

PROTECCIÓN DE LA LÍNEA DE COSTA EN LA PLAYA DE CUYUTLÁN, COLIMA, MÉXICO.

Marco Antonio Galicia Pérez, Manuel Patiño Barragán, Ernesto Torres Orozco, Juan Gaviño Rodríguez, Sonia I. Quijano Scheggia y Basilio Lara Chávez.

Centro Universitario de Investigaciones Oceanológicas. Universidad de Colima. México. galicia@ucol.mx

I. INTRODUCCIÓN

En ocasiones es necesario conocer el comportamiento de las playas, ya que el hombre se ha interesado ampliamente en la explotación de diferentes aspectos de la economía del lugar. Debido a los fenómenos extraordinarios y en condiciones normales se han perdido playas completas o parte de ellas, entonces para recuperarlas se han propuesto soluciones que han funcionado favorablemente aunque no siempre se han obtenido los resultados esperados.

Algunas playas presentan erosión (perdida) y depositación (ganancia) de sedimentos aun así se estabilizan por si solas porque cuentan con almacenes llamadas dunas costeras que en ellas se encuentra sedimento que están protegidos por una capa ligera de vegetación, en condiciones normales las dunas actúan como suministro de arenas para restablecer el sedimento que a sido movido por el viento y por fenómenos extraordinarios.

Muchas de las veces se pierden las playas porque no se respeta la línea costera que limita la playa con el continente. Lo que provoca que una playa no se pueda mantener estable son las construcciones tales como restaurantes, hoteles, muros de contención, malecones, un mal diseño de protección costera (escolleras, rompeolas, espigones) etc. (Shore Protection Manual, 2001).

Entonces cuando la playa se encuentra en peligro provocado por infraestructura construida cerca de ella, se han propuesto alternativas como construir espigones, realizar un bay-passing, etc. Por lo anterior, en este trabajo se realizó un estudio de transporte de sedimentos en el frente costero de la Barra de Cuyutlán en las Playas Aledañas al Canal de Tepalcates. Se elaboró durante las cuatro épocas del año (primavera, verano, otoño e invierno) y permitió conocer si la playa se encuentra en proceso de erosión o depositación.

II. OBJETIVO

- Cuantificar el transporte de sedimentos mensual en las playas aledañas al Canal de Tepalcates de Manzanillo, Colima de diciembre 2006 a diciembre de 2007.

III. ÁREA DE ESTUDIO.

Se localiza en las playas aledañas al Canal de Tepalcates, en la costa del estado de Colima, México, ubicada en las coordenadas $104^{\circ}16'51.4''$ y $104^{\circ}14'12''$ de longitud Oeste; $18^{\circ}59'18.06''$ y $19^{\circ}00'38.94''$ de latitud Norte (Figuras 1 y 2). El área de estudio comprende 4km de longitud total, considerando ambos lados de las playas aledañas al Canal de Tepalcates, se ubicaron 6 perfiles del lado Este y 6 del lado Oeste (Tabla 1).



Figura 1. Mapa de la república mexicana y el estado de Colima.

Del lado Oeste las playas normalmente presentan un perfil disipativo y del lado Este, el perfil es reflejante mayormente, el oleaje es de 1.7m parcialmente y rebasa los 2m moderadamente, mientras que en temporada de huracanes llega a 2.5m de altura aproximadamente (SEPESCA, 1992).

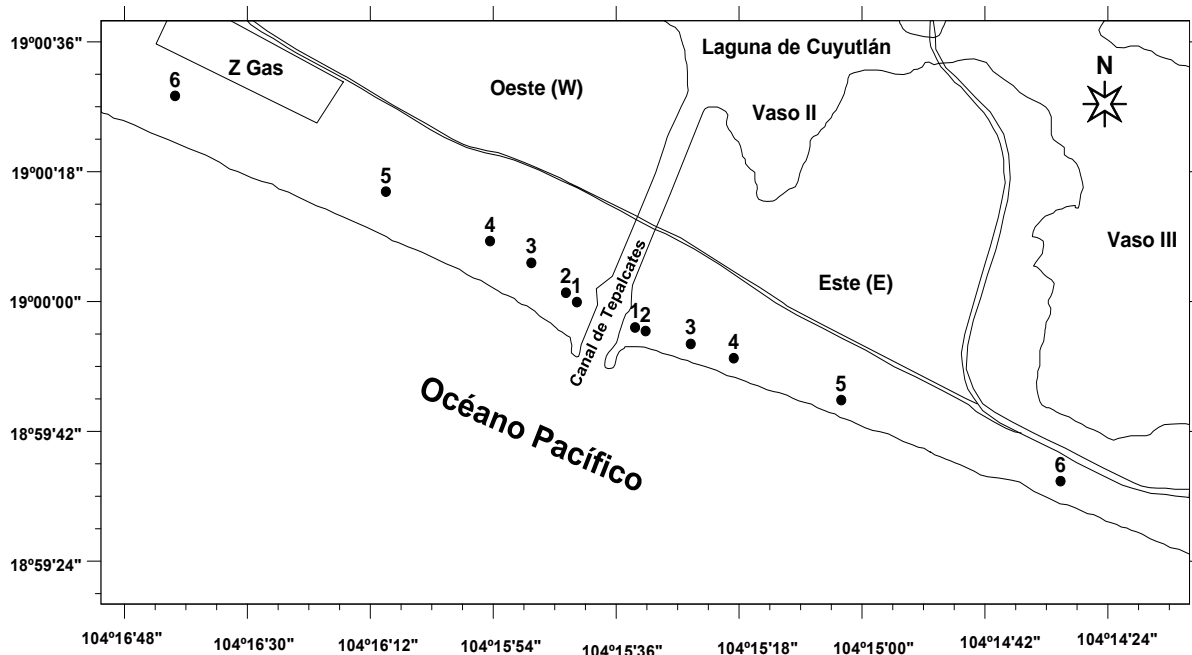


Figura 2. Área de estudio de las playas aledañas al Canal de Tepalcates.

Tabla 1. Coordenadas de las mojoneras situadas en las playas aledañas al Canal de Tepalcates.

Estación	Longitud	Latitud
E6	104°14'30.9"	18°59'35.1"
E5	104°15'3.04"	18°59'46.34"
E4	104°15'18.7"	18°59'52.14"
E3	104°15'25"	18°59'54.12"
E2	104°15'31.6"	18°59'55.91"
E1	104°15'33.2"	18°59'56.4"
W1	104°15'41.7"	18°59'59.92"
W2	104°15'43.3"	19°00'1.22"
W3	104°15'48.4"	19°00'5.35"
W4	104°15'54.4"	19°00'8.38"
W5	104°16'9.72"	19°00'15.23"
W6	104°16'40.5"	19°00'28.51"

IV. Metodología

Son escasos los antecedentes que existen sobre transporte de sedimento en las costas del estado de Colima, sin embargo, algunos trabajos que son similares a lo que se presenta en este estudio son los siguientes: Springall *et al.* (1974), dicho estudio fue necesario para la apertura del canal de comunicación entre la Laguna y el Océano Pacífico, en el sitio Cerro de Tepalcates (ahora Canal de Tepalcates).

Secretaría de Pesca (SEPESCA, 1992), consideró la necesidad del saneamiento de la Laguna de Cuyutlán, la cual se encontraba en un estado de degradación, llevando de igual forma la pesca y el hábitat de muy diversas formas de vida que se encontraban en la zona. Para resolver tal problema, se decidió construir un canal que tuviese comunicación entre el Océano Pacífico y la Laguna de Cuyutlán, llamado “El Malecón” ahora Canal de Tepalcates, además construir un par de escolleras para proteger el canal.

Galicia-Pérez *et al.* (2002), realizaron el estudio de Condiciones Hidrológicas y de Circulación en el litoral de Colima durante el año 2002 (ODECOL 2002), donde describen la circulación a lo largo del litoral colimense, lo cual permite determinar las zonas más propensas a mayor daño ambiental, así como predecir los posibles efectos negativos sobre ellas. También refieren que para conocer los procesos que inciden sobre el litoral de la costa, es necesario realizar mediciones de variables físicas como el oleaje (altura y periodo significativo de la ola), la marea y las corrientes marinas (magnitud y dirección), el transporte de sedimentos y el material en suspensión, así como de variables meteorológicas en las cuatro estaciones del año.

La metodología que se llevó a cabo en este trabajo, fue utilizando equipo topográfico como: Estación total (marca Leica), Prisma de la estación total, Nivel (sokkia), Balizas, Estadal, GPS (Marca GARMIN modelo E-trex), el cual se utilizó para los levantamientos de los perfiles de playa.

Se estudio 4km de las playas aledañas al Canal de Tepalcates, de las cuales 2km del lado Oeste y 2km del lado Este. Se utilizó el banco de nivel posicionado por SEPESCA (1992), en el lado Oeste sobre la duna y después se trasladó el nivel a los seis perfiles posicionados en cada lado del Canal de Tepalcates con coordenadas, 104° 15” 36’ de Longitud Oeste y 19° 00” 0.31’ de Latitud Norte. Posteriormente, se posicionó en la escollera Oeste para pasar el banco de nivel a cada una de las mojoneras del mismo lado y también se pasó el nivel a la escollera Este. Se posicionaron 12 perfiles, 6 del lado Este y 6 del lado Oeste, con distancias a partir de las escolleras de 50m, 100m, 300m, 500m, 1000m y 2000m en ambos lado de las escolleras.

V. RESULTADOS.

Considerando ambos lados de las escolleras, se encontró que el volumen total del transporte de sedimento neto durante un año fue de **200,512.879 m³**, siendo en el lado Oeste de **55,727.350 m³**, mientras que del lado Este se encontró un volumen de **144,785.530 m³** (Tabla 2 a 4 y Figuras 3 a 5).

Es importante señalar que en el mes de enero y agosto 2007 no se realizaron los levantamientos debido a que el equipo de medición no se encontraba disponible por mantenimiento y calibración de la estación total y nivel. Se presentaron los dos tipos de procesos en las playas aledañas al Canal de Tepalcates, se encontró que en los meses de febrero, mayo, junio, octubre, noviembre y diciembre del 2007 las playas presentaron depositación, mientras que en los meses de marzo, abril, julio y septiembre del 2007 presentaron erosión.

Para encontrar la dirección del transporte de sedimentos fue necesario calcular el volumen de cada mes y si el valor del volumen es negativo presento erosión y si es positivo presento depositación en las playas. Por lo tanto se puede conocer la dirección según si la ganancia ó perdida sea mayor ó menor. La dirección de Oeste a Este predominó durante 7 meses, diciembre 2006, febrero, marzo, abril, junio, julio y diciembre del 2007 y de Este a Oeste durante 4 meses, mayo, septiembre, octubre y noviembre del 2007 (Tablas 2 a 4; Figuras 3 a 5).

Tabla 2. Volumen total de sedimento calculado durante Diciembre 2006-Diciembre 2007.

MES	MUESTREO	VOLUMEN DE TERRENO (m ³)	VOLUMEN DE PROYECTO (m ³)	VOLUMEN DE PERFIL TOTAL (m ³)	PRESENTA	TRANSP. DE SEDIMEN. (DIR.)	VOLUMEN NETO (m ³)
Dic.	1	608559.934	0		.	W - E	0
Feb.	2	641342.183	608559.934	32782.249	Depos.	W - E	32782.249
Mar.	3	618481.006	641342.183	-22861.177	Erosión	W - E	9921.072
Abr.	4	507086.581	618481.006	-111394.424	Erosión	W - E	-101473.353
May.	5	643914.439	507086.581	136827.858	Depos.	E - W	35354.505
Jun.	6	667548.392	643914.439	23633.953	Depos.	W - E	58988.458
Jul.	7	619702.77	667548.392	-47845.622	Erosión	W - E	11142.836
Sep.	8	464468.418	619702.77	-155234.352	Erosión	E - W	-144091.515
Oct.	9	717803.621	464468.418	253335.203	Depos.	E - W	109243.688
Nov.	10	736669.247	717803.621	18865.625	Depos.	E - W	128109.313
Dic.	11	809072.813	736669.247	72403.567	Depos.	W - E	200512.879

