

10 2ej

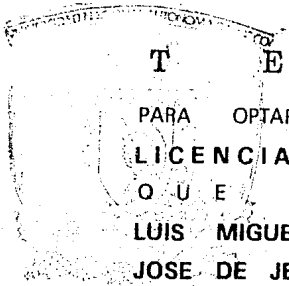


UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE FILOSOFIA Y LETRAS

FALLA DE ORIGEN

CAMBIOS GEOMORFOLOGICOS EN EL DELTA DEL RIO BALSAS



T E S I S
PARA OPTAR POR EL GRADO DE
LICENCIADO EN GEOGRAFIA
QUE PRESENTAN:
LUIS MIGUEL ESPINOSA RODRIGUEZ
JOSE DE JESUS A. FUENTES JUNCO



MAR 26 1990

SECRETARIA DE ASUNTOS ESCOLARES

CIUDAD UNIVERSITARIA, ABRIL DE 1990

FACULTAD DE FILOSOFIA Y LETRAS
COLEGIO DE GEOGRAFIA



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

INDICE GENERAL

INDICE.

INTRODUCCION.	5
CAPITULO I.	16
SISTEMA DELTAICO Y EVOLUCION.	
Morfología del delta.	19
Clasificación y descripción de la costa.	24
Procesos y formas:	27
- régimen del oleaje.	
- mareas.	
CAPITULO II.	44
SEDIMENTOLOGIA.	
Granulometría y resultados.	44
Características generales de los parámetros estadísticos por zona y período.	49
Movimiento de sedimentos.	63

CAPITULO III.	65
ANALISIS GEOMORFOLOGICO.	
Planos de olas.	66
Perfiles playeros.	71
Perfiles batimétricos.	80
Croquis geomorfológicos.	86
CAPITULO IV.	104
EVALUACION Y DIAGNOSTICO DEL DELTA.	
Relaciones.	105
Carta de energía litoral.	113
Carta de riesgos.	113
Alternativas de solución.	116
CONCLUSIONES.	119
BIBLIOGRAFIA REFERIDA.	126
APENDICE ESTADISTICO.	130

INTRODUCCION

Para poder entender desde un punto de vista objetivo la génesis, evolución y desarrollo actual de los diversos paisajes existentes sobre la faz de la Tierra, se han dado a conocer un sin fin de ideas para explicarlