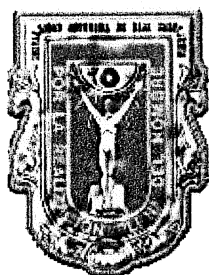
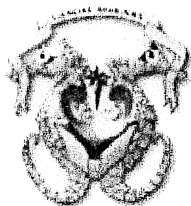


UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BAJA CALIFORNIA

FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS



ANÁLISIS DE LA VARIABILIDAD DE PERFILES DE PLAYA EN
PLAYAS DE ROSARITO, BAJA CALIFORNIA. COMPARACIÓN
ENTRE PLAYAS CON MURO Y PLAYAS SIN MURO



TESIS
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
OCEANOLOGO

PRESENTA:

ERICK RAFAEL RIVERA LEMUS

Ensenada, Baja California, Junio de 2004

RESUMEN

En el municipio Playas de Rosarito, Baja California, cerca del 60% de la población depende económicamente del turismo que llega a las playas. Hacia finales de 1960's la deficiente planeación urbana y la construcción de muros costeros para la protección de infraestructura al embate de las olas dio lugar a que casas habitación, condominios y hoteles se construyeran cercanos a la línea de costa, como consecuencia este tipo de construcciones puede influir sobre la morfología de la playa y aumenta la vulnerabilidad a la erosión de la misma. Para determinar si la presencia de muros influye sobre la morfología de la playa, se analizaron los atributos de la playa (el volumen de arena, el ancho de la playa). A partir de junio de 1997 hasta diciembre del 2002 se realizaron mediciones mensuales de perfiles de playa en nueve diferentes puntos de control (BN) referenciados al nivel de bajamar media inferior. Seis de estos BN presentan muro y tres no. Se analizó la variación mensual y estacional de los atributos de la playa y se aplicó un modelo lineal estadístico que permitiese ver la tendencia erosional o depositacional durante el período de estudio. Los nueve BN presentan una clara estacionalidad, sin embargo, ésta es más evidente para playas con muro que para playas sin muro, esto refleja que el muro no influye sobre la periodicidad con la que se presentan los valores máximos y mínimos. Típicamente las playas son angostas frente al muro, provocando dos efectos, el primero, que durante la ocurrencia de oleaje de alta intensidad la playa desaparezca y, el segundo es que durante el proceso de depositación las playas con muro presentan una recuperación más rápida que en las playas sin muro. Al analizar los atributos de la playa con el modelo lineal se encontró que durante el período de estudio, la playa más al norte de la zona de estudio (BN01) muestra una disminución gradual tanto en el ancho como en el volumen de arena contenido en la playa indicando una pérdida potencial a largo plazo, mientras que para el resto de los puntos de control, los atributos de la playa durante los cinco años de estudio se mantiene estable y/o con una ligera tendencia al crecimiento de la playa.

**ANÁLISIS DE LA VARIABILIDAD DE PERFILES DE PLAYA EN PLAYAS DE
ROSARITO, BAJA CALIFORNIA. COMPARACIÓN ENTRE PLAYAS CON MURO
Y PLAYAS SIN MURO**

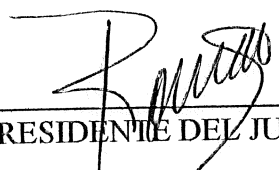
TESIS QUE PARA OBTENER EL GRADO DE

OCEANOLOGO

PRESENTA

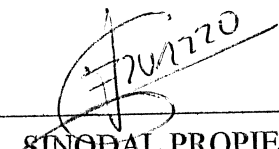
ERICK RAFAEL RIVERA LEMUS

APROBADA POR



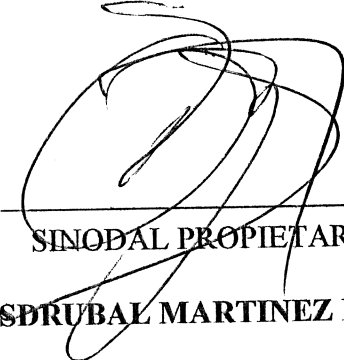
PRESIDENTE DEL JURADO

M. C. ROMAN LIZARRAGA ARCINIEGA



SINODAL PROPIETARIO

OC. EDUARDO GIL SILVA



SINODAL PROPIETARIO

DR. ASDRUBAL MARTINEZ DIAZ DE LEON

Pa' mi Ama.

AGRADECIMIENTOS

A mi Ama, gracias por apoyarme en todo lo que hago por siempre estar a mi lado. Gracias ama por ser mi amiga y por ayudarme a cumplir esta etapa de mi vida. Te quiero MA.

A mi hermano que lo quiero muchísimo y por que YO soy el suertudo de tener un hermano como el que tengo, no se puede pedir algo mejor, Gracias Omar por tus consejos, por tus platicas y por siempre estarme empujando para ir hacia enfrente y dándome ánimos.

A mi Apa, que aunque su fuerte nunca han sido los buenos consejos, siempre HA estado y espero que siempre este al pendiente de todo lo que hago, Gracias por apoyarme durante la carrera, y espero que ahora si estes orgulloso de mi.

A mi HERMOSA Familia a los Lemus, por apoyarme y por siempre estar al pendiente y preocupados de lo que hacía y de cómo lo hacía, muchas gracias a mis tíos y tías a mis primos y primas, por apoyarme y seguir dándome ánimos. Espero y siempre sigamos así de unidos por los años venideros. Muy en especial quiero agradecer a mi padrino Jaime Hurtado de Mendoza por encaminarme a mi estudio de las ciencias del mar.

Quisiera agradecer a M.C. Román Lizárraga por aceptarme como su estudiante, y por decirme: "A ver Erick, primero acomoda tus ideas y después hazlo". Y así fue como surgió este trabajo, gracias Prof. por acomodar mis ideas y por el empuje que me daba cada día para mejorar este trabajo y por ende mejorarme como persona. Por su amistad y confianza

Al Oc. Eduardo Gil Silva por sus observaciones e ideas para mejorar este trabajo, por su gran amistad a lo largo de estos 7 años y por el apoyo desinteresado de su familia hacia mí. Gracias.

Al Dr. Asdrúbal Martínez Díaz de León por sus acertados puntos de vista, ya que me ayudo a ver de otra manera mi trabajo y mejorarlo. Gracias por su amistad y confianza.

Quiero agradecer al apoyo que me brindo la UABC-IIO por parte del proyecto 4026 y a todos los que se vieron involucrados en el, desde el principio hasta el final, muchas gracias a todos, ya que de alguna manera han construido la realización de este trabajo.

Agradecer a la Facultad de Ciencias Marinas, por todas las enseñanzas que me brindaron para poder realizarme plenamente. A todos mis maestros buenos y malos ya que de alguna manera todos se involucraron en mi formación personal.

Aaaahhhhh a mi Generación a los Nautilus/Pólipos por todos esos buenos tiempos que pasamos en la escuela. A mis amigos Jorge, Diego, Andres, Denisse, Lizz, Zaida y Cesar a ellos gracias por siempre estar conmigo en las buenas y en las malas, y ellos si saben cuales fueron mis buenas y cuales mis bajas, gracias por siempre estar atrás de mí empujándome para que nunca me cayera, son muchas cosas que agradecerles a ustedes, pero gracias en especial por ser mis amigos...

Al Luis y a Edna por ser mis amigos y apoyarme a lo largo de este largo tramo.

A Erica, por aguantarme tanto tiempo, muchas gracias por ser tan paciente, te quiero.

INDICE

LISTA DE TABLAS.....	VII
LISTA DE FIGURAS.....	VIII
I. INTRODUCCION.....	1
II. ANTECEDENTES.....	4
III. HIPOTESIS.....	9
IV. OBJETIVO.....	9
V. AREA DE ESTUDIO.....	10
VI. METODOLOGIA.....	13
VII. RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	18
VII.1. ESTACIONALIDAD.....	31
VII.2. TENDENCIA.....	41
VIII. CONCLUSION.....	45
IX. BIBLIOGRAFIA.....	47

LISTA DE TABLAS

Tabla I.	Agrupación de los meses por temporada.....	15
Tabla II.	Localización y nombres de los diferentes Puntos de control en Playas de Rosarito Baja California. PCM (no Sombreado) y PSM (Sombreado).....	16
Tabla III.	Máximos y mínimos del V_p y A_p en PCM y PSM.....	30
Tabla IV.	Valores máximos y mínimos estacionales del V_p y A_p en todos los puntos de control.....	40
Tabla V.	Tasa de cambio anual de los parámetros V_p y A_p . Erosionado (-) y Depositado (+).....	43

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Área de estudio, localización de puntos de control (Bancos de Nivel)....	12
Figura 2.	Definición de los parámetros del perfil de playa (A_P y V_P).....	17
Figura 3.	Perfiles de playa en punto de control con muro BN01 a partir de Junio 1997 hasta diciembre de 2002.....	19
Figura 4.	Perfiles de playa en punto de control sin muro BN11 a partir de Junio 1997 hasta diciembre de 2002.....	20
Figura 5.	Variación mensual del V_P y A_P en el punto de control BN01.....	21
Figura 6.	Variación mensual del V_P y A_P en el punto de control BN02.....	22
Figura 7.	Variación mensual del V_P y A_P en el punto de control BN03.....	22
Figura 8.	Variación mensual del V_P y A_P en el punto de control BN04.....	23
Figura 9.	Variación mensual del V_P y A_P en el punto de control BN06.....	23
Figura 10.	Variación mensual del V_P y A_P en el punto de control BN08.....	24
Figura 11.	Variación mensual del V_P y A_P en el punto de control BN09.....	24
Figura 12.	Variación mensual del V_P y A_P en el punto de control BN10.....	25
Figura 13.	Variación mensual del V_P y A_P en el punto de control BN11.....	25
Figura 14.	Variación estacional del V_P y A_P en las PCM.....	34
Figura 15.	Variación estacional del V_P y A_P en las PSM.....	35
Figura 16.	Alturas de Marea y Oleaje durante el invierno de 1998, frente a la obra de toma de la CFE.....	37
Fotografía 1.	San Antonio del Mar Verano de 1997 (Previo al Evento Niño).....	29
Fotografía 2.	San Antonio del Mar Invierno de 1998 (Después del Evento Niño).....	29

I

INTRODUCCION

En la zona costera existen procesos naturales de acción de olas, viento y el aporte de sedimentos por ríos que contribuyen a la formación de playas. Estos depósitos se forman de la acumulación de sedimentos no consolidados (arena, grava, guijarros) que se extiende desde el Nivel Medio de Marea (NMB) hasta algún cambio fisiográfico, que puede ser un cantil marino, zona de dunas o donde exista vegetación permanente (Komar, 1998).

La playa actúa como mecanismo natural de disipación de la energía de olas ya que éstas rompen sobre la playa induciendo cambios en su forma y altura. Una de las formas más comunes para observar dichos cambios, es mediante la medición continua y repetitiva de perfiles de playa. Los cambios que presentan los perfiles de playa se deben principalmente a la pendiente de la ola, tamaño de sedimento y pendiente de la playa. En general, las olas altas y de periodos cortos (*seas* la longitud de onda es de 10 a 20 veces la altura de la ola) son capaces de mover material hacia afuera de la costa formando barras y canales, mientras que las olas bajas y de periodos cortos (*swell* la longitud de onda es 30 a 500 veces la altura de la ola) mueven el material hacia la costa formando bermas (USACE, 1973).

Los cambios que ocurran sobre las playas, están asociados a procesos que ocurren en la zona costera tales como viento, oleaje, mareas y transporte litoral. Se sabe que cualquier tipo de estructura costera que se construya en la zona costera puede ocasionar cambios en los procesos costeros locales, como son la circulación del agua, el movimiento de sedimento y la evolución de la playa y estos a su vez pueden modificar el equilibrio natural de la playa (Griggs *et al*, 1994).

Para minimizar el impacto de los cambios, es común que se recurran a obras ingenieriles para estabilizar la playa; existen dos tipos de estabilización de la playa: 1) Estabilización firme (Hard Stabilization) en la que se emplean estructuras costeras rígidas que previenen que las olas alcancen la parte posterior de la playa como: muros, revestimientos y mamparos, impidiendo en muchas ocasiones que la línea de playa se erosione o retroceda; y 2) Estabilización blanda (Soft Stabilization) que básicamente consiste en mecanismos para abastecer artificialmente arena a las playas (USACE, 1973). En muchos de los casos la respuesta a la recesión de la línea de costa es la estabilización firme, cuya intención es la de preservar la infraestructura que se encuentra en la parte posterior de la playa (Pilkey *et al*, 1988).