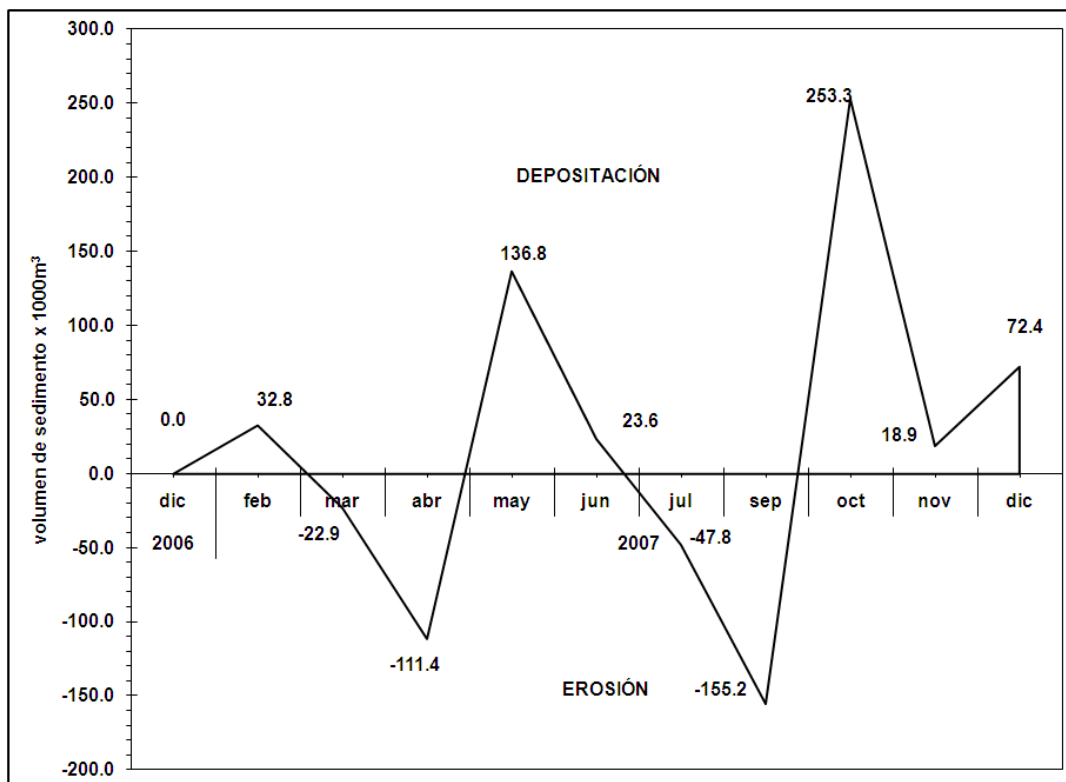


Figura 3. Volumen de sedimentos en ambos lados de las escolleras del Canal de Tepalcates (diciembre 2006 - diciembre 2007).

Tabla 3. Volumen del lado Oeste (W).

MES	MUESTREO	VOLUMEN DE TERRENO (m³)	VOLUMEN DE PROYECTO (m³)	VOLUMEN DE PERFIL TOTAL (m³)	PRESENTA	TRANSP. DE SEDIMEN. (DIR.)	VOLUMEN NETO (m³)
Dic.	1	379761.97	0		.	W - E	0
Feb.	2	445212.10	379761.971	65450.129	Depos.	W - E	65450.129
Mar.	3	405927.76	445212.1	-39284.33	Erosión	W - E	26165.799
Abr.	4	329982.51	405927.769	-75945.25	Erosión	W - E	-49779.45
May.	5	318324.29	329982.512	-11658.22	Erosión	E - W	-61437.68
Jun.	6	412326.00	318324.291	94001.711	Depos.	W - E	32564.03
Jul.	7	261261.17	412326.00	-151064.8	Erosión	W - E	-118500.8
Sep.	8	247598.11	261261.174	-13663.06	Erosión	E - W	-132163.8
Oct.	9	310424.89	247598.11	62826.783	Depos.	E - W	-69337.07
Nov.	10	313276.03	310424.893	2851.147	Depos.	E - W	-66485.93
Dic.	11	435489.32	313276.039	122213.28	Depos.	W - E	55727.35

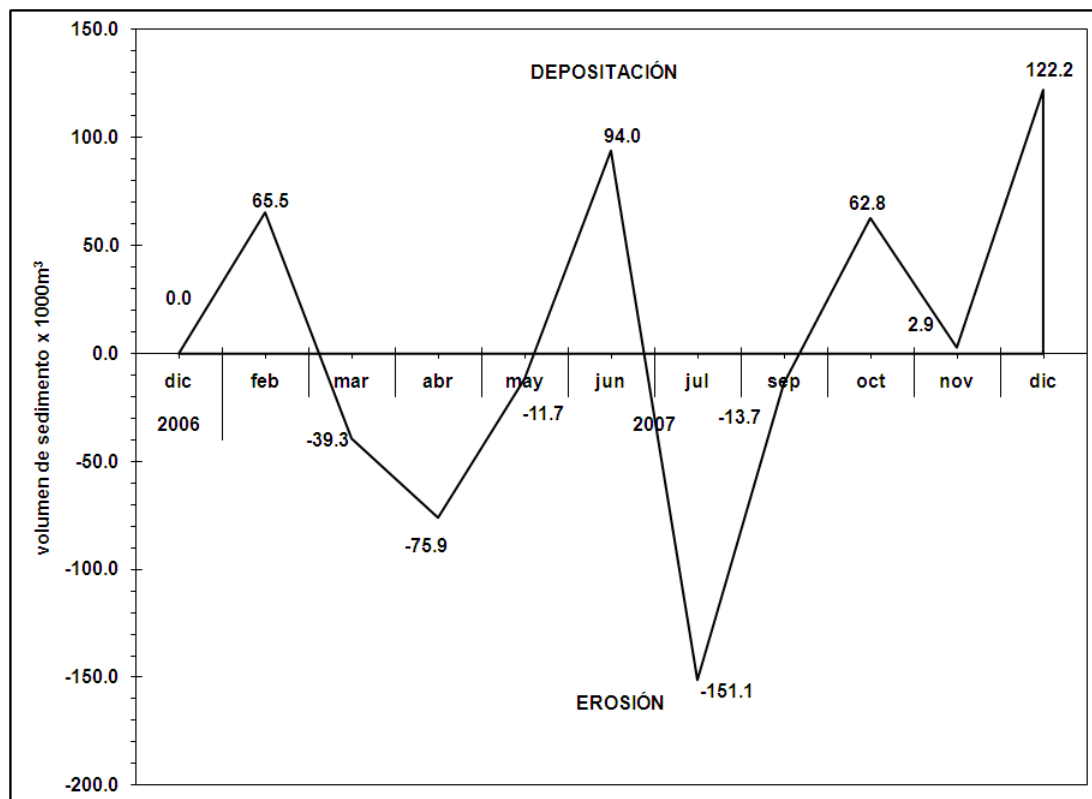


Figura 4. Volumen de sedimentos del lado Oeste de las escolleras del Canal de Tepalcates (diciembre 2006 - diciembre 2007).

Tabla 4. Volumen del lado Este

MES	MUESTREO	VOLUMEN DE TERRENO (m³)	VOLUMEN DE PROYECTO (m³)	VOLUMEN DE PERFIL TOTAL (m³)	PRESENTA	TRANSP. DE SEDIMEN. (DIR.)	VOLUMEN NETO (m³)
Dic.	1	228797.96	0		.	W - E	0
Feb.	2	196130.08	228797.963	-32667.880	Erosión	W - E	-32667.880
Mar.	3	212553.23	196130.083	16423.153	Depos.	W - E	-16244.727
Abr.	4	177104.06	212553.236	-35449.167	Erosión	W - E	-51693.893
May.	5	325590.14	177104.07	148486.078	Depos.	E - W	96792.185
Jun.	6	255222.39	325590.148	-70367.758	Erosión	W - E	26424.427
Jul.	7	358441.59	255222.39	103219.206	Depos.	W - E	129643.63
Sep.	8	216870.30	358441.596	-141571.28	Erosión	E - W	-11927.655
Oct.	9	407378.72	216870.308	190508.42	Depos.	E - W	178580.76
Nov.	10	423393.20	407378.729	16014.478	Depos.	E - W	194595.24
Dic.	11	373583.49	423393.207	-49809.715	Erosión	W - E	144785.53

