobre los depositacionales ya que en el BN1 y en el BN 6 la berma presente en el período anterior fué parcial o totalmente destruída (Apéndice figura A1 y A6) mientras que en los perfiles BN3 y BN11 se observa una ligera depositación en la parte inferior del perfil en el primero, y en el segundo, la depositación observada corresponde al crecimiento o elevación vertical de la berma (Apéndice figuras A3 y A10). El ancho de playa mostró un incremento aproximado de 3 m en el BN11 y un retroceso de aproximadamente de -15m en los bancos BN1 y BN6 y de -1m en el BN3 (tabla V, figura 4). Los segmentos de playa mostraron un comportamiento opuesto al período anterior, esto es, el segmento San Antonio del Mar y Hotel Rosarito presentaron poca tendencia a la erosión en el primer caso y poca tendencia a la depositación en el segundo; el segmento Norte CFE mostró mayor tendencia a la depositación mientras que el segmento Sur CFE la tendencia fué hacia la erosión (figura 5). No se cuenta con información para el segmento PEMEX en este período.

Otoño 1997 a Invierno 1998

Durante este período se registró la mayor cantidad de erosión en todos los perfiles a lo largo del período de estudio. La erosión mas significativa fué para el BN1 y BN11, ya que en el primero se observó la pérdida total de la playa arenosa y fué reemplazada por un depósito de canto rodado en la parte posterior

de la playa (figura A1), en la parte inferior de la playa se observaron indicios de un afloramiento rocoso (foto 2). En el BN11 se mostró erosión intensa a lo largo de todo el perfil (tabla IV, figura A4). Para el BN3 la porción arenosa de la parte superior del perfil fué totalmente removida y reemplazada por canto rodado cuyo depósito alcanzó los 20m de ancho (foto 3). En el BN6 se observó una intensa erosión vertical de poco más de 3m en Febrero del 1998, ocasionando el desenterramiento de rocas que sirven de protección a la propiedad aledaña, asimismo se observó el desenterramiento de ductos de PEMEX y escombros de construcciones (foto 4), afectando esto último en la capacidad de playa para la recreación. Esta condiciones hicieron que el ancho de playa retrocediera drásticamente con valores que fluctuaron entre -2.4 y -57 m. En todos los segmentos de playa considerados se observó una gran tendencia a los procesos erosivos (tabla VI, figura 5)



Foto 2. Banco de Nivel 1 (Marzo 1998) Erosión total de arena y presencia de afloramiento rocoso con canto rodado



Foto 3. Banco de Nivel 3 (Marzo 1998) Arena parcialmente removida y reemplazada por canto rodado

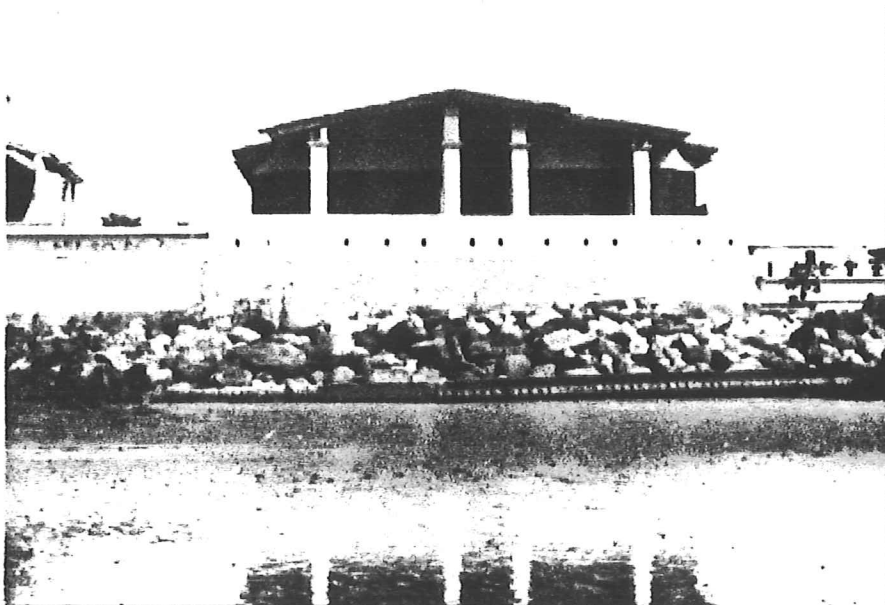


Foto 4. Banco de Nivel 6 (Febrero 1998) Erosión de arena desenterrando rocas y ductos de la industria energética

Invierno 1998 a Primavera 1998

En este período se consideraron la totalidad de los perfiles (BN1 al BN11) y se observa que predominaron los procesos depositacionales. Todos los perfiles mostraron una depositación, con excepción del BN2 que si bien presentó un balance negativo (tabla IV), el perfil presentó variaciones menores (figura A2), esto causó que el ancho de playa permaneciera igual. Esta última característica se observó también en el BN6 (tabla V y figura 4) a pesar de presentar depositación a lo largo de todo el perfil (figura A6). Para el BN1 y BN4 su ancho de playa incrementó 3.5 y 7 metros respectivamente (figura 4). Para el BN3, el depósito de canto rodado fué cubierto parcialmente por la arena. En el BN8 y BN9 se observó depositación en la parte superior del perfil con poca erosión en la parte inferior (figura A7 y A8) ensanchando la playa 12.4 y 3.5 m respectivamente. Para el BN5 se observó la generación de una segunda berma, prolongando su ancho de playa en 10.6m (tabla V, figura A5). El BN10 y BN11 presentaron la mayoría de la depositación en la parte inferior del perfil por lo que el ancho de playa solo se prolongó 5 y 3.5 m (figura A9 y A10). El comportamiento general de todos los segmentos fué hacia la depositación, aunque ésta no corresponde con los volúmenes erosionados en el período anterior (tabla VI y figura 5).

Primavera 1998 a Verano 1998

En este período se observó que los perfiles BN1, BN4, BN6, BN8, BN10 y

BN11 mostraron depositación registrándose en el primero, el mayor volúmen depositado a lo largo de todo el período de estudio (tabla IV); para el resto de los perfiles se observó la construcción de la berma incrementando el ancho de playa con valores entre 3.5 y 29m. (tabla IV).

El BN2 mostró erosión principalmente en la zona de anteplaya del perfil disminuyendo su ancho de playa -5 m (figura 4 y figura A5). En los BN3, BN 5 y BN9 la erosión ocurrió en la parte inferior del perfil, permaneciendo el ancho de playa igual en el primero y que avanzara 4 y 5 m respectivamente para los perfiles restantes (figura 4).

En general el comportamiento por segmentos de playa se observó una gran depositación, sobre todo en los segmentos San Antonio del Mar y Sur CFE, no así para el segmento PEMEX el cual mostró una ligera erosión (figura 5 y Tabla VI).

Verano 1998 a Otoño 1998

En este período todos los perfiles, excepto el BN9 y BN10, presentaron valores netos de erosión en la anteplaya, sin embargo la mayoría de estos valores son menores en un orden de magnitud que los registrados por la depositación (tabla IV, figura 3). El valor de ancho de playa no mostró variación en el BN3 y se incrementó 7 y 4 metros en el BN6 y BN10 respectivamente; para el resto de los perfiles se observó un decremento entre -3.5 y -20 m (figura 4).

El comportamiento por segmentos mostraron una pequeña tendencia hacia los procesos de erosión para este período de tiempo (figura 5).