Muros, mamparos y revestimientos son estructuras costeras colocadas paralelos o casi paralelos a la línea de costa que separan el área terrígena del área de agua. Para el caso de los mamparos su función principal es de retener o prevenir el deslizamiento del área terrígena, quedando como segunda función la protección de la infraestructura al

embate de las olas. Para el caso de muros y revestimientos su principal función es la de proteger la infraestructura en el área terrígena del embate de las olas quedando como función secundaria la función que realiza un mamparo (USACE, 1973). Estas estructuras costeras se utilizan cuando se requiere mantener la costa en una posición relativamente adelantada con respecto a la que se encuentre adyacente a esta o donde exista una provisión escasa de material sedimentario y que la función de la playa sea pequeña o nula (USACE, 1973).

En México no se cuenta con programas que permitan identificar o monitorear los cambios de las playas al mediano y largo plazo, y solo existen estudios de corto plazo. Esta situación hace importante generar series temporales de datos al largo plazo para mejorar el diseño y la planeación de la zona costera-urbana. En el presente trabajo se estudian los cambios asociados a la presencia de muros sobre la playa mediante el análisis de perfiles de playa medidos a lo largo de cinco años en Playas de Rosarito, B.C.

II

ANTECEDENTES

El efecto que tienen las estructuras costeras sobre los procesos costeros ha sido atendido por varios autores. Wiegel (2002) hace un reseña de varios autores que documentan trabajos sobre el efecto que presenta la construcción de muros sobre la zona costera; señala que los procesos costeros generalmente son similares en playas arenosas, rocosas y humedales; cabe aclarar que aunque los procesos sean similares entre si, cada uno de ellos tiene características específicas que los diferencian uno del otro, ya que las costas son un sistema dinámico como muchos otros sistemas naturales. Wiegel puntualiza que mientras más se conozcan las condiciones naturales y los procesos que ocurren sobre zonas específicas, se podrá tomar una mejor decisión de lo que se deba hacer para la planeación y protección de la zona.

Griggs *et al* (1994) realizó un estudio sobre los efectos que tienen los muros costeros sobre la playa a partir de mediciones de perfiles de playa por un periodo de siete años en la bahía de Monterey en California. El autor señala que la bahía se caracteriza por tener un aporte de sedimento constante y ser una bahía semi-protegida al oleaje oceánico y concluye que el proceso estacional (Verano-Invierno) no es diferente para playas con muro y playas adyacentes a los muros y que a lo largo del período de estudio de la playa no muestra una tendencia a la disminución tanto de la forma y altura de la playa.

Por otra parte en la zona este de los Estados Unidos, Basco *et al.* (1997), realizó su estudio en Sandbridge, Virginia durante quince años en secciones con muros de playa y playa sin muro, con un total de cincuenta y tres puntos de control de los cuales solo utilizaron treinta y cuatro para el estudio sobre el área. Con el propósito de ver si las secciones con muro presentan una mayor erosión en comparación contra playas sin muro, analizó cinco componentes de la playa en playas con y sin muro, analizando éstos en términos de longitud total de playa, segmentación triple de la longitud de playa y la variación temporal de cada perfil de playa. Los autores encontraron que las playas con muro tienen la misma tasa de recuperación que en las playas sin muro, sin embargo encuentran que la variación estacional es más evidente en playas con muro que en playas sin muro.

En el municipio de Playas de Rosarito, B.C. se tienen documentados varios estudios sobre la zona costera (oleaje, transporte de sedimento, vientos). Como en el caso de Marichal-González (2001), quien utilizó la serie de datos de oleaje mas larga registrada frente a la costas de Rosarito B.C. (1994-1998) con la ayuda de un sensor de presión que se colocó frente a la obra de toma de agua de la Comision Federal de Electricidad (CFE). Describió la estadística general de oleaje que arriba a las Playas de Rosarito, Baja California, y concluye que es altamente dinámica debido a la variabilidad climática estacional e interanual. Encontró que una altura significativa (H_s) de oleaje alto

(olas mayores de 2.5 m) solo representó un 0.2% del oleaje en la zona, y Hs con mayor frecuencia resultaron ser las de 0.75 a 1.25m. El oleaje general que arribó al punto de medición fue proveniente desde el sur hasta el oeste. En el verano el mas frecuente fue de SSO con un 32% y durante el invierno fue de SO que se destaca con un 49% con respecto al total del oleaje incidente.

Appendini-Albrechtsen (1995), aplicó un modelo numérico para cuantificar el volumen de arena que penetra a la obra de toma de la central termoeléctrica de la CFE, utilizando fotos aéreas de la línea de costa y datos de oleaje de la zona a partir de marzo 1991 a marzo 1992 para calibrar su modelo, le permitió estimar la variación estacional de los volúmenes de arena en movimiento. Con el modelo calculó que en los meses de invierno entran 21,700 m³ de sedimento hacia la obra de toma de la central termoeléctrica, mientras que para los meses de primavera, verano y otoño los volúmenes son de 9,900 6,800 y 13,600 m³ respectivamente. El modelo también le permitió calcular la dirección neta del transporte litoral, la cual se desplazaba hacia el norte en la zona sur del rompeolas y hacia el sur en la zona norte de la misma estructura la cuál converge hacia la obra de toma de la CFE.

Para conocer los cambios estacionales en Playas de Rosarito, Baja California, Mendoza-Ponce (1999), realizó un estudio de variación estacional sobre la línea de costa durante mayo de 1997 a febrero de 1999 en donde existen estructuras costeras, principalmente muros de playa, hace referencia a los problemas de erosión lateral que se

presentan en estas playas y de los cuales menciona no se tiene ningún estudio acerca de ello. Su estudio consistió en la toma mensual de perfiles de playa y examinó, la capacidad de la playa como un rasgo natural para la recreación y protección hacia la infraestructura. Concluyó que la capacidad de recreación y de protección se incrementa en el verano ya que el proceso de depositación es mayor mientras que en invierno la playa se erosiona reduciendo su capacidad. También observó que durante el fenómeno del Niño 1997-1998 afectó al área de estudio debido a que la erosión por efecto del oleaje fue muy intensa, ya que en un período de días removió $1,272,024 \text{ m}^3$ lo que normalmente se remueve por una temporada.

Mendoza-Ponce (2001), realizó un Modelo de Riesgo a la Erosión Costera por Oleaje de Tormenta (MORECOT) para el municipio de Playas de Rosarito se desarrolla a partir de una modificación del modelo propuesto por Stone y Fischer (1985) tomando como parámetros la peligrosidad y vulnerabilidad en seis diferentes zonas. Definió la peligrosidad utilizando procesos físicos (energía del oleaje, perfiles) y para la vulnerabilidad utilizó el valor del uso de suelo (zona de influencia, tipos de uso de suelo) que se encuentra a lo largo de las playas arenosas. Concluyó que para el municipio de Playas de Rosarito existen dos zonas de riesgo muy alto ya que estas zonas presentan playas anchas pero existe la zona urbana y hotelera de mayor importancia del municipio, una zona de riesgo alto donde la playa es más ancha con zona urbana y hotelera de menor importancia y dos zonas con riesgo medio donde la zona urbana es pequeña,

mientras que solamente una zona presentó un riesgo bajo y la cual no presenta ninguna infraestructura en la zona.

Actualmente no se tiene reportado un estudio acerca de la variabilidad a largo plazo del perfil de playa, y mucho menos de la influencia que tienen los muros costeros sobre playas adyacentes para el municipio de Playas de Rosarito.

III

HIPÓTESIS

La erosión y depositación estacional en el perfil de playa no es afectada por muros costeros.

IV

OBJETIVO

- Analizar la variabilidad estacional de la playa al largo plazo en Playas de Rosarito, Baja California.
- Determinar el efecto de los muros costeros en el comportamiento estacional de las playas en Playas de Rosarito, Baja California.

V

AREA DE ESTUDIO

Playas de Rosarito se caracteriza por ser un importante sitio turístico del Estado de Baja California, atrayendo un gran número de visitantes debido a la recreación que existe en sus playas, y es debido a que el 55.2% de la población económicamente activa de este municipio se encuentra en el sector terciario (comercio, transportes, gobierno entre otros). Este municipio tiene una tasa de crecimiento anual del 8.29% siendo este valor más alto que Mexicali y Tijuana los cuales tienen 2.44% y 5.39% respectivamente lo que indica que la población del municipio se duplicara en menos de 10 años según Estimaciones de la CONEPO en Febrero del 2002; debido a que la población económicamente activa depende del comercio que existe sobre las playas de este municipio es importante hacer estudios de largo plazo sobre la zona costera ya que de esta manera podemos tener un mejor entendimiento de lo que ocurre sobre ella y de esta manera aprovecharla como capital natural.

Playas de Rosarito es municipio del estado de Baja California, se encuentra al sur de la ciudad de Tijuana (Fig. 1). El área de estudio comprende desde San Antonio del mar hasta Playas de Rosarito con una longitud total de 11 km. Los nueve puntos de control (BN) se encuentran separados en promedio a cada 800 metros de distancia, entre los cuales que cuentan con muro y sin muro en la parte posterior de la playa.

A 18 kilómetros hacia el Oeste de la costa de Rosarito se encuentran las Islas Coronados, dando lugar a una batimetría irregular entre ellas y la costa, que producen modificaciones al oleaje oceánico que arriba a la costa, disminuyendo su energía y generando extensiones de costa relativamente protegidas.

La línea de costa de Playas de Rosarito, B.C. es semi-recta y abierta al Océano Pacífico y solamente sobresale una estructura costera la cuál corresponde a la obra de toma de la Comisión Federal de Electricidad (CFE), lo que hace que el área de estudio se divida en dos zonas una hacia el norte y otra hacia el sur de la obra de toma de la CFE, esta estructura cuenta con un rompeolas en forma de “J” y al sur de este, se encuentra un espigón perpendicular a la línea de costa. Esto produce un transporte litoral neto cerca de la obra de toma de la CFE, siendo este hacia el norte en la zona sur y hacia el sur en la zona norte (Marmolejo, 1985; Appendini, 1995, Mendoza, 1999).

En la zona norte de área de estudio se presentan cantiles marinos y el tipo de sedimento va desde las arenas finas hasta los cantos rodados, las playas en esta zona son por lo general menos anchas, mientras que la zona sur se caracteriza por la ausencia de cantiles marinos, el tipo de sedimento es de grano medio y las playas son mucho más anchas (Elizarraras, 1986).

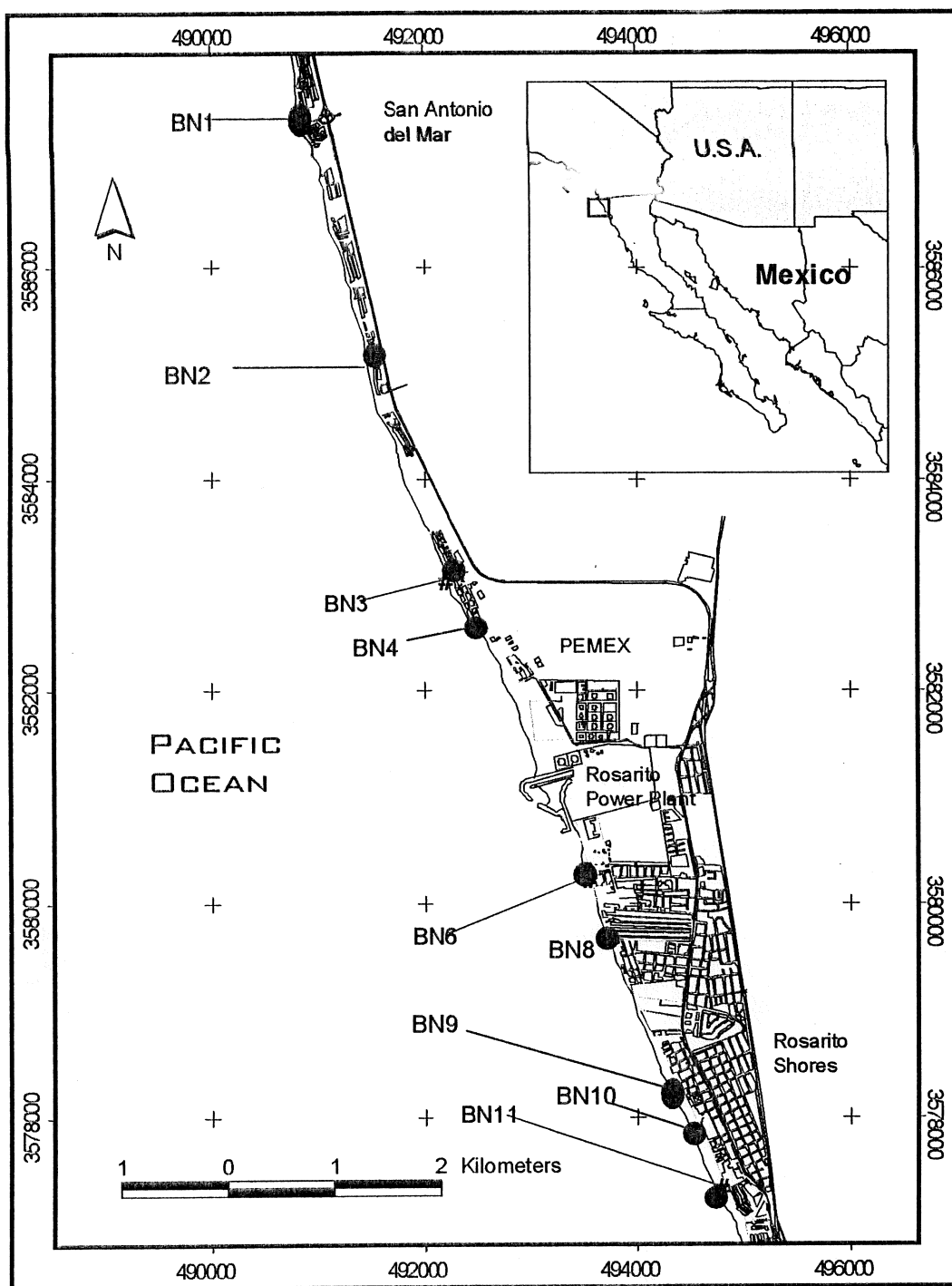


Figura 1. Área de estudio, localización de puntos de control (Bancos de Nivel).