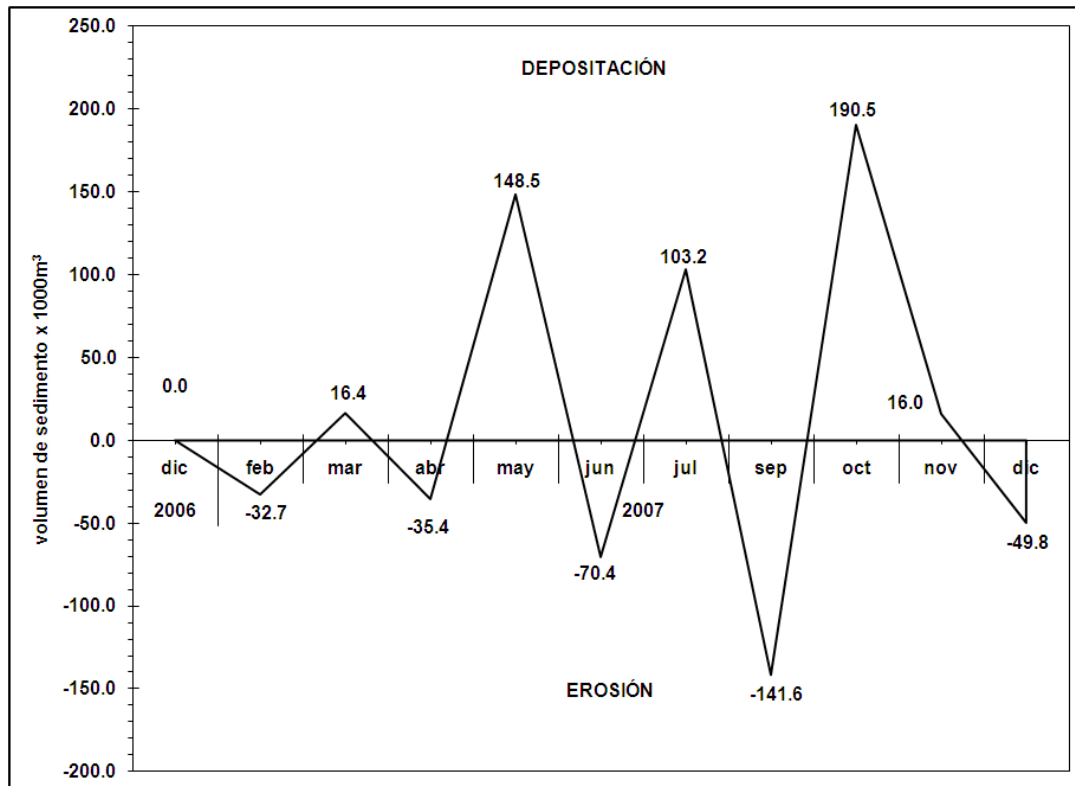


Figura 5. Volumen de sedimentos del lado Este de las escolleras del Canal de Tepalcates (diciembre 2006 – diciembre 2007).

VI. CONCLUSIONES

El frente marino, de la Barra de la Laguna de Cuyutlán, es afectado directamente por el oleaje que en su mayoría son olas de 2m de altura en promedio y en épocas de tormenta alcanzan hasta los 4m, provocando que las playas se erosionen de un lado (Este) y se deposite sedimento del otro (Oeste), aunque en ocasiones se puede dar el caso que ambos lados se erosionen ó haya depositación, originando que durante las 4 estaciones del año, se presente una variación en el comportamiento del transporte de sedimentos.

Durante el invierno, las playas presentaron erosión en el mes de diciembre 2006 y depositación en el mes de febrero 2007 y diciembre 2007; en diciembre 2006 el volumen fue positivo (608559.934 m^3) causando depositación, sin embargo, debido a que fue el primer levantamiento no se tenía referencia del mes anterior (noviembre 2006) lo que al momento del levantamiento las playas de ambos lados de las escolleras se encontraban en proceso de erosión, mientras que en el mes de febrero 2007 se encontró que del lado Este hubo erosión (-32667.880 m^3) y del lado Oeste hubo depositación (65450.129 m^3), al realizar los cálculos fue mayor la depositación que la erosión dando como resultado que en el mes de febrero 2007 hubo

depositación, en el mes de diciembre 2007 se encontró que del lado Oeste fue mayor la depositación y del lado Este fue menor la depositación es decir en ambos lados hubo depositación; los tres meses tuvieron un transporte de sedimentos con dirección de Este a Oeste.

Durante la primavera, en mayo 2007 hubo depositación; mientras que en abril y marzo 2007 hubo erosión. En mayo hubo mayor depositación (148486.078 m^3) del lado Este y menor erosión (-11658.221 m^3) del lado Oeste, dando como resultado depositación (136827.858 m^3), con una dirección de transporte de sedimentos de Oeste a Este.