Otoño 1998 a Invierno 1999

Este último período de estudio se observó erosión para la mitad de los perfiles, en particular el BN1, BN4, BN6 los cuales presentaron una extensa erosión en la anteplaya causando la desaparición de la berma y un retroceso de -29m en el BN1 y aproximadamente 13m en los otros dos perfiles (figura 4 y figuras A1, A4 y A6). Para el BN11 la erosión fué mayor en la posplaya así como en la parte inferior del perfil, perdiendo 22m de ancho de playa (figura 4 y figura A10). En el resto de los perfiles se observó depositación; en el caso del BN2 BN3 y BN5 la depositación registrada incrementó el ancho de playa 7, 6, y 13m (Tabla V y figuras A2, A3 y A5) respectivamente; para el BN8 y BN9 a pesar de existir depositación en la parte inferior del perfil ambos presentaron una recesión de 1.7 y 11 metros (figura 4). Los segmentos San Antonio del Mar y Hotel Rosarito presentaron gran erosión mientras que la zona Sur CFE prácticamente no varió, en cambio las zonas Norte CFE y PEMEX mostraron gran depositación (figura 4).

VIII. DISCUSIONES

Primavera - Verano

En estos períodos (1997 y 1998) se observó que en 1997 predominaron los procesos de depositación, observándose en 3 de los 4 segmentos contemplados en el estudio; este mismo comportamiento se observó para 1998 presentándose depositación en 4 de los 5 segmentos considerados. En general la evolución de la playa corresponde a la variación en el patrón de oleaje respecto de su incidencia y la altura de ola, esto es, durante esta época el oleaje tiende a ser de menor altura y proviene del oeste-suroeste y suroeste (Marmolejo-Lara, 1985). Estas características favorecen, por un lado, el transporte de arena desde el fondo marino adyacente (zona fuera de la costa) hacia la playa ocasionando el ensanchamiento de la playa. En los segmentos San Antonio del Mar y Sur CFE se observaron crecimientos en el ancho de playa entre 2.5 y 10m en 1997 y para 1998, los segmentos San Antonio, Norte CFE, Sur CFE y Hotel Rosarito variaron entre 3.5 y 29m. Estos procesos depositacionales indican el inicio del aumento en el atractivo recreacional de la playa, particularmente en el segmento Hotel Rosarito, así como la capacidad de protección a la infraestructura aledaña.

Adicionalmente y debido al arribo de oleaje proveniente de oeste-suroeste y suroeste, la corriente litoral tiene una dirección hacia el norte (Marmolejo-Lara, 1985), favoreciendo la depositación de arena en el segmento al Sur de la CFE (corriente arriba del rompeolas y espigón de la CFE) y erosión en el segmento

corriente abajo de la estructura (segmento PEMEX) y que se observa claramente en 1998. Es posible que la erosión registrada en el segmento Norte CFE en 1997 se deba a la permanente presencia de canto rodado en la parte superior de la playa facilitando la erosión de la arena, y/o a condiciones locales de topografía submarina que ocasionen una concentración de energía en esta zona.

En esta temporada, el segmento Pemex se encuentra corriente abajo de la estructura de protección de la Central Termoeléctrica por lo que es de esperarse que ocurra erosión en esta sección. Dado que no se tiene información para este período en esta localidad, no hay evidencia de esta erosión para el año 1997 pero esto se confirmó para el siguiente año (1998) donde se observó una erosión en esa zona (figura 5).

Al comparar los perfiles de primavera de 1997 con respecto al de primavera del 1998, se observó que los segundos no muestran una similitud ni en forma ni en elevación con respecto a los primeros. Esta condición indica que la playa estuvo sujeta a una condición erosional intensa durante el invierno del 1998 ocasionado por la ocurrencia de oleaje de alta energía asociado al evento El Niño como se discute más adelante. Al comparar los perfiles de verano 1997 y 1998 se observó una variación menor que la anterior, aunque en algunos perfiles se constata el inicio de la construcción de la berma (figura A1, A6 y A11). Estas

comparaciones permiten estimar que de primavera a verano predominan los procesos depositacionales, el ancho de playa alcanza sus valores máximos (tabla V) los cuales proveen a la playa con las mayores capacidades recreacionales y de protección. En conjunto, se confirma la tendencia de la playa a mostrar el ciclo de playa estacional.

Verano - Otoño

Durante este período se observó que en 1997 predominaron los procesos de erosión, observándose en dos de los cuatro segmentos contemplados en este estudio; este mismo comportamiento, aunque de menor magnitud se observó para 1998 presentándose una ligera erosión en 4 de los 5 segmentos considerados. Este comportamiento de la playa corresponde con el arribo de oleaje con las características típicas de la estación de otoño: el inicio del arribo de oleaje de tormenta con proveniencias del noroeste y oeste-noroeste (Marmolejo-Lara, 1985; CDIP 1997). Este patrón de oleaje ocasiona una dirección hacia el sur de la corriente litoral, en contraste a la dirección sur norte de la misma en el período anterior.

En los segmentos San Antonio del Mar, Sur CFE y Norte CFE se observaron retrocesos del ancho de playa entre -1.2 y -15.5m en 1997 y para 1998, los segmentos San Antonio del Mar, Norte CFE, PEMEX y Sur CFE variaron entre -3.5 y -20.6m, reduciéndose la capacidad de protección y parcialmente, la capacidad de recreación. El comportamiento depositacional del segmento Norte

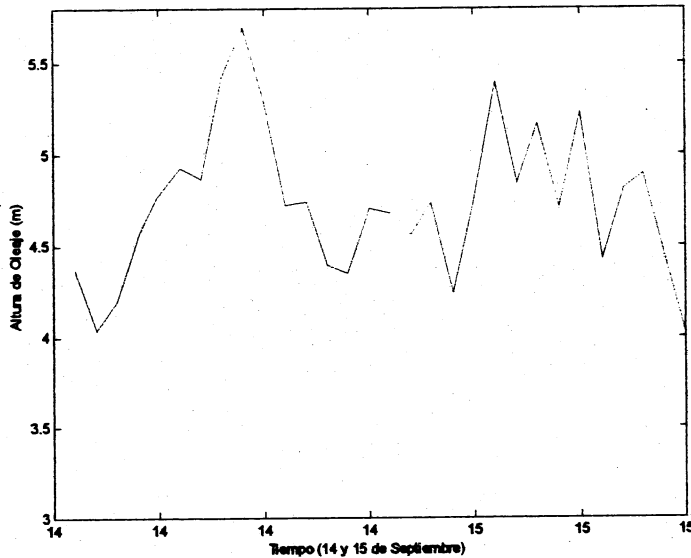


Figura 6 Oleaje de los días 14 y 15 de septiembre de 1997

CFE en 1997 fué mínimo, y es probable que sea producto del material acarreado por la corriente litoral proveniente del norte (segmento San Antonio) y ocurrió exclusivamente en la parte inferior de la playa.

En el segmento Hotel Rosarito, si bien el perfil de playa verano-otoño de 1997 permanece relativamente igual con respecto al de primavera-verano del mismo año, es notoria la formación del escarpe de la playa, típico del arribo de oleaje de tormenta, mismo que se registró, aunque no corresponde con la estación de mayor frecuencia de tormentas, con alturas mayores de 5m en mar profundo, conforme a los datos obtenidos por el CDIP en Harvest Plataform Punta Concepción, California, USA (CDIP 1998), y que se muestra en la figura 6. A pesar de estas condiciones esta playa presenta características propias para la recreación con un ancho de playa de 106m además de ser un excelente disipador de energía.