VI

METODOLOGIA

Para analizar la variabilidad de la playa en Playas de Rosarito, B.C. se midieron perfiles de playa en nueve diferentes puntos de control (BN), los cuales fueron identificados como se señala en la Tabla II de los cuales la parte sin sombrear presentan muro y la parte sombreado no tienen muro y fueron colocados por el Instituto de Investigaciones Oceanológicas (IIO). De los nueve puntos de control el BN1, BN2, BN3, BN4 se ubican al norte de la obra de toma de la CFE y los restantes, BN6, BN8, BN9, BN10, BN11 se encuentran al sur (Fig. 1).

Los perfiles de playa se obtuvieron usando la técnica de nivelación como lo sugiere Montes de Oca, (1989) la cual calcula el desnivel o las diferencias de altura a lo largo de un transecto en intervalos de distancia conocidos, en este caso, a cada 5 metros, los niveles topográficos utilizados fueron niveles fijos de la compañía TOPCON y se utilizaron estadales de madera y fibra de vidrio con resolución de hasta un centímetro.

A partir de una altura (cota) referida al Nivel de Bajamar Media Inferior (NBMI) ubicada en las instalaciones de la CFE, se trasladaron los puntos de control hasta donde se encontraron rasgos permanentes y de fácil acceso para que los perfiles tuvieran un punto de partida igual a través del tiempo. Los perfiles se midieron mensualmente durante la marea mas baja diurna del mes para que el perfil fuese de una longitud mayor.

A partir de junio de 1997 se empezaron a medir los puntos de control BN1, BN3, BN6 y BN11 mientras que en los puntos de control BN2, BN4, BN8, BN9, y BN10 se empezó la medición en enero de 1998. Los nueve puntos de control se continúan midiendo, aunque para el análisis sólo se utilizarán los datos de junio de 1997 hasta diciembre 2002, los perfiles obtenidos sumaron un total de 568 perfiles de playa.

Los cambios que se presentaron en el área de estudio a lo largo de los cinco años, se estudiarán mediante el análisis de los siguientes parámetros: Volúmen de Arena contenido en la Playa (V_p) y Ancho de Playa (A_p) como se definen en la figura 2 ya que estos son cuantificables y representan mejor la evolución de la playa.

El V_p se calculó por medio del teorema fundamental del cálculo integral (Granville, et al 1972) se consideró el área por debajo del perfil de playa a partir del punto de control hasta la intersección de este con el NBMI. El A_p se consideró como la distancia desde el punto de control hasta donde el perfil se intersectara con el NBMI.

Con el fin de analizar el efecto del muro sobre la variabilidad de la playa a cada uno de los BN se agruparon en playas con muro (PCM) y playas sin muro (PSM) a lo largo del área de estudio. Se analizarán las series temporales de cada uno de los BN, observando de esta manera si existe algún cambio cíclico tanto en A_p y V_p para cada uno de los grupos; adicionalmente en cada BN se evaluará cual es la tendencia al mediano plazo y largo plazo a partir de un modelo lineal de la forma $y = m x + b$.

Para observar si existe algún cambio estacional en PCM Y PSM y en cada uno de los BN sobre la playa (Komar, 1998; Mendoza, 1999), se agruparan la serie de datos mensuales de acuerdo a la tabla I, de esta manera se obtendrán promedios trimestrales de los parámetros de A_p y V_p , para que de esta manera se obtengan series de tiempo estacional en cada uno de los grupos, así como en cada uno de los BN.

TABLA I. Agrupación de los meses por temporada.

INVIERNO	Enero, Febrero, Marzo
PRIMAVERA	Abril, Mayo, Junio
VERANO	Julio, Agosto, Septiembre
OTOÑO	Octubre, Noviembre, Diciembre

TABLA II. Localización y nombres de los diferentes Puntos de control en Playas de Rosarito Baja California. PCM (no Sombreado) y PSM (Sombreado).

Punto de Control	Localidad	Coordenadas UTM
BN1	San Antonio del Mar	490,867 Oeste 3,586,901 Norte
BN02	Rancho del Mar	491,429 Oeste 3,584,743 Norte
BN03	Baja del Mar	492,061 Oeste 3,583,258 Norte
BN04	Santa Mónica	492,346 Oeste 3,582,616 Norte
BN06	Colonia Miramar	493,493 Oeste 3,580,185 Norte
BN08	Colonia Obrera	493,637 Oeste 3,579,763 Norte
BN09	Playas Centro	494,184 Oeste 3,578,533 Norte
BN10	Playas Centro	494,505 Oeste 3,577,899 Norte
BN11	Rosarito Shores	494,754 Oeste 3,577,274 Norte

Otra parte de este trabajo es de identificar los valores mínimos y máximos de A_P y V_P que ocurrieron en el área de estudio con el fin de identificar cuando se llevan a cabo los procesos de erosión y depositación. De esta manera se obtendrán los valores mínimos y máximos de cada uno de los grupos y de cada uno de los puntos de control a lo largo del período de estudio

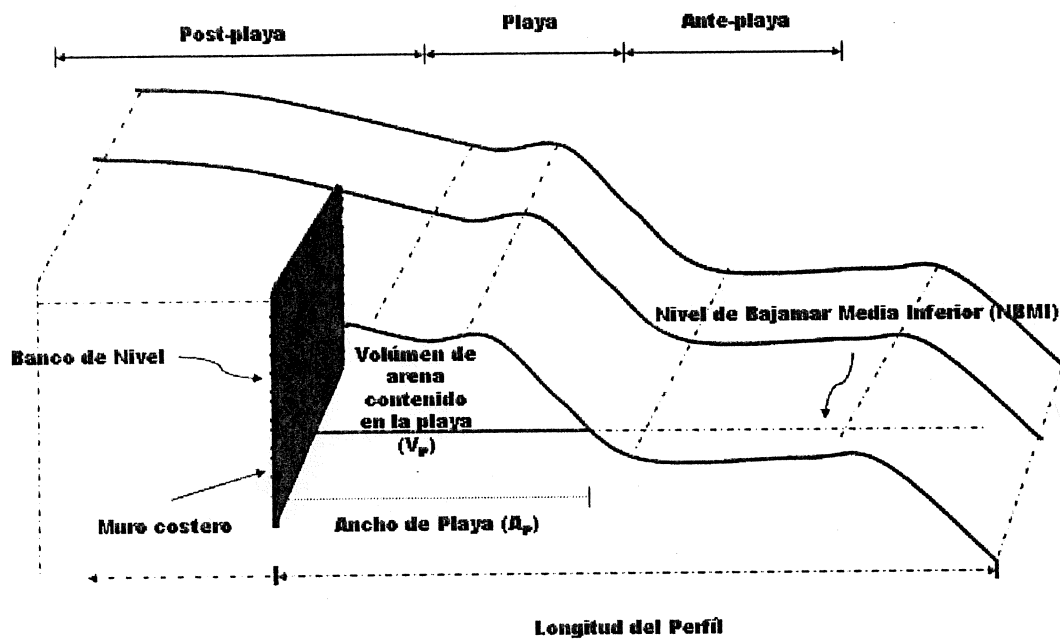


Figura 2. Definición de los parámetros del perfil de playa (A_P y V_P).

VII

RESULTADOS Y DISCUSIONES

Para facilitar la descripción de la evolución de los perfiles de playa, se utilizaron dos parámetros como están mencionados en la metodología ya que el volumen por arriba del nivel de referencia y el ancho de playa son los parámetros que mejor representan la evolución de la playa (Smith y Jackson, 1992). Ambos parámetros se agruparon para playas con muro (PCM) y playas sin muro (PSM) y se presentan y discuten las series mensuales y estacionales, así como la relación entre ellos. A partir de la metodología planteada se obtuvieron un total de 381 y 187 perfiles de playa para PCM y PSM a lo largo de la zona de estudio. En la figura 3 se muestran los perfiles de playa que son típicos para playas con muro mientras que en la figura 4 se presentan los perfiles de playa sin muro.

Las series temporales de V_P y A_P para PCM que se encuentran tanto en la región hacia el norte como al sur del rompeolas de la CFE se presentan en las figuras 5 a 8 y en las figuras 9 y 10 respectivamente. Los mismos parámetros para PSM se presentan en las figuras 11, 12 y 13. Conforme al volumen de arena contenido por arriba del nivel de referencia es evidente la baja capacidad de almacenaje de arena que tienen las secciones de playa de PCM, ya que durante los meses de máxima acumulación de arena, el volumen de arena prácticamente no sobrepasa los $150 \text{ m}^3/\text{m}$ mientras en las PSM se observan volúmenes mayores de $150 \text{ m}^3/\text{m}$ y hasta casi de $300 \text{ m}^3/\text{m}$ en la playa de

Playas Rosarito (figura 13). El mayor volumen de arena promedio que contienen las PCM es de $106 \text{ m}^3/\text{m}$ correspondiendo al BN08 y en el resto de ellos varía entre $60 \text{ m}^3/\text{m}$ y $80 \text{ m}^3/\text{m}$; para las PSM el valor promedio es de $220 \text{ m}^3/\text{m}$ a casi $300 \text{ m}^3/\text{m}$.