En los meses erosivos; la depositación y la erosión se presentaron en diferente orden, en marzo hubo mayor erosión (-39284.330 m^3) del lado Oeste y menor depositación (16423.153 m^3) del lado Este, dando como resultado un mes con erosión (-22861.177 m^3); mientras que en abril hubo erosión (-75945.258 m^3) del lado Oeste y erosión (-35449.167 m^3) del lado Este, es decir la erosión fue en ambos lado de las playas durante este mes, la dirección de transporte de sedimentos fue de Oeste a Este.

Durante el verano, en junio se presentó depósito de sedimentos (23633.953 m^3), es decir, hubo depositación (94001.711 m^3) del lado Oeste y erosión (-70367.758 m^3) del lado Este, con una dirección de transporte de sedimentos de Este a Oeste. En julio se presentó erosión (-47845.622 m^3), es decir, hubo mayor erosión (-151064.828 m^3) del lado Oeste y menor depositación (103219.206 m^3) del lado Este, dando como resultado erosión, con una dirección de transporte de sedimentos de Oeste a Este.

Durante el otoño en los meses de noviembre y octubre hubo depositación; mientras que en septiembre hubo erosión. En octubre hubo mayor depositación (190508.421 m^3) del lado Este y menor (62826.783 m^3) del lado Oeste, mientras que en noviembre del lado Este fue mayor la depositación (16014.478 m^3) y del lado Oeste fue menor (2851.147 m^3), es decir, en ambos lados hubo depositación con una dirección de transporte de sedimentos en los dos meses de Este a Oeste. En septiembre, hubo mayor erosión (-141571.288 m^3) del lado Este y menor erosión (-13663.064 m^3) del lado Oeste, en ambos lados hubo erosión, con un transporte de sedimentos de Este a Oeste.

En términos generales, se concluye que las playas aledañas al Canal de Tepalcates son inestables a largo plazo y estables a corto plazo, es decir, el depósito o erosión es tan grande que altera totalmente la morfología de las playas en un día. Se observó que el efecto del oleaje

y del viento, así como, el acarreo litoral por las corrientes perturban las playas provocando que cuando se presenta erosión del lado de la escollera Este, se favorece la depositación del lado Oeste. Indicando que el transporte litoral del área de estudio es mayor.

Finalmente, debido a la erosión que se presenta en el lado Este se sugiere colocar al menos 3 espigones separados de 50m a 100m, con el fin de proteger la erosión y el azolve del Canal de Tepalcates, que es una medida de mitigación que se consideró en la Manifestación de Impacto Ambiental modalidad Regional de la CFE (2006).

VII. BIBLIOGRAFIA

CFE, 2006. Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad Regional Terminal de Gas Natural Licuado de Manzanillo. Comisión Federal de Electricidad-Universidad de Colima. México.

Secretaría de Pesca (SEPECSA), 1992. Dragado del canal de comunicación y canales interiores y continuación de la construcción de escolleras en Cuyutlán, Colima. Dirección General de Infraestructura y Flota Pesqueras. Subdirección de Fomento y Desarrollo Pesquero. México, D. F.

Frías Valdez Armando, Moreno Cervantes G., 1988. Ingeniería de Costa. Ed. Limusa.

Galicia Pérez Marco Antonio, Gaviño Rodríguez Juan Heberto, Torres Orozco Ernesto y Sánchez Barajas Maximiliano, 2007. Condiciones hidrológicas y de Circulación en el litoral de Colima durante el año 2002. Manzanillo, Colima, México; Universidad de Colima.

García Flores Manuel, Maza Álvarez José Antonio, 1988. Origen y Propiedades de los Sedimentos (Capítulo 7 del Manual de Ingeniería de Ríos), México .Series del Instituto de Ingeniería U.N.A.M. México, D. F.

Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), 1990. Mecánica de Suelos (Instructivo para ensaye de suelos). Comisión Nacional del Agua, Colección Breviarios del Agua, Series educativa. México, D. F.

SHORE PROTECTION MANUAL, 2001. Army Corps of Engineers, Coastal Engineering Research Center. Vol. I y III. Washintong, USA.

Springall Rolando y Mancebo del C. Uriel, 1974. Estudio de Acarreo Litoral frente a la Laguna de Cuyutlán, Colima. (2º Informe). Secretaria de Recursos Hidráulicos. México.