En este período, el segmento PEMEX se encuentra corriente arriba de la estructura de protección de la central termoeléctrica, por lo que sería de esperarse una depositación en esta sección; dado que no se cuenta con información para 1997 para este período, es incierto si este proceso se presentó. Sin embargo, para el período de 1998 se observó un proceso erosivo, lo que puede indicar que el transporte perpendicular a la playa (hacia fuera de la costa) fué mayor que el transporte paralelo proveniente del norte.

Al comparar los perfiles de otoño de 1997 con respecto al de otoño de 1998, se observa que los segmentos San Antonio del Mar y Sur CFE, muestran una clara similitud en forma y altura del perfil indicando una correspondencia con el ciclo de playa. Sin embargo y aunque también se observa depositación en otoño 1998 con respecto al verano 1998, en el segmento Norte CFE y Hotel Rosarito no se observa una similitud en forma y altura entre el perfil de otoño 1998 con respecto al perfil de otoño de 1997. Esta condición es ocasionada por la erosión intensa del invierno 1998, ya que si bien se produce una depositación con respecto al verano previo, la forma del perfil de otoño 1998 no es similar a la de otoño 1997. Esto puede indicar que estos segmentos requieren de mayor tiempo para recuperarse y alcanzar la forma del perfil inicial.

En este periodo de tiempo, era de esperarse que ocurriera un ciclo de transición con tendencia al a erosión, esto se confirmó con la ocurrencia de

tormentas el 7 de octubre y 15 de noviembre, días previos al levantamiento de los perfiles, ocasionaron un predominio de los procesos erosivos. En general, en este período y conforme a los patrones cíclicos de erosión-depositación en primavera-verano y verano-otoño.

Otoño - Invierno

En este período se observó que en 1998 predominaron los procesos erosionales, observándose en los cuatro segmentos contemplados en este estudio; este mismo comportamiento se observó para 1999 aunque en menor magnitud en tres de los cinco segmentos considerados. La erosión en 1998 fué la más intensa, estimándose un volumen total de arena erosionada en la playa aproximadamente de 1,272,024 m³/temporada para todo el sitio de estudio sin tomar en cuenta el segmento PEMEX. Este comportamiento fué debido a el evento el Niño que ocasionó un aumento en el nivel del mar en las costas de América y una mayor incidencia de eventos de oleaje extremo en las costas del oeste de América (Seymour et al 1984). La erosión intensa en toda la playa fué debido al número de eventos que presentaron en el período (figura 7) los cuales no permitieron la recuperación de la playa como lo observado por Lee et al, (1998). Estas condiciones nulificaron la capacidad de protección en las playas donde desapareció completamente la arena (foto 4).

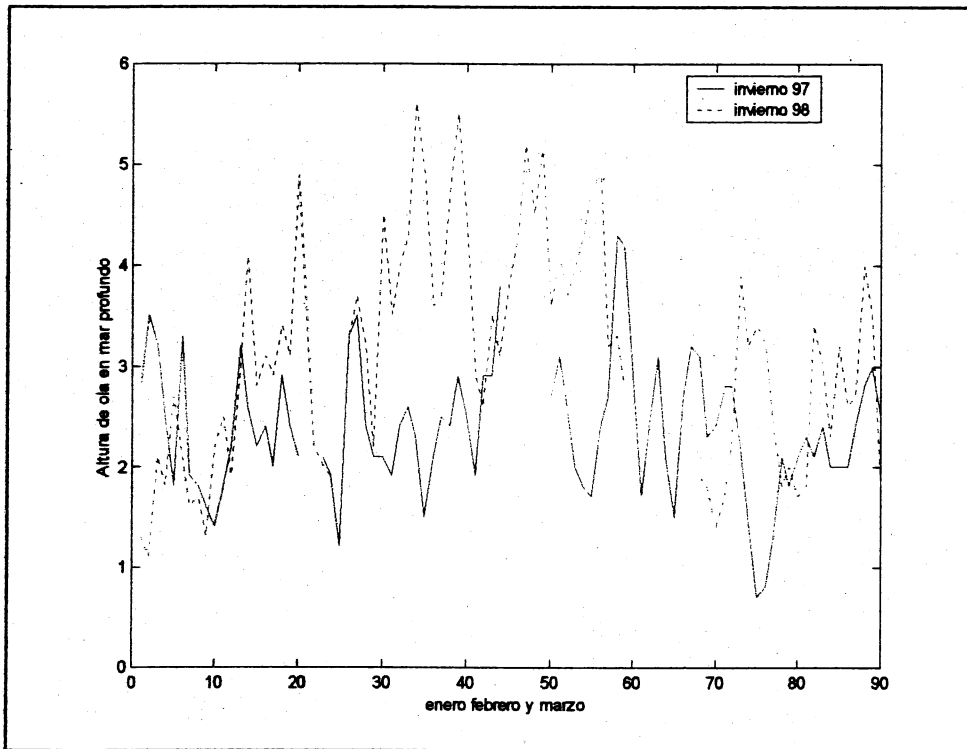


Figura 7 Altura de oleaje de invierno 1997 y 1998

El segmento San Antonio del Mar sufrió la pérdida total de la playa en invierno de 1998 y 1999, pudiéndose observar el afloramiento de roca el cual sirve de base para el muro de protección de las residencias aledañas, ocasionando que el oleaje rompiente alcanzara directamente en el muro de protección (foto 2).

Para este período, en el segmento Norte de la CFE se registró una erosión comparada con respecto a verano-otoño de 1997, mientras que en 1999 se registró una depositación comparada con el verano-otoño de 1998. La erosión

que se señala no fué tan grande en la parte de la anteplaya debido a la presencia de un afloramiento de roca sobre el que se cimienta el muro de protección y la presencia de cantos rodados al pie del mismo, los cuales proveen de protección a la infraestructura ubicada en la parte posterior de la posplaya. El ancho de playa en 1998 fué de 10m por lo que la playa presentó una capacidad pobre de protección.

La depositación registrada en 1999 para este segmento probablemente sea consecuencia del arribo de oleaje con alturas relativamente bajas comparadas con el oleaje que arribó en el invierno de 1998 y al material acarreado por la corriente litoral proveniente del norte.

Para el segmento PEMEX se registró una depositación para el invierno de 1999 comparada con el período de verano-otoño 1998. Este procesos depositacional puede ser debido a la corriente litoral que fluye de norte a sur y coloca a este segmento en la parte corriente arriba de la estructura de la CFE.

En el segmento Sur de la CFE la erosión fué particularmente dramática en invierno de 1998 ya que dos residencias y algunos muros de protección fueron destruidos. La significativa remoción de arena de la playa redujo considerablemente el ancho de playa, reduciendo a la vez su capacidad de protección, permitiendo que durante la marea alta el oleaje rompiente llegara

directamente a las residencias y facilitara la erosión de arena de la parte trasera del muro. Asimismo, se observó que el oleaje inundó las calles adyacentes, penetrando hasta unos 100m aproximadamente hacia el continente. En 1999, si bien se observó la ocurrencia de erosión, los efectos erosivos no fueron tan extremos como el invierno del año anterior y la playa mantuvo un ancho de playa de 10m resultando en una pobre capacidad de protección, pero mayor que en invierno de 1998. De los datos utilizados en este trabajo se observa que este segmento es el más susceptible a sufrir daños a la infraestructura costera como lo señala Appendini, et al (1998), por lo que se deben considerar alternativas para la conservación de la playa y protección de la propiedad.