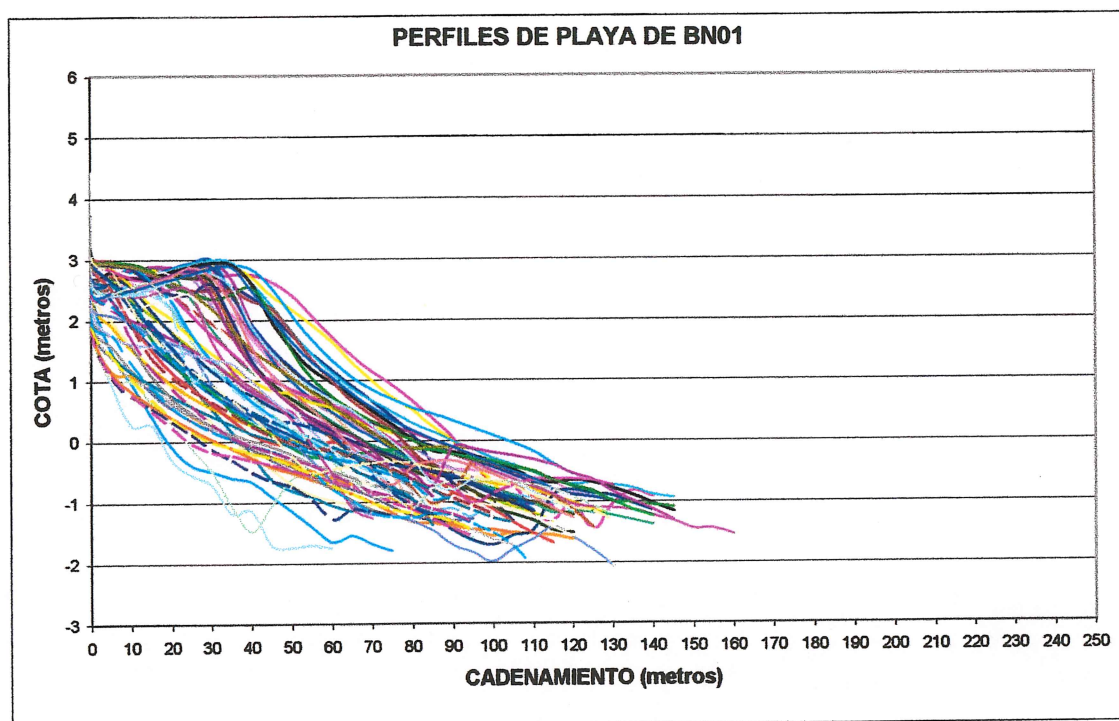


Figura 3. Perfiles de playa en punto de control con muro BN01 a partir de Junio 1997 hasta diciembre de 2002

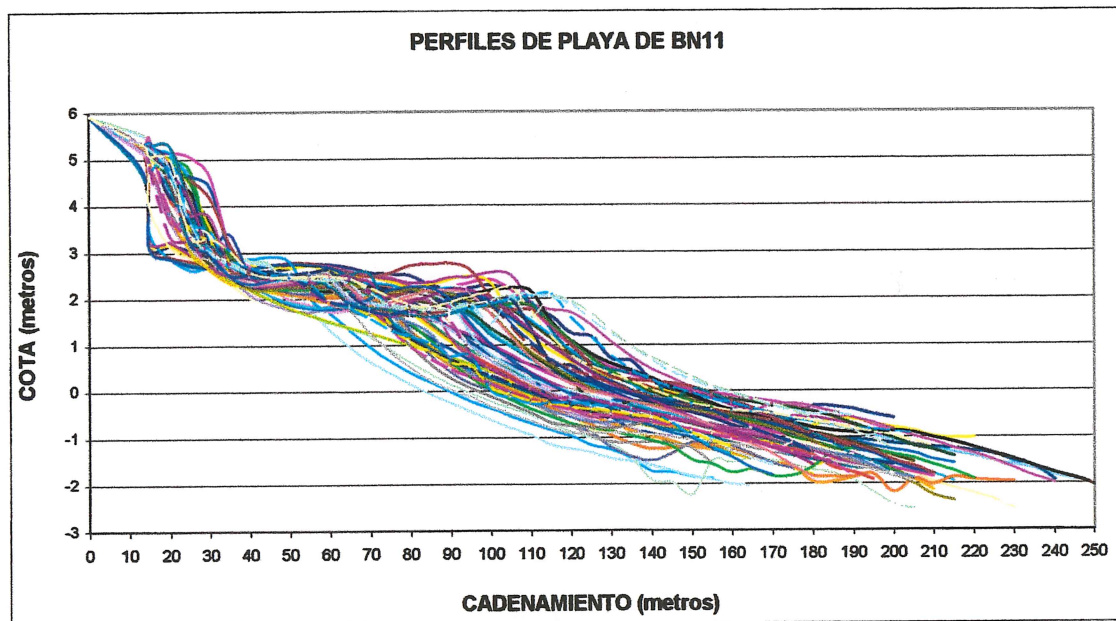


Figura 4. Perfiles de playa en punto de control sin muro BN11 a partir de Junio 1997 hasta diciembre de 2002.

El A_p también muestra una importante diferencia entre las PCM y las PSM ya que en las primeras, el ancho promedio oscila entre los 48 m y 68 m mientras que en las segundas es de 107 m a 121 m. La menor área de playa que ocurre en las PCM puede dar lugar a que en verano, cuando arriba el oleaje que construye la playa, la acumulación de arena en sentido vertical puede ser ligeramente mayor que en las PSM. Considerando que la berma es un rasgo típico del estado constructivo de la playa, la altura máxima de este rasgo es 2.8 m para las PSM incluyendo el BN08 mientras que en las PCM varía desde 2.9 hasta 3.5 m; este último valor se observa en la playa de Baja del Mar (BN03) donde la porción de playa formada por gravas y canto rodado da lugar a una mayor elevación de la berma.

En las mismas figuras (figuras 5 a 13) también se observa que el A_P es menos variable que el V_P y esta característica en general se debe a que la posición del datum sobre la cara de la playa, depende del cambio en la forma del perfil y a su vez depende de la cantidad de arena acumulada o erosionada por unidad de longitud de playa.