El segmento del Hotel Rosarito presentó el mayor volúmen erosionado para todos los segmentos en 1998 y 1999. El ancho de playa presentó una recesión de hasta de 57m en 1998, lo cual es de gran importancia para establecer algunas estrategias de uso de la playa, en cuanto a la construcción y ubicación de nuevas estructuras habitacionales costeras y a la actividad recreacional de la playa mismas que soportan la economía local.

Al comparar los perfiles de invierno 1998 con invierno 1999 se observó que ninguno de ellos muestran una similitud ni en forma ni en elevación, ya que los de invierno 1998 está por abajo de los de 1999. Esto indica que la playa sufrió una erosión extrema causada por el evento el Niño y que el invierno del

siguiente año se presentó oleaje de menor altura y que incluso se registrara depositación revirtiendo el ciclo estacional (Komar, 1976; Basco, 1996) en los segmentos Norte CFE y PEMEX. Al observar estas comparaciones, en general se puede afirmar que de otoño a invierno predominan los procesos erosionales, ocasionando que el ancho de playa alcancen sus valores mínimos e incluso llega a desaparecer en algunos segmentos. Estas condiciones producen que la playa pierda considerablemente su capacidad de protección y de recreación. En general el comportamiento observado durante este periodo corresponde con el ciclo estacional de la playa.

Invierno - Primavera

Para este periodo sólo se tienen datos de 1998, en el cual predominaron los procesos depositacionales en todos los segmentos de playa. En general la evolución de la playa fué básicamente debida a la disminución en la ocurrencia de eventos de tormenta lo cual contribuyó a la depositación de arena en todos los perfiles, aunque la dirección de proveniencia del oleaje ocasionara el cambio de dirección en la corriente litoral de sur a norte (Marmolejo-Lara, 1985).

El segmento PEMEX presentó el menor volúmen de depositación en toda el área de estudio, a pesar de esto el ancho de playa registrado para esta época fué mayor a los 70 m por lo que aún en esta época presenta características propias para la recreación así como una buena protección a la infraestructura

adyacente.

El segmento Sur de CFE presentó un ancho de playa de menor a un metro por lo que no representa ningún tipo de protección a la construcción aledaña, así como características poco apropiadas para las actividades recreacionales. El segmento Hotel Rosarito presentó un ancho de playa cercano a los 50 m por lo que se puede considerar una playa con características para la recreación.

Conforme al ciclo estacional erosión-depositación, este período se considera de transición con tendencia a la depositación, por lo que en todos los segmentos estudiados se observa el predominio de estos procesos depositacionales, comenzando así, la recuperación de arena en la playa.

IX. CONCLUSIONES

En este trabajo evaluó la capacidad de la playa como rasgo recreacional de y protección, así como la estacionalidad especialmente la respuesta de la playa después de un evento de tormenta extremo como el que se presentó en invierno de 1998.

En general la totalidad de la longitud de la playa estudiada presenta el ciclo estacional depositación-erosión en verano-invierno respectivamente, sin embargo en el BN2 este ciclo se muestra invertido lo que señala que es necesario abundar en el estudio de los procesos litorales locales en esa zona.

El predominio de los procesos depositacionales en verano producen los mayores valores del ancho de playa e incrementándose la capacidad recreacional y de protección. En contraste el predominio de procesos erosionales en invierno reducen la arena de la playa y producen los valores mínimos registrados en el ancho de playa y por tanto las condiciones menos propicias para la recreación y protección de la infraestructura.

Esto último se observó amplificado por la ocurrencia de eventos extremos de oleaje asociados al fenómeno del Niño y en el que el periodo de algunos días en invierno 98 fueron removidos $1,272,024 \text{ m}^3$ /temporada a lo largo del área de estudio e inclusive ocasionando la destrucción de infraestructura residencial.

Los periodos de verano-otoño e invierno-primavera son épocas de transición en la que los patrones erosión depositación corresponden a tendencias erosivas en el primero y tendencias depositacionales en el segundo.

Es de particular interés señalar que la erosión intensa ocasionada por el oleaje extremo de invierno 98 dió como consecuencia que los perfiles de los meses previos a las tormentas no coinciden, en altura, con los perfiles medidos en los mismos meses del año siguiente (posteriores a la tormenta) por lo que es probable que la playa requiera de mayor tiempo para recuperar la forma y altura del perfil inicial.

X. BIBLIOGRAFIA

Appendini, C. M. 1995. Aplicación de un modelo numérico para la estimación de volúmenes de azolve en la central termoeléctrica de Rosarito, B.C. Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma de Baja California, Facultad de Ciencias Marinas, Ensenada, B.C. 94pp

Appendini, C.M. 1998. Plan de manejo de erosión costera para playas de Rosarito, B. C. México. Tesis de Maestría, Universidad Autónoma de Baja California, Facultad de Ciencias Marinas, Ensenada, B.C. 123 pp.

Appendini, C.M., Lizaraga-Arciniega R., Fischer D.W.1998. Shoreline erosion management program for Rosarito Beach, Baja California, Mexico. In Brebbia, C.A. (Ed). Environmental Coastal Regions, WITPress, 99-108 pp.

Basco D.R. 1996. Erosion of beaches on St. Martin Island during hurricanes Luis and Marilyn, September 1995. Shore and Beach 64(4): 15-20

Comité de Planeación para el Desarrollo Municipal de Playas de Rosarito (COPLADEM), 1996. Plan Estatal de Desarrollo de Baja California 1996-2001. Mexicali B.C. Gobierno del Estado de Baja California.

Dolan, R. 1977 Beach Processes and Coastal Hydrodynamics. Dowden Hutchinson & Ross, Stroudsburg, Pa. 383pp.

Galindo-Albrechtsen, K., 1997. Cambios en el patrón de corrientes litorales en una playa de bolsillo con la introducción de obras costeras. Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma de Baja California, Facultad de Ciencias Marinas. Ensenada B.C. 34pp.

Griggs G.B. 1998. Erosion and Shoreline Damage along the Central California Coast : A comparison between the 1997-98 and 1982-83 Enso Winters. Shore and Beach 66(3): 18-23

Guardado-France, R. 1997. Funcionalidad de las obras de protección costera construidas en la Bahía Todos Santos, B.C. Tesis de Maestría, Universidad Autónoma de Baja California, Facultad de Ciencias Marinas, Ensenada, B.C.

Komar, P.D. 1976. Beach Processes and Sedimentation. Prentice-Hall Inc. Englewood Cliffs, New Jersey. 429pp.

Komar, P. D. 1998 The 1997-98 El niño and Erosion on the Oregon Coast
Shore and Beach 66(3): 33-41

Lazcano H.V. 1997. Variación de perfil e playa bajo condiciones de tormenta en la zona de Playas de Tijuana, B.C. Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma de Baja California, Facultad de Ciencias Marinas, Ensenada, B.C.

Lee, G. Nicholls R.J. Birkemeier W.A. 1998. Storm driven variability of the beach-nearshore at Duck North Carolina, USA, Marine Geology 148 (3) : 163-177.

Lizárraga-Arciniega, J.R., 1972. Estudio de Movimientos Cíclicos de la Playa en la Bahía de Todos Santos, B.C., por Medio de Secciones Transversales. Tesis Profesional, UABC, Escuela Superior de Ciencias Marinas. Ensenada B.C.
57 pp.

Lizárraga-Arciniega, et al, 1999. Subaerial beach changes during the winter 1998 in Playas de Rosarito Baja California, Mexico. En revisión

Marmolejo-Lara, M. 1985. Control de azolvamiento en una obra de toma de agua marina. Tesis de Licenciatura, Escuela Superior de Ciencias Marinas, Universidad Autónoma de Baja California, Ensenada, B.C. 60pp

Rubio-Orozco, V.M. 1981. Determinación de las zonas de mayor erosión y depositación en una playa de la Bahía Todos Santos B.C. Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma de Baja California, Facultad de Ciencias Marinas, Ensenada, B.C. 46pp.

Shepard, F.P., 1950. Beach Cycles in Southern California. Beach Erosion Board Technical Memorandum No. 20, 26pp

Smith A. W. 1995. Beaches and tourism an example of the results of a dramatic beach erosion episode: Gold Coast, Queensland Australia. Shore and Beach 63(3): 7-8

Stolarzzi D. C. 1998. The 1997-98 El niño and Erosion Processes along the Central Coast of California. Shore and Beach 66(3): 12-17.

Thompson W. C. 1987. Seasonal Orientation of California Beaches. Shore and Beach 55(3-4): 67-70.

USGS, UC Santa CRUZ, Nasa, NOAA Collaborative Research Group, 1998. A collaborative Program to investigate the Impacts of the 1997-98 El niño Winter Along the California Coast. Shore and Beach 66(3): 24-32.

Young R S. et al. 1996. Geoinicators: Asesing rapid enviromental changes in earth systems. Anthony R. Berger & William J Iams Eds. Rotterdam Brookfield.

193-206.