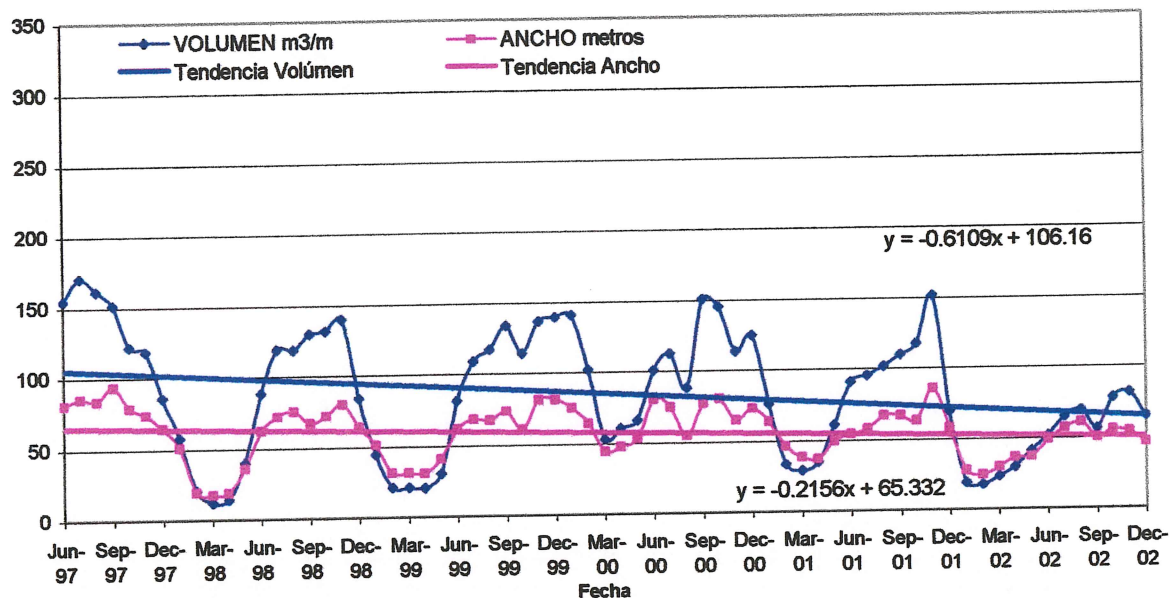


FIGURA 5 Variación mensual del V_P y A_P en el punto de control BN01

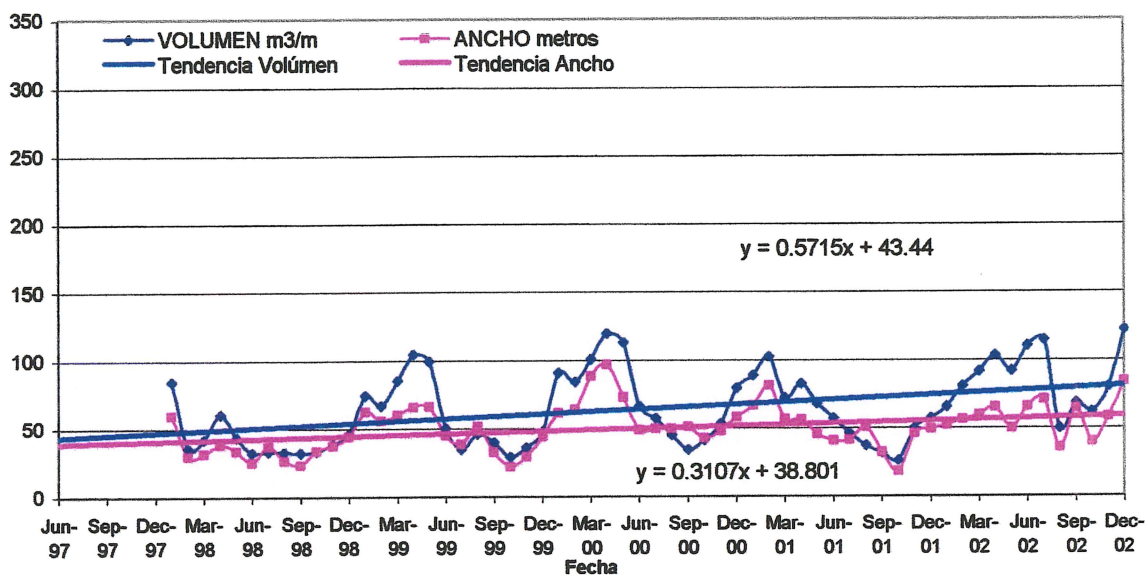


FIGURA 6. Variación mensual del V_P y A_P en el punto de control BN02

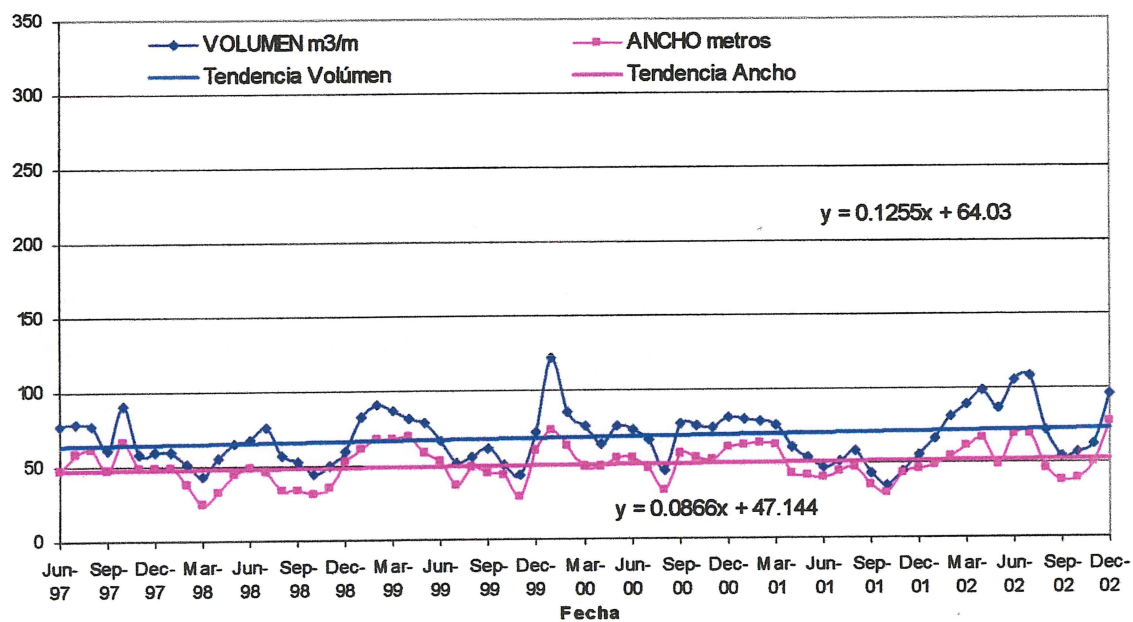


FIGURA 7. Variación mensual del V_P y A_P en el punto de control BN03

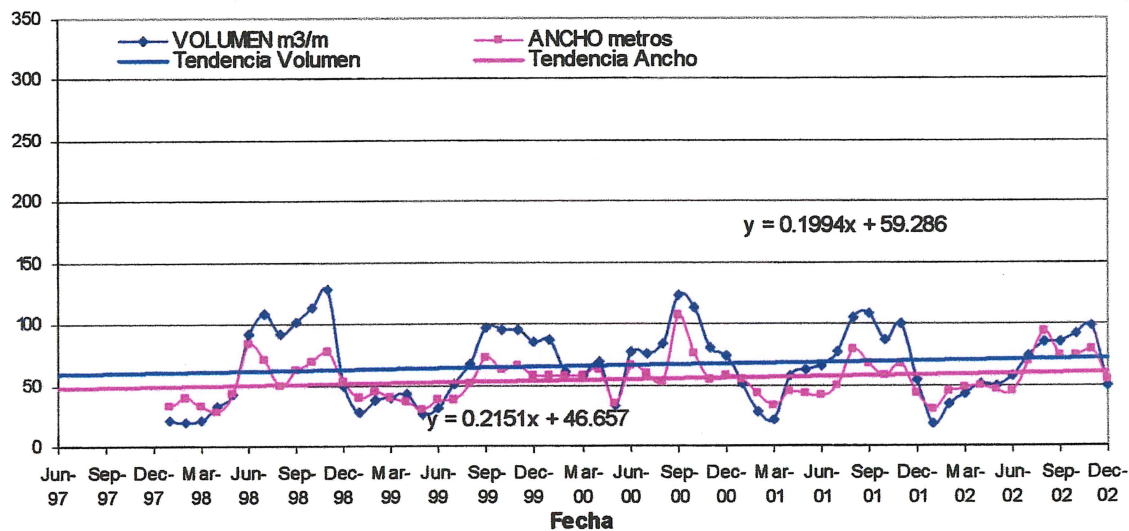


FIGURA 8. Variación mensual del V_P y A_P en el punto de control BN04

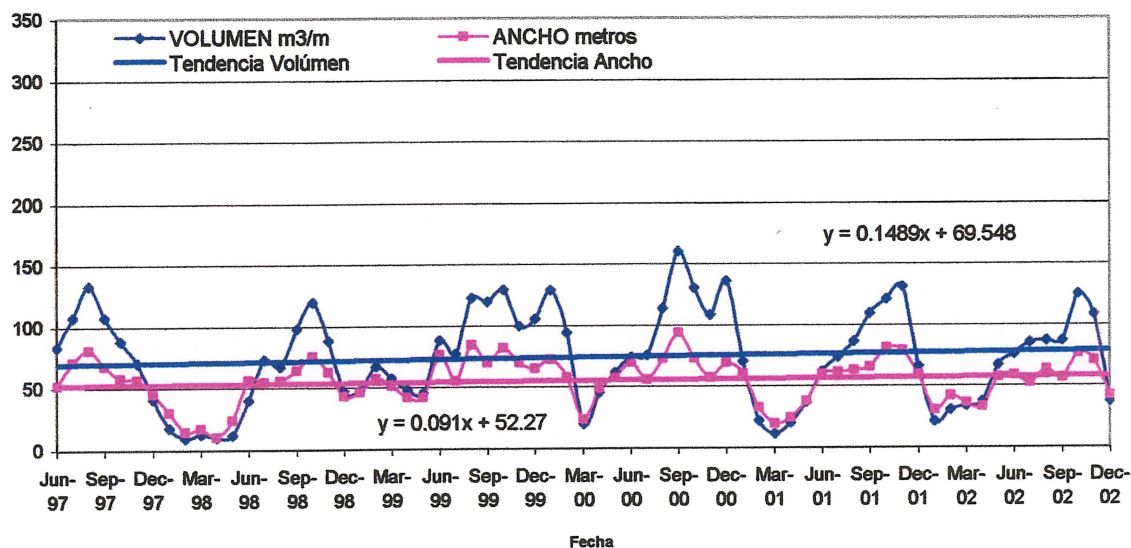


FIGURA 9. Variación mensual del V_P y A_P en el punto de control BN06

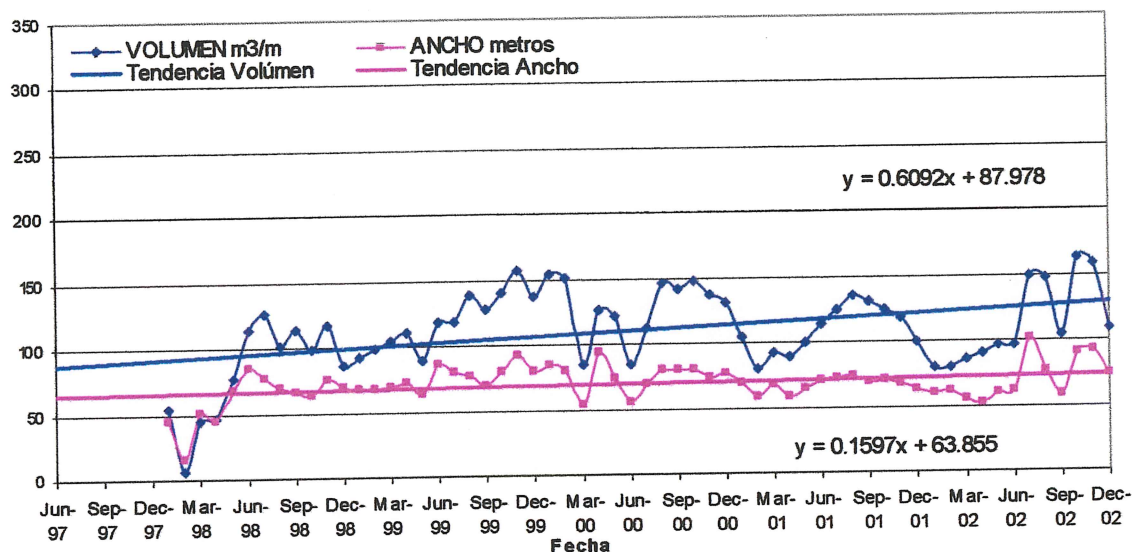


FIGURA 10 Variación mensual del V_P y A_P en el punto de control BN08

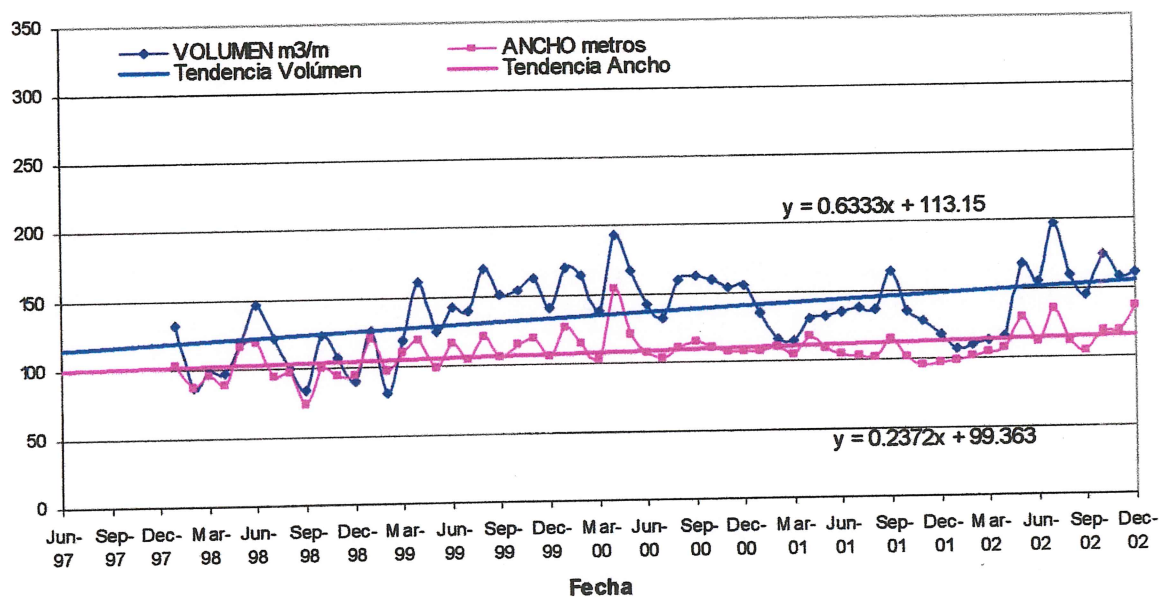


FIGURA 11 Variación mensual del V_P y A_P en el punto de control BN09

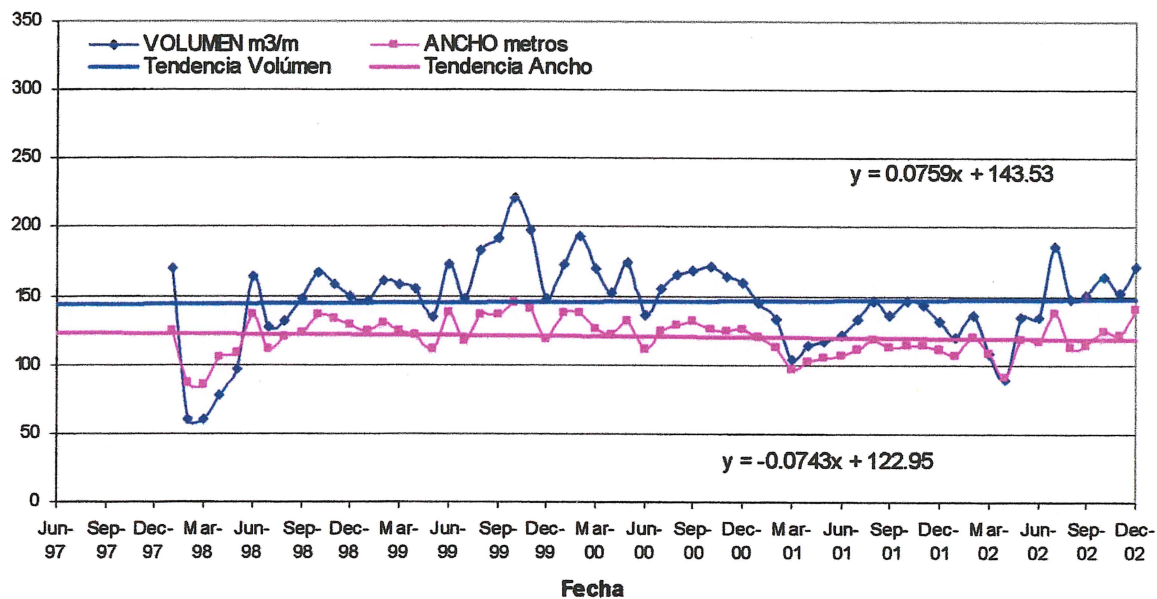


FIGURA 12 Variación mensual del V_P y A_P en el punto de control BN10

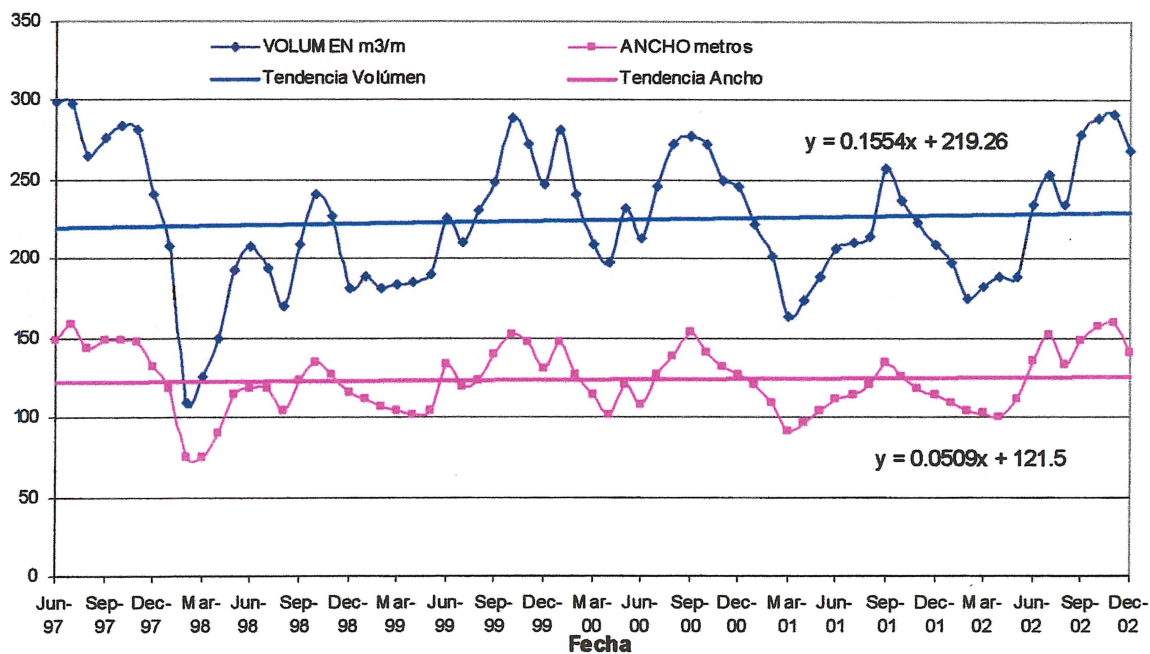


FIGURA 13 Variación mensual del V_P y A_P en el punto de control BN11

En las PCM, la presencia del muro en la parte posterior de la playa que da protección a la base del cantil y a las construcciones residenciales sobre el mismo, es un factor que limita severamente la capacidad de almacenaje aunque también reduce y evita el retroceso más allá del muro. La limitación se puede deber por un lado a que el A_p comprenda una distancia menor (~ 80 m para la región norte de Rosarito) y, por otro lado, es evidente que la presencia del muro evita totalmente la acumulación de arena en el área hacia tierra del muro. Adicionalmente la arena que pudiese almacenarse como producto de la contribución potencial de los cantiles es de $2,000 \text{ m}^3/\text{año}$ (Appendini-Albrechsten 1998) es nula; la constitución rocosa que subyace a la playa arenosa también reduce el volumen de arena que pudiese estar almacenándose a esta parte de la playa.