APENDICE

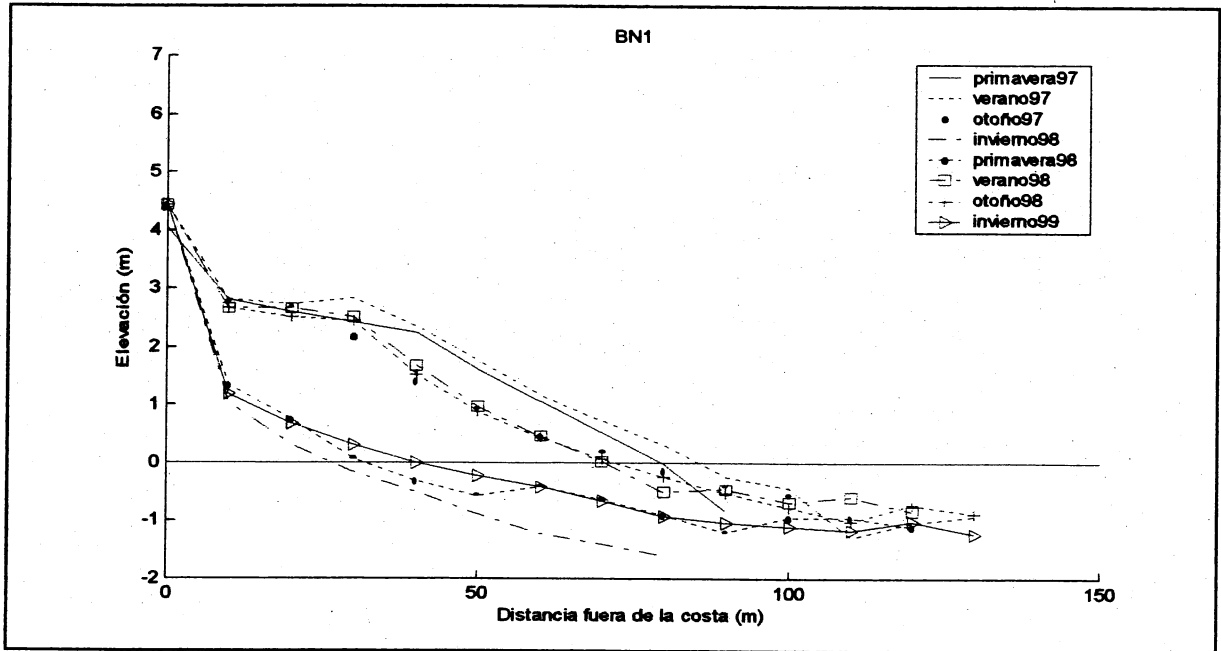


Figura A1 Perfil promedio de estaciones del año del BN1

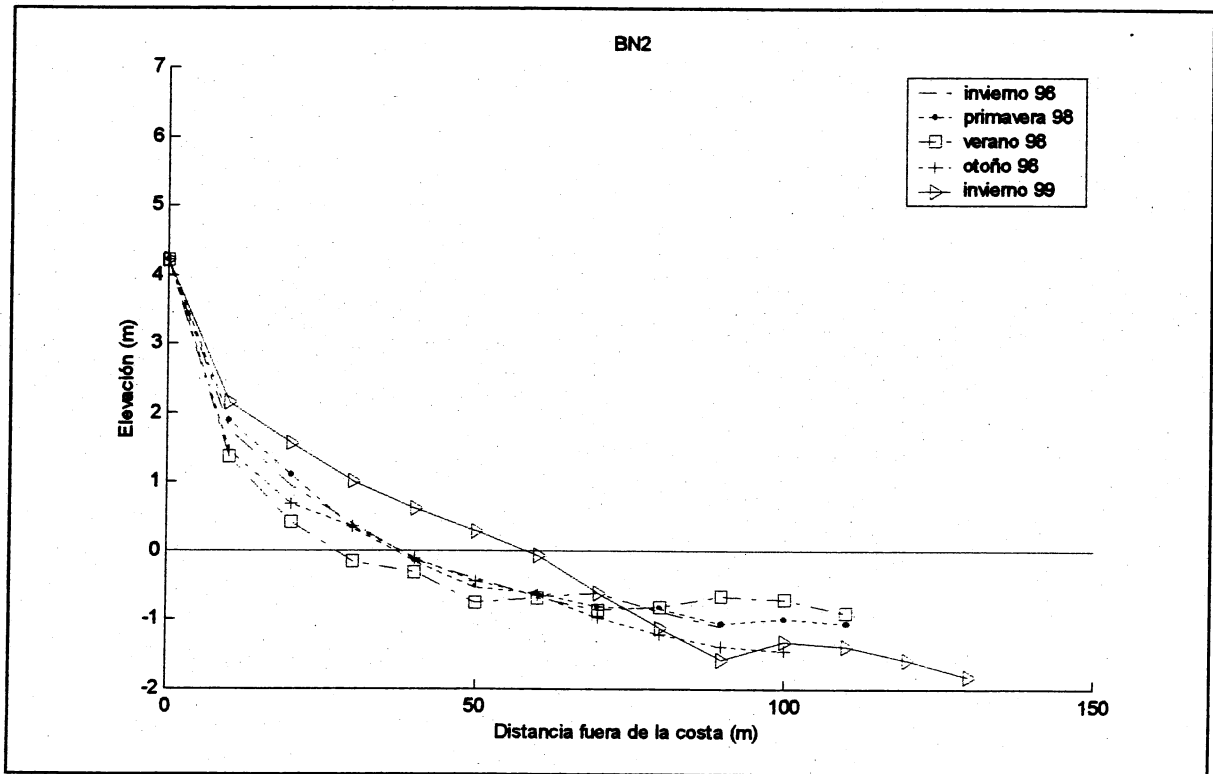


Figura A2 Perfil promedio de estaciones del año del BN2

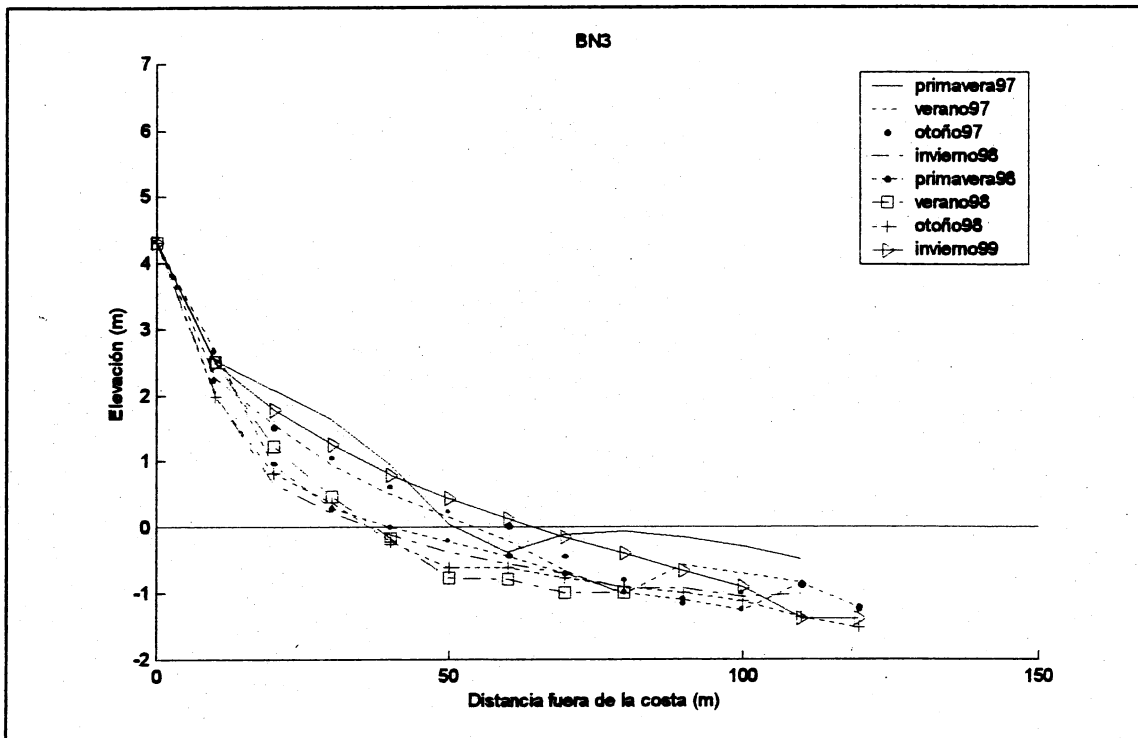


Figura A3 Perfil promedio de estaciones del año del BN3

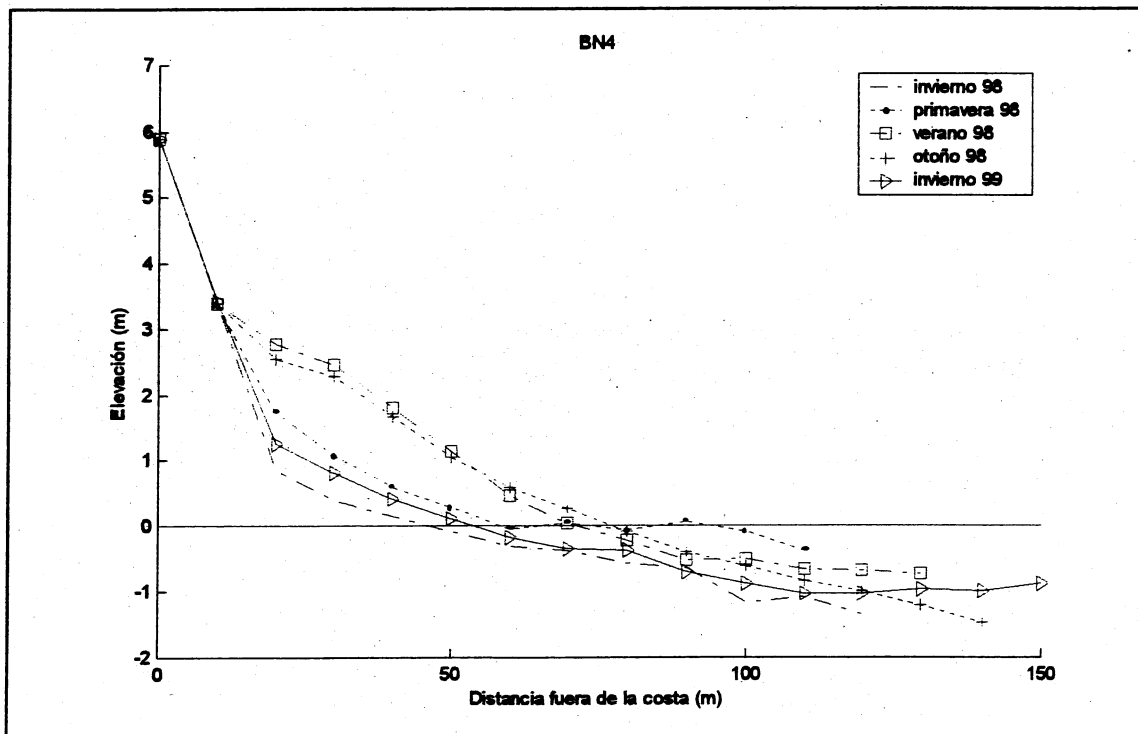