En las PSM, la capacidad de las olas para redistribuir el sedimento sobre la playa no esta limitada por ninguna estructura. El mayor alcance de la ola rompiente sobre rasgos morfológicos como las dunas o partes de posplaya mas alejados del mar, puede remover arena, transportarla y depositarla en otro punto del perfil o de la sección de playa. El avance o retroceso de la línea de playa ocasionado por la acumulación o erosión de arena de la playa respectivamente, están determinados fundamentalmente por la naturaleza misma del agente modificador; en el caso de las PCM, su función principal es evitar el retroceso de la línea de costa independientemente de la naturaleza del agente.

En la Tabla III se observa que los valores máximos simultáneos de V_P y A_P ocurren principalmente en los meses de Julio, Septiembre y Octubre, esto es durante el verano-otoño mientras que los mínimos se presentan prácticamente solamente en Enero y Febrero, esto es durante el invierno. Es de hacerse notar que los valores máximos de V_P y A_P que se observan en el BN02 y BN03 ocurren durante los meses de Diciembre y Enero, opuesto a los máximos en el resto de los puntos de control. Un comportamiento un tanto diferente se observa también en el perfil BN09 cuyos valores máximos de V_P y A_P ocurren en Julio y Abril respectivamente (primavera e inicios de verano) y los mínimos en invierno y verano respectivamente.

Del análisis anterior se puede desprender que en la zona de Rosarito, los valores absolutos del volumen de arena contenido en la playa y el ancho de playa están afectados por la presencia o ausencia de muros, esto es, ambos parámetros son menores para PCM que para PSM. Sin embargo, es aparente que la presencia del muro no influye en la periodicidad con la que ocurren los máximos de V_P y A_P .

Los valores mínimos de V_P y A_P observados a lo largo del periodo de estudio predominan en los meses de febrero-marzo de 1998 la remoción de arena de las playas ocasionó la pérdida total de la playa en algunas localidades; en consecuencia, se redujo drásticamente el A_P de 93.7 metros hasta 17.33 metros (Tabla III) facilitando el constante arribo de las olas sobre la playa y en la zona de estudio causando severos

drásticamente el A_p de 93.7 metros hasta 17.33 metros (Tabla III) facilitando el constante arribo de las olas sobre la playa y en la zona de estudio causando severos daños. (Foto 1 y 2). La excepcional erosión es el resultado de la llegada de olas altas generadas por tormentas en el pacifico oeste.

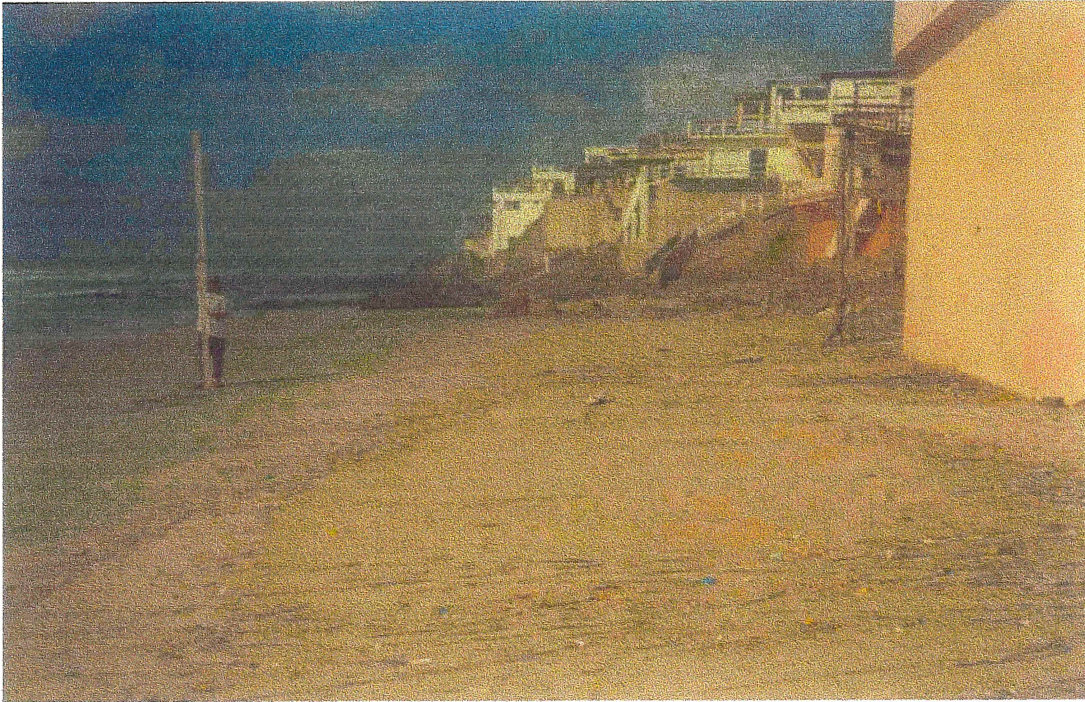


Foto 1. San Antonio del Mar Verano de 1997 (Previo al Evento Niño)



Foto 2. San Antonio del Mar Invierno de 1998 (Después del Evento Niño)

Tabla III. Máximos y mínimos del volumen de arena y ancho de playa en PCM (parte sin sombrear) y PSM (parte sombreada)

Punto de control	Nombre	Vp máximo (m ³ /m)	Ap máximo (metros)	Vp mínimo (m ³ /m)	Ap mínimo (metros)
BN01	San Antonio del Mar	170.48 23/Julio/1997	93.7 16/Sep/1997	11.94 26/Mar/1998	17.33 26/Mar/1998
BN02	Rancho del Mar	122.81 4/Dic/2002	97.00 14/Abr/2000	26.44 17/Oct/2001	18.18 17/Oct/2001
BN03	Baja del Mar	121.96 21/Ene/2000	77.14 4/Dic/2002	35.25 17/Oct/2001	24.00 26/Mar/1998
BN04	Santa Mónica	127.47 3/Nov/1998	106.65 27/Sep/2000	17.93 11/Ene/2002	27.31 23/Abr/1998
BN06	Colonia Miramar	160.31 27/Sep/2000	93.82 27/Sep/2000	9.66 26/Feb/1998	10.31 23/Abr/1998
BN08	Colonia Obrera	163.81 24/Oct/2002	101.67 26/Jul/2002	5.75 26/Feb/1998	15 26/Feb/1998
BN09	Playas Centro	197.93 26/Jul/2002	154.17 14/Abr/2000	80.07 15/Feb/1999	72.98 2/Sep/1998
BN10	Playas Centro	220.73 25/Oct/1999	145.42 25/Oct/1999	59.44 26/Feb/1998	85.00 26/Mar/1998
BN11	Rosarito Shores	298.83 23/Jun/1997	159.29 5/Nov/2002	109.57 26/Feb/1998	74.76 26/Feb/1998

VII.1

ESTACIONALIDAD

En las figuras 5 a 13 también se observa que los cambios tanto en V_P como en A_P siguen un patrón cíclico de cambio estacional. La identificación de cambios periódicos asociados a las estaciones del año se origina desde los 1950's con la importante contribución de Sheppard (1950). En su estudio sobre la playa en La Jolla, California, establece que el arribo de olas altas durante el invierno remueve la arena de la playa y la transporta hacia el mar, atrás de la zona de rompiente y forma barras de arena sumergidas; en verano, el arribo de olas de baja altura, mueve la arena desde la(s) barra(s) y de la zona atrás de la rompiente hacia playa produciendo la fase constructiva de la playa. La diferencia de altura del perfil de playa debido a estas transferencias de arena es entre dos y tres metros. Este proceso de redistribución de arena inicialmente se asoció a la altura de la ola y destacó que la ola de voluta favorece la formación de barras y depresiones (Sheppard, 1950), más tarde otros autores establecieron que la pendiente de la ola es el factor determinante para mover la arena en un sentido u otro (Bascom, 1953). Posteriormente Dean (1973) concluyó que la relación $H_0 / W_s T$ (donde H_0 es la altura de ola, W_s la velocidad de asentamiento de la partícula T el periodo de la ola) dicta la predominancia del transporte en una u otra dirección.

El comportamiento estacional de la playa a partir de las series mensuales de V_P y A_P puede estar oscurecido por la propia variabilidad de los datos. Para realzar y analizar

este comportamiento se agruparon los valores de V_P y A_P en cuatro periodos que cubren las estaciones del año como se señaló en la Tabla 1. Los valores máximos y mínimos por estación se ilustran en la Tabla IV y en ella se observa que en seis de los nueve perfiles de playa estudiados se observa que los mayores valores de V_P y A_P ocurren durante las estaciones de verano-otoño y los mínimos durante el invierno-primavera; sin embargo, en los perfiles de playa en las localidades de Rancho del Mar (BN02), Baja del Mar (BN03) y en una playa de Centro (BN09) los valores máximos se presentan durante invierno-primavera y los mínimos en verano.

La estacionalidad para las PCM se hace más notoria cuando se tratan los promedios de los meses que comprenden la estación del año como se ilustra en la figura 14. Este cambio cíclico de V_P y A_P máximos durante los meses de verano-otoño y mínimos en invierno-primavera, es evidente para las playas de San Antonio del Mar (BN01), playa Santa Mónica (BN04), Colonia Miramar (BN06) y Colonia Obrera (BN08). En contraste, en las playas de Rancho del Mar (BN02) y Baja del Mar (BN03), la ocurrencia de máximos y mínimos si bien conserva la periodicidad estacional, los valores máximos y mínimos ocurren en estaciones opuestas a las playas señaladas anteriormente. Es probable que esta oposición temporal en V_P y A_P esté asociado a cambios locales en las características de las olas que llegan a la costa y que han sido modificadas en cuanto a altura y dirección principalmente por la influencia de la compleja topografía del fondo frente a Rosarito además de la protección a condiciones de mar abierto que proporcionan las Isla Coronado.

Es importante hacer notar que el muro en el BN08, es el muro mas alejado del NBMI por lo que la interacción de las olas con esta estructura solo ocurre en condiciones de tormentas intensas. Esta particularidad ocasiona que V_P y A_P sean mayores que en el resto del PCM y probablemente también, que la estacionalidad no sea tan distintiva en el periodo de verano 1998 a invierno 2000. Esta condición lo hace tener, en cierto sentido alguna similitud con los PSM como se discutirá mas adelante.

La estacionalidad en las PSM muestra algunas diferencias con respecto a los PCM como se ilustran en la figura 15. A diferencia de la regular estacionalidad en las PCM, en las PSM se observa que la periodicidad en los máximos/mínimos de V_P y A_P durante las estaciones de invierno 1998 a invierno 2000 no corresponde con la estacionalidad “típica” verano-invierno (figura 15). Este mismo patrón se observa para el BN08 en el que la diferencia del resto de los PCM, tiene un mayor V_P y A_P debido a que el muro está más alejado de la acción de las olas.