Figura A4 Perfil promedio de estaciones del año del BN4

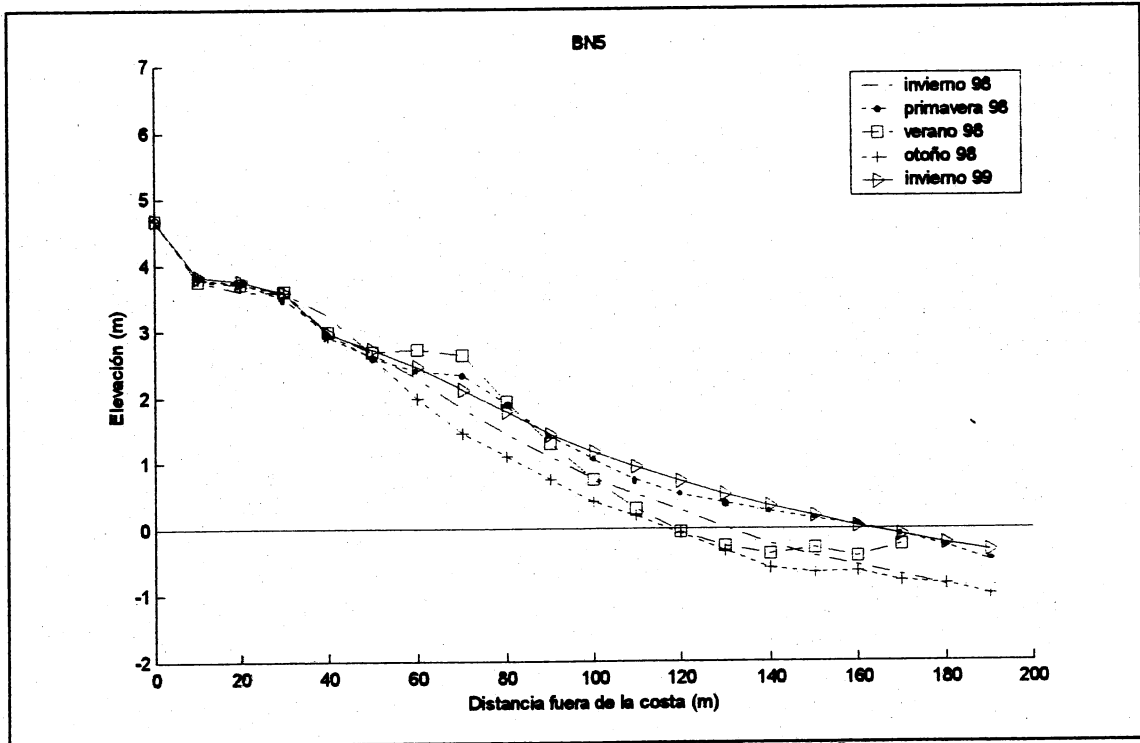


Figura A5 Perfil promedio de estaciones del año del BN5

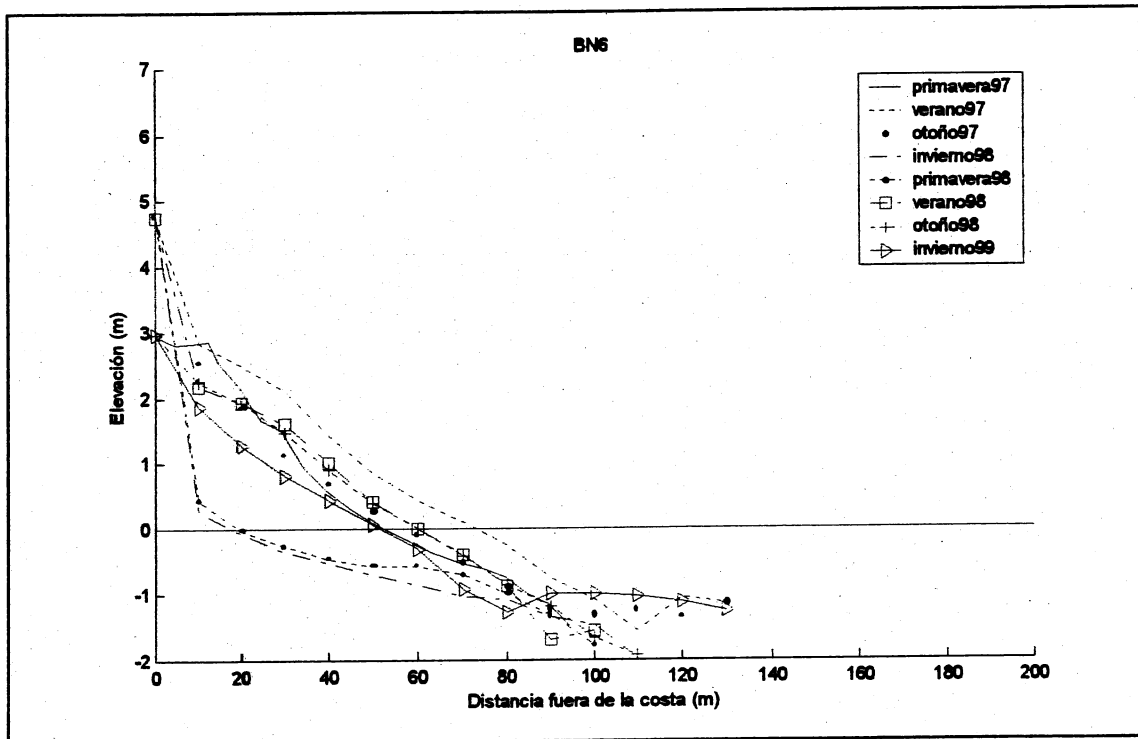


Figura A6 Perfil promedio de estaciones del año del BN6

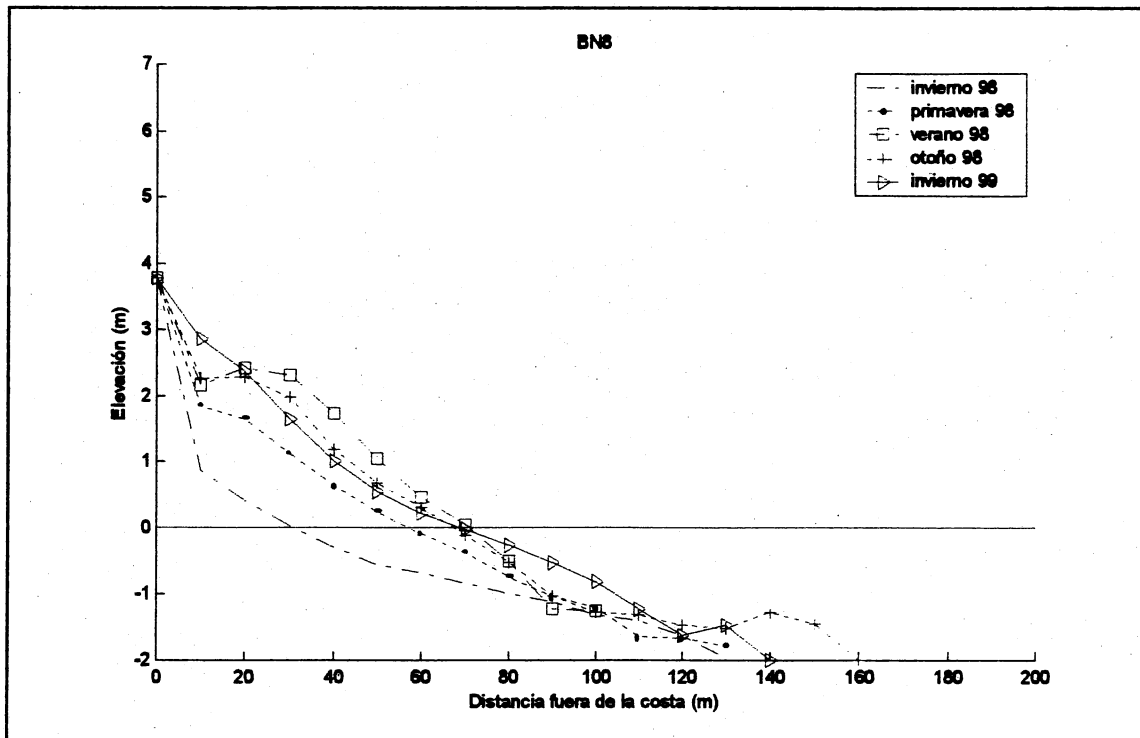


Figura A7 Perfil promedio de estaciones del año del BN8

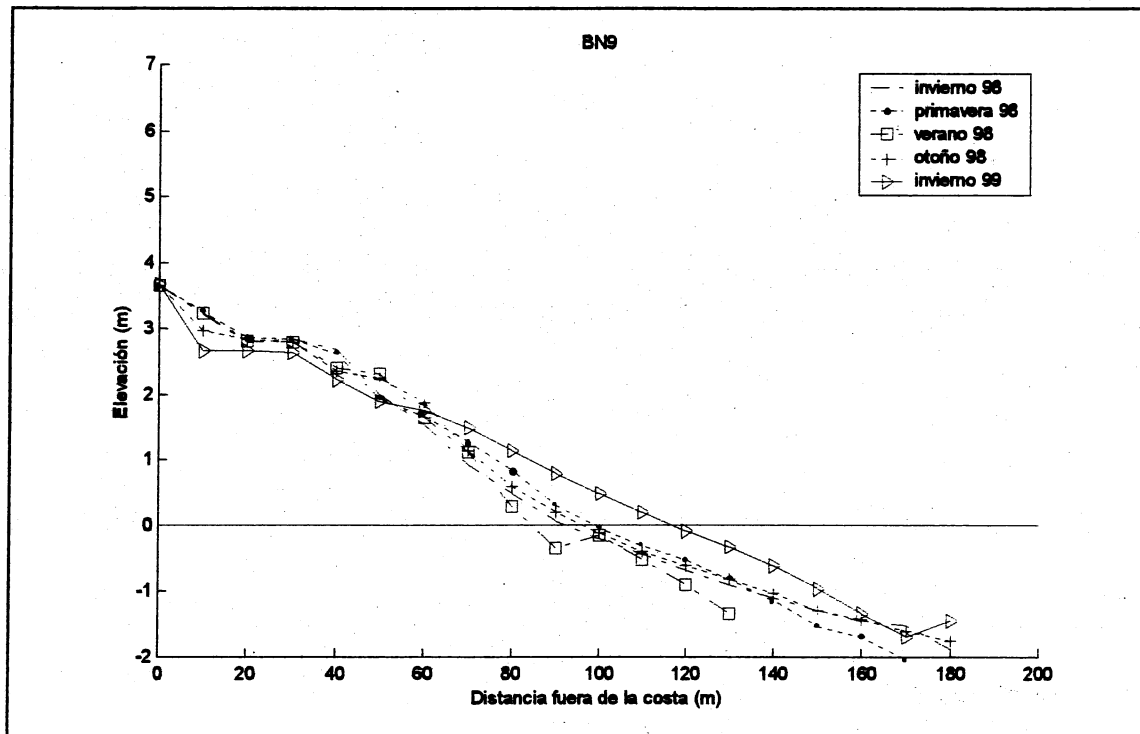


Figura A8 Perfil promedio de estaciones del año del BN9

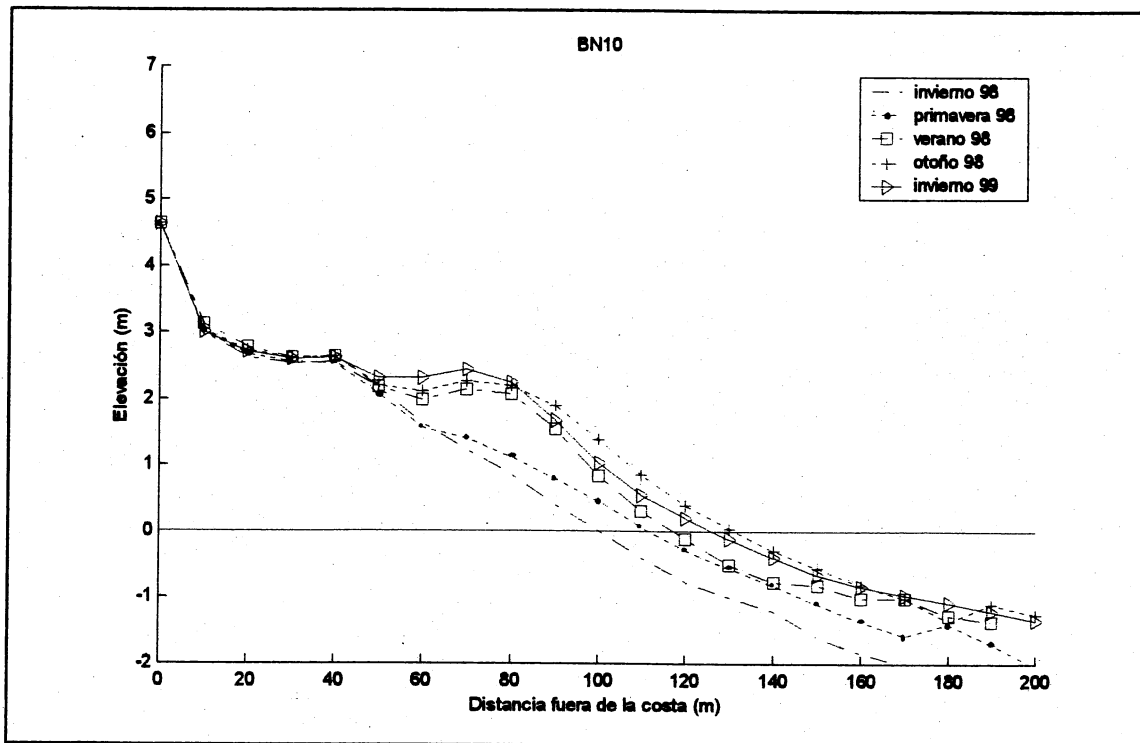


Figura A9 Perfil promedio de estaciones del año del BN10

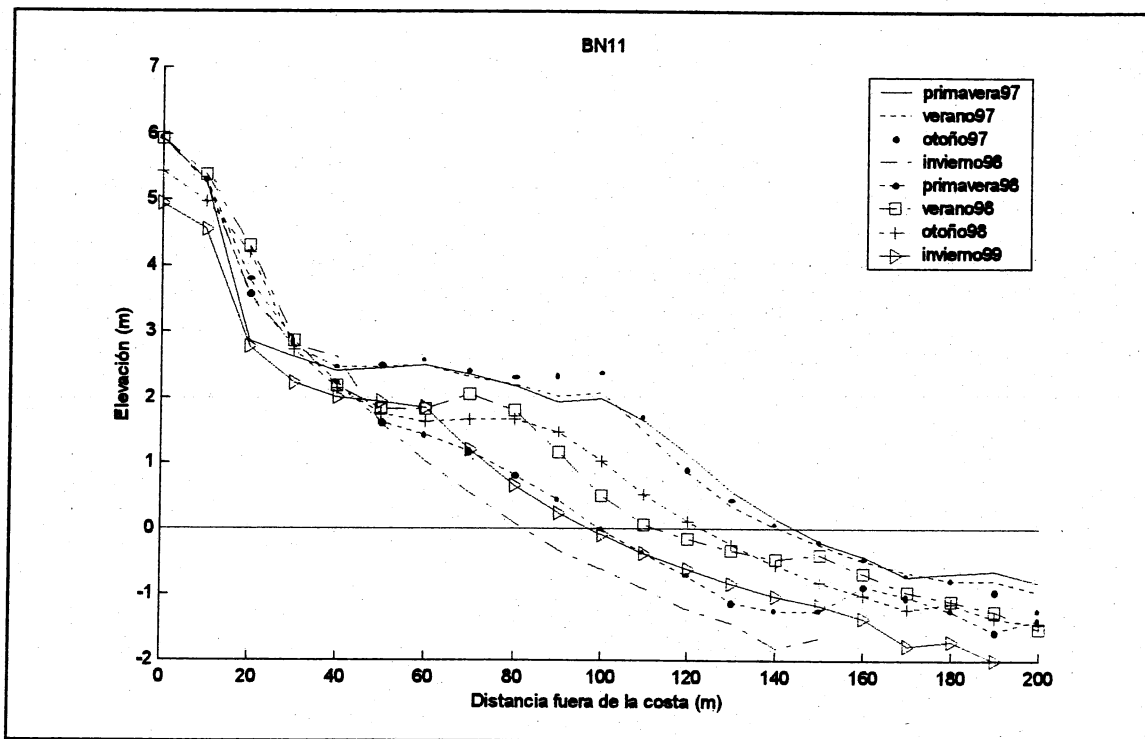


Figura A10 Perfil promedio de estaciones del año del NB11