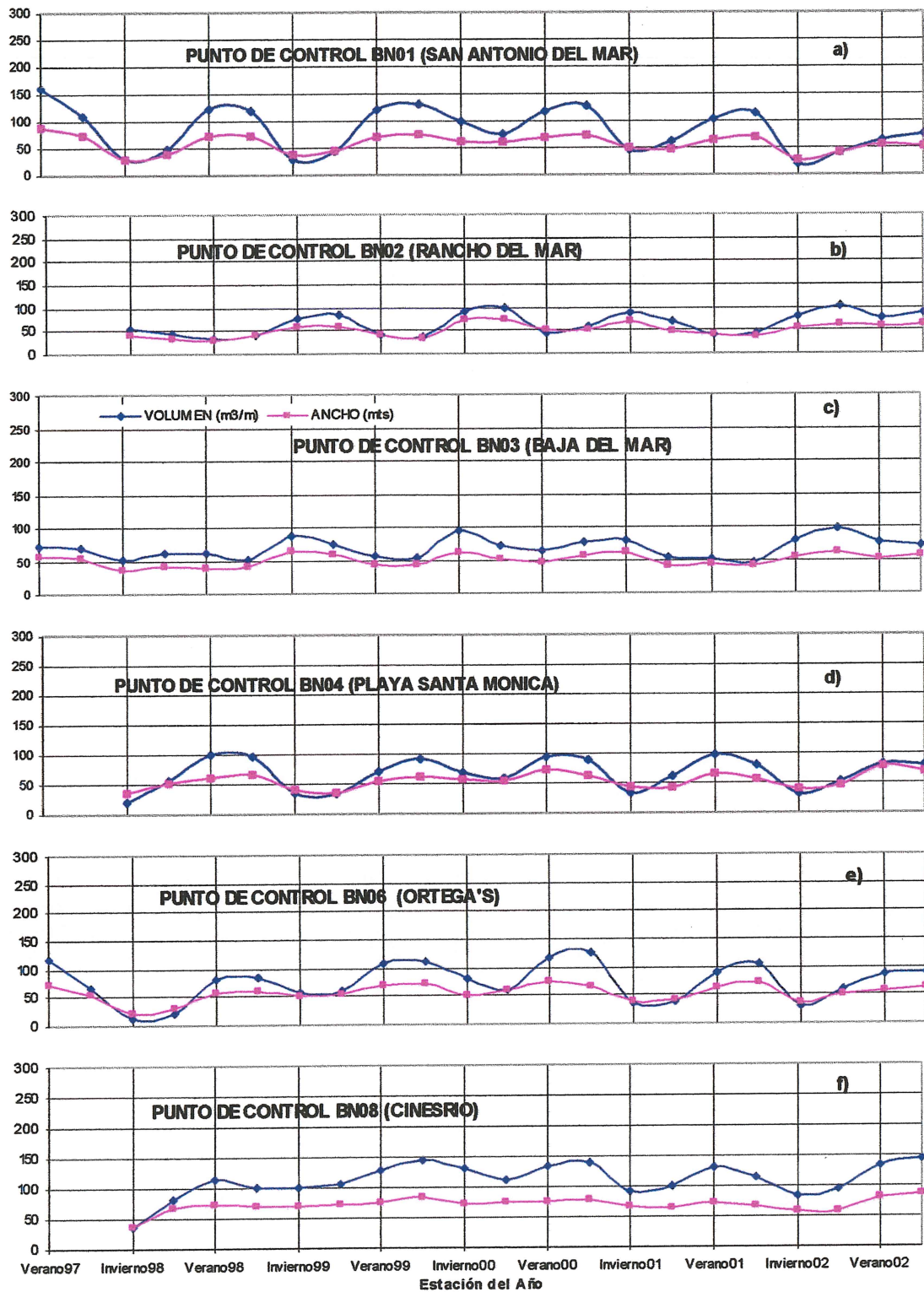


Figura 14. Variación estacional del V_P y A_P en las PCM.

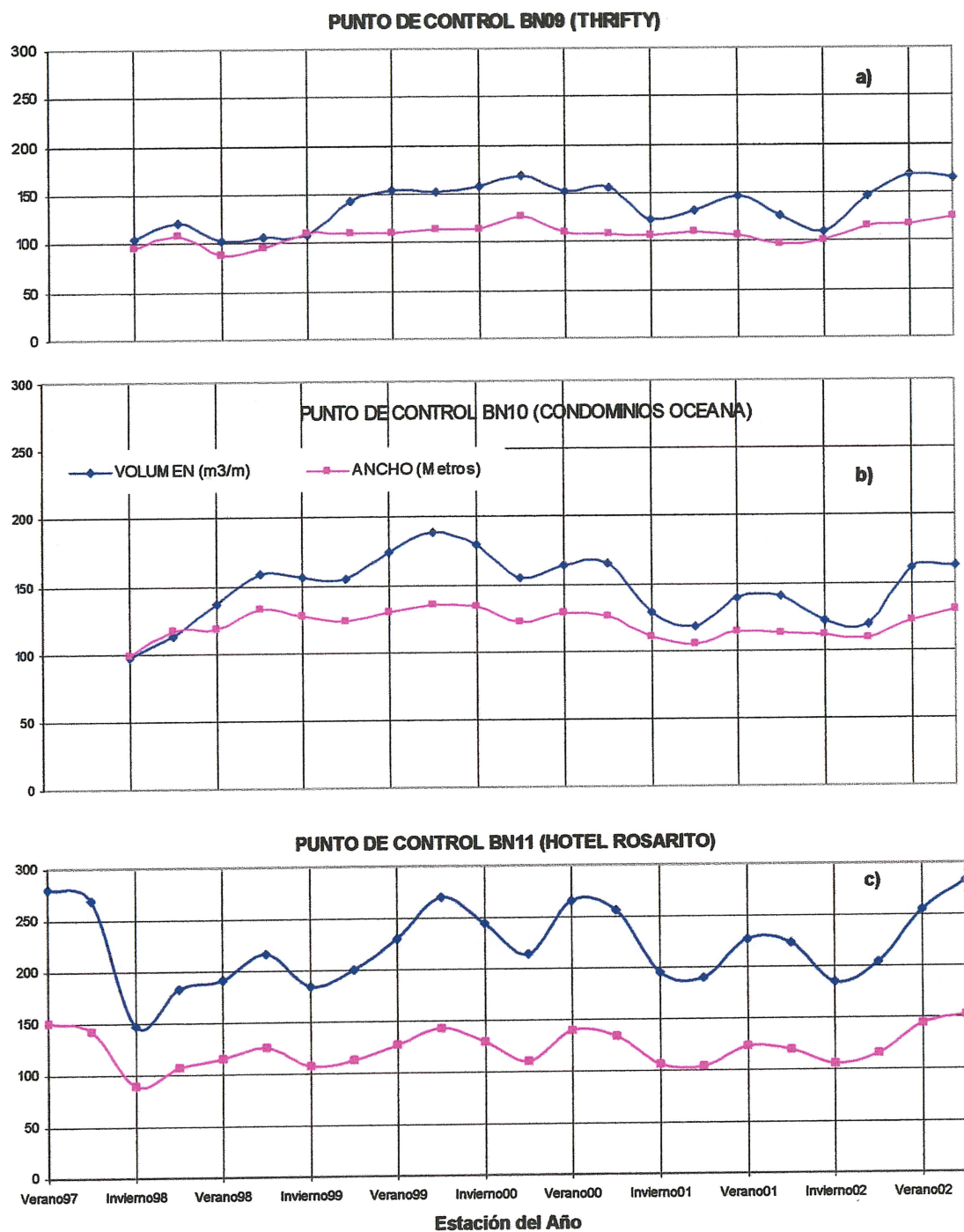


Figura 15. Variación estacional del V_P y A_P en las PSM.

La característica común en los puntos de control BN08, BN09 y BN10 y en menor grado en el BN11, es el progresivo aumento de V_p y A_p en el periodo de invierno 1998 al verano-otoño de 1999 e incluso hasta primavera del 2000 (BN09) después del cual la estacionalidad se muestra más regular. El constante aumento de estos parámetros indica que previo a este aumento, la playa se sujetó a un intenso proceso erosivo, diferente a la mayoría, en el que la arena removida fue depositada hacia el mar de la zona de rompiente conforme al mecanismo típico de erosión-depositación estacional señalado con anterioridad.

Esta erosión de la playa se observa prácticamente en todos los perfiles durante el invierno de 1998 (figura 5 a 13) y es resultado a causa del fenómeno Niño que abatió la región. Este fenómeno se presenta cuando los vientos Alisios y contralisios que prevalecen del este ecuatorial se debilitan o dejan de soplar y se empiezan a desarrollar series prolongadas de vientos que provienen del oeste. Esta reubicación de los centros de alta y baja presión atmosférica en el Pacífico norte; es decir que el centro de alta presión que normalmente se encuentra en las Aleutianas se desplaza hacia el suroeste permitiendo que el que originalmente se encuentra en el Pacífico este se desplace también hacia el Suroeste; esta reubicación produce que la zona de fetch cubra mayores extensiones oceánicas y regeneren olas de mayor altura y que en consecuencia al llegar a la costa del Pacífico exista un mayor potencial de erosión.

La severidad y persistencia de las tormentas que arribaron a la costa de Rosarito, se puede deducir de la observación de la altura de la ola (H_s), del periodo significativo (T) y el nivel del mar frente al rompeolas de la CFE que se ilustra en la figura 16. El impacto de estas tormentas sobre algunas secciones de la playa dio lugar a la pérdida total de la playa arenosa con tasas de remoción de arena hasta de $66.9 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{m}/\text{día}$ y retrocesos de la línea de playa superiores a los 60 m ocasionando, incluso, la destrucción de infraestructura habitacional en segmentos de playa con muro en la parte posterior (Lizarraga et al, 2003). Otros impactos sobre la infraestructura costera para la costa de California está ampliamente documentado (Griggs, *et al*, 1994; Storlazzi y Griggs, 2000; Griggs, *et al*, 1996).

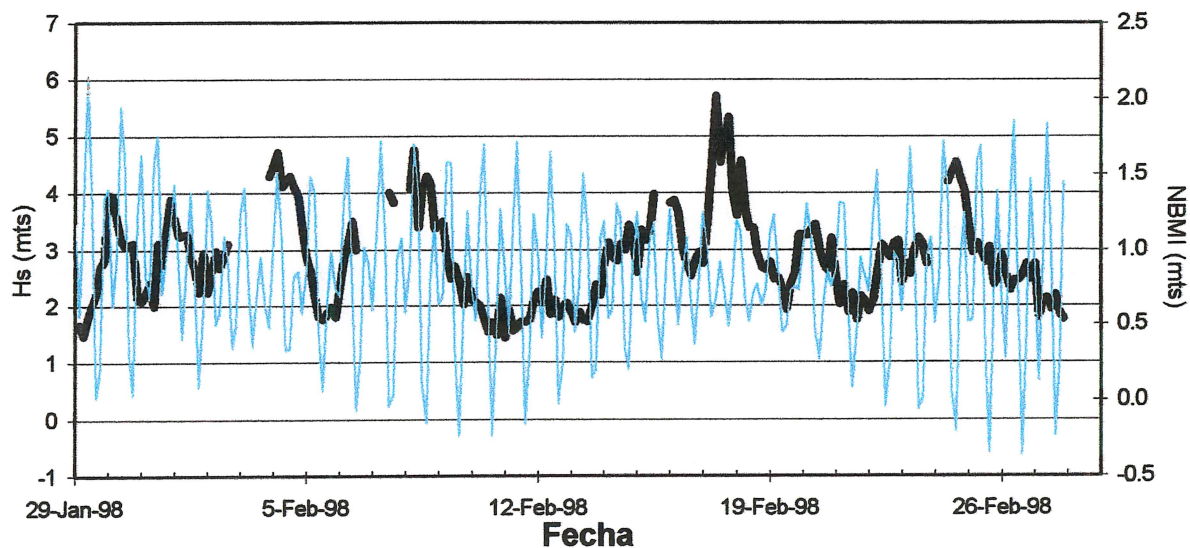


Figura 16. Alturas de Marea y Oleaje durante el invierno de 1998, frente a la obra de toma de la CFE.

La severa remoción de arena de la playa subaérea inducida por el oleaje en el invierno-primavera de 1998, ocasionó que la acumulación de arena hacia atrás de la zona de rompiente alcanzara los 20 m de profundidad y alejada aproximadamente a 3000 m de la costa (Ocampo-Torres, comm. Pers., 1998). La reposición de esta arena en la playa subaérea es prácticamente inmediata para las PCM (BN01, BN04 Y BN06) ya que para el verano-otoño del mismo año (1998) bajo condiciones de oleaje constructivo, el V_P y A_P corresponde a los medidos en el periodo de pre-tormenta. En contraste, en las PSM la reincorporación de arena a la playa subaérea post-tormenta fue más lenta y progresiva, particularmente en los BN09, BN10 y en menor medida en el BN11 y BN08 (aunque éste clasificado como PCM). Solamente en el BN11 se puede comprobar que el volumen de arena en condiciones de pre-tormenta (verano 1997) se recupera hasta otoño 2000, esto es, requirió de 1.75 años para que la playa almacenara el mismo volumen (figura 15). Aunque en los perfiles de playa BN08, BN09 y BN10 no se cuentan con perfiles pre-tormenta (verano-otoño 1997), es aparente que presentan una tasa de recuperación similar al señalado para el BN11. Es interesante hacer notar que el verano 2000 la regularidad estacional se hace más evidente en todos las PSM y BN08 (PCM).

El balance de acumulación positiva durante el periodo de invierno 1998 al invierno 2000 en las PSM de Rosarito, indica que el proceso de recuperación de la playa, por lo menos, después de eventos excepcionalmente energéticos, es más lento que en las PCM. El mecanismo de esta respuesta puede estar asociado a que en ausencia de muros

en la parte posterior de la playa y bajo etapa de oleaje constructivo, la acumulación de arena en la parte subaérea se lleva a cabo a través de una mayor longitud de perfil con el resultante incremento en el volumen requerido comparado con las PCM.

TABLA IV Valores máximos y mínimos estacionales del V_P y A_P en todos los puntos de control. PCM (no sombreado) y PSM (Sombreado).

Punto de control	Nombre	V_P máximo (m ³ /m)	A_P máximo (metros)	V_P mínimo (m ³ /m)	A_P mínimo (metros)
BN01	San Antonio del Mar	160.94 Verano97	87.73 Verano97	19.93 Invierno02	27.17 Invierno02
BN02	Rancho del Mar	102.41 Primavera02	73.1 Primavera00	33.18 Verano98	29.11 Verano98
BN03	Baja del Mar	96.92 Primavera02	65.29 Invierno99	45.21 Otoño01	36.95 Invierno98
BN04	Santa Mónica	100.3 Verano98	78.43 Verano02	20.38 Invierno98	35.04 Primavera99
BN06	Colonia Miramar	125.19 Otoño00	74.28 Verano00	13.37 Invierno98	20.78 Invierno98
BN08	Colonia Obrera	145.32 Otoño99	85.85 Otoño02	34.87 Invierno98	36.91 Invierno98
BN09	Playas Centro	167.73 Primavera00	126.79 Primavera00	101.68 Verano98	88.04 Verano98
BN10	Playas Centro	188.7 Otoño99	134.72 Otoño99	96.48 Invierno98	98.58 Invierno98
BN11	Rosarito Shores	283.19 Otoño02	152.61 Otoño02	147.45 Invierno98	89.19 Invierno98

VII.2

TENDENCIA

Para el estudio de impacto en la playa al largo plazo, el uso de series temporales cortos no es recomendable ya que la dinámica de la playa puede ser muy variable y mientras más largos sean los registros mejor se podrá caracterizar los cambios de la playa al largo plazo. Por lo tanto para resolver este tipo de problemas en Playas de Rosarito se monitoreo PCM y PSM por un periodo de 5 años y se tiene proyectado extender el monitoreo por lo menos 2 años mas.

Se utilizó un modelo estadístico para determinar el impacto erosional o depositacional de la playa durante el periodo de estudio, este modelo estadístico es de la forma $y = m x + b$ y de la cual se ajusta una recta lineal que mejor represente el patrón general de los datos mensuales de V_P y A_P en cada uno de los puntos de control a lo largo del periodo de estudio (figura 5 a 13). El objetivo de este análisis es de comparar la influencia que tiene el muro sobre algún impacto al largo plazo tanto en el V_P como para el A_P . En general una pendiente positiva representa un patrón constante de depositación o crecimiento de la playa, mientras que una pendiente negativa representa un patrón constante erosivo o decrecimiento de la playa a largo del período de estudio.

En la tabla V se presenta la tasa de cambio anual para ambos parámetros. Cabe aclarar que aunque el modelo lineal que se utilizó es estadístico, es una aproximación

para observar cual es la tendencia de las playas del municipio de Playas de Rosarito a largo plazo, siendo este estudio el primer trabajo para poder identificar y explicar que procesos ocurren sobre la playa ya sea de aumento o disminución de la misma.

El Transporte Litoral Neto (TLN) para Playas de Rosarito se encuentra cuantificado por Marmolejo, 1985 en donde menciona que existe un TLN hacia el sur del orden de los 130,000 y los 150,000 m³/año, aunque el área en donde el lo calcula es de solamente 2 kilómetros de longitud frente a la Obra de Toma de la CFE. Sin embargo Appendini, 1998 estima que el transporte litoral neto es de Norte a sur siendo de 47,000 m³/año en 15 km de costa, a partir de Punta los Buenos a Punta Paloma, la cual es prácticamente la región del área que se está estudiando. El transporte que existe hacia el sur debe entenderse como una posible causa de lo que puede estar ocurriendo sobre el área de estudio ya que debido a la tendencia positiva que se obtiene en las figuras 5 a la 13 a excepción del BN01 que es negativo, se le puede atribuir a que en la zona del BN01 se presenta una saliente rocosa y la cual de alguna manera podría estar actuando como trampa de sedimento, bloqueando el transporte de arena paralelo a la playa. Esto nos permite inferir que el muro no es el responsable directo de que la playa tenga esta erosión a lo largo del periodo de estudio ya que se observa que en el resto de las PCM se ve una tendencia positiva, sin embargo es necesario ampliar los estudios para saber cual o cuales son los procesos que producen la tendencia para la zona del BN01.

TABLA V. Tasa de cambio anual de los parámetros V_P y A_P .

Erosionado (-) y Depositado (+).

Punto de control	Tasa de cambio anual del V_P ($m^3/m/año$)	Tasa de cambio anual del A_P ($m/año$)
BN01	-7.3308	-2.5872
BN02	6.858	3.7284
BN03	1.506	1.0392
BN04	2.3928	2.5812
BN06	1.7868	1.092
BN08	7.3104	1.9164
BN09	7.5996	2.8464
BN10	0.9108	-0.8916
BN11	1.8648	0.6108

Otro de los puntos que resalta es el BN10 en donde el A_P presenta una tendencia negativa y el V_P es positivo. Esta situación señala que durante el periodo de estudio la playa presenta un aumento de volumen y un decremento en el ancho de playa, indicando que la altura de la playa esta aumentando, ya que la altura de la berma inicial fue de 2.51 metros, mientras que la altura final fue de 2.68 metros. Sin embargo se debe señalar que

en la zona se debe de aumentar la serie temporal para poder identificar que tipo de proceso esta afectando que la playa aumente su altura y su pendiente.

El patrón de tendencia para las PCM y PSM en el municipio de Playas de Rosarito no se conocía, ya que en la zona, aunque se tienen registros de perfiles de playa, no se había hecho un análisis apropiado para poder identificar este tipo de patrón al largo plazo. En los resultados del V_P y A_P a partir de las mediciones de los perfiles de playa, estos presentan un patrón de tendencia, que en lo general es positivo en las playas, sin embargo Bokuniewicz, 1998 señala que existen variaciones interanuales y de las cuales para poder resolverlas se requiere de series de datos continuos y largos para poder ver estos tipos de cambios. Por ende se requiere de mayor monitoreo de la playa en Playas de Rosarito para poder conocer el tipo de comportamiento anual que existe en Playas de Rosarito, en especial en el BN01 ya que de continuar el patrón negativo como lo indica el modelo estadístico utilizado en este trabajo, es posible que muestre reducciones importantes.

VIII

CONCLUSION

- Para el municipio de Playas de Rosarito, el V_P y A_P están afectados por la presencia o ausencia de muros, esto es, ambos parámetros son menores para PCM que para PSM. El muro no permite la interacción entre la playa y el material atrás del muro creando playas relativamente más angostas (Fig. 3 y 4), esto permite que el oleaje de tormenta remueva el sedimento que originalmente se encuentra en la playa más fácil.
- La variabilidad estacional de V_P y A_P en PCM se presenta más regular que en las PSM. Sin embargo, es aparente que la presencia del muro no influye en la periodicidad con la que ocurren los máximos de V_P y A_P , como en el punto de control BN02 y BN03.
- En las PCM, la recuperación del V_P y A_P perdidos por efectos tormenta es mas rápido, que en las PSM, es decir, que solamente en algunos puntos de control solo se requiere de una temporada de recuperación para que lleguen a su punto inicial, mientras que las PSM es aparente que tarde de dos o más años para que la playa se recupere del efecto de tormenta.

- A partir del modelo lineal que se aplicó en el área de estudio, se encontró que para todos los puntos de control, el V_P y A_P no presentan cambios a largo plazo, esto es, que la playa se mantiene estable y/o con una ligera tendencia a incrementarse, sin embargo solamente un punto de control BN01, presenta una tendencia negativa, esto es, una tendencia a disminuir; indicando que los muros costeros no influyen directamente sobre la erosión de las playas en el municipio de Playas de Rosarito, B.C. Se recomienda que en el BN01 se amplíen los estudios para monitorear e identificar que proceso esta afectando esta tendencia negativa.

IX

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. 94 pp.
- Appendini, C.M. 1998. Plan de manejo de la erosión costera para playas de Rosarito, Baja California, México. Tesis de Maestría, Universidad Autónoma de Baja California, Facultad de Ciencias Marinas, Ensenada, B.C. 123pp.
- Basco David R. *et al.* 1997. The influence of seawalls on subaerial beach volumes with receding shorelines. Coastal Engineering. Vol. 30. pp. 203-233.
- Bascom, W.H. 1953. Characteristics of natural beaches. Proceedings of the 4th Coastal Engineering conference, Ameri. Soc. Civil Engrs., pp. 163-180.
- Bokuniewicz, Henry and Sara Tangren. 1985. Volume requirements for the subaerial beach at East Hampton, New York. Shore & Beach. Vol. 53 (1), pp 16 – 18.
- Consejo Estatal de Población de Baja California CONEPO. Apuntes de población de Baja California. Gobierno del Estado de Baja California. Año V. Vol. 2 Febrero del 2002.
- Dean, R.G. 1973. Heuristic Models of Sand trans in the surf zone. Proceedings of the 1st Australian conference on coastal engineering. Engineering dynamics in the surf zone, Sydney, Australia, pp. 209-214.
- Elizarraras, S. R. Determinación de la dirección del transporte litoral predominante por medio de minerales trazadores entre Punta los Buenos y Playas de Rosarito, B.C. Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma de Baja California, Facultad de Ciencias Marinas, Ensenada, B.C. 14 pp.
- Granville William A. et al 1972. Calculo diferencial e integral. Unión Tipográfica Editorial Hispano-Americana UTEHA. 1^{era} Edición.
- Griggs Gary, *et al.* 1994. The interaction of seawalls and beaches: seven years of monitoring, Monterey Bay, California. Shore & Beach. Vol. 62 (3), pp 21-28.

- Griggs, *et al.* The effects of the storm Waves of 1995 on Beaches adjacent to a long-term seawall monitoring site in northern Monterey Bay, California. *Shore & Beach*. Vol. 64 (1), pp. 34- 39.
- Komar Paul D. 1998. *Beach Processes and Sedimentation*. Prentice Hall. Segunda Edición. Englewood Cliffs, New Jersey. 534 pp.
- Kraus Nicholas. 1988. The effects of seawalls on the beach: An extended literature review. *Journal of Coastal Research*. Special Issue (4) 1-28 pp
- Lizarraga et al, 2003. Effect of El Niño on the subaerial beach Playas de Rosarito, B.C. México. *Geofísica internacional*. Vol. 42 (3), pp. 419-428.
- Marichal, A.E. Análisis estadístico del oleaje medido frente a las costas de Rosarito, B.C. de 1994 a 1998. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Baja California, Facultad de Ciencias Marinas, Ensenada, B.C. 70 pp
- Marmolejo, M. 1985. Control de azolvamiento en una obra de toma de agua marina. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Baja California, Facultad de Ciencias Marinas, Ensenada, B.C. 60 pp.
- Mendoza, E.T. 1999. Variación espacio temporal del perfil de playa en Rosarito, Baja California, México. Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma de Baja California, Facultad de Ciencias Marinas, Ensenada, B.C. 50 pp
- Mendoza, E.T. Modelo de riesgo a la erosión costera por oleaje de tormenta: caso estudio playas de Rosarito, Baja California, México. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de Baja California, Facultad de Ciencias Marinas, Ensenada, B.C. 89 pp
- Montes de Oca, Miguel. 1989. *Topografía*. Algaomega. IV edición
- Ocampo-Torres, comm. Pers., 1998
- Sheppard, F.P. 1950. Beach cycles in Southern California. U.S. Army Corps of engineers, beach erosion board, technical Memo No. 20
- Smith and Jackson. 1992. The Variability in width of the visible beach. *Shore & Beach*. Vol. 60 (2). pp. 7-14
- Storlazzi y Griggs. 2000. Influence of El Niño-Southern Oscillation (ENSO) events on the evolution of central California's shoreline. *Geological Society of America Bulletin*. Vol. 112 (2). pp 236-249.

U.S. Army Coastal Engineering. 1976. Shore Protection Manual. Vol. III. Department of the army Corps of engineers

Wiegel Robert L. 2002. Seawalls, seacliffs, beachrock: what beach effects? Part 1. Shore & Beach. Vol. 70 (1), pp. 17-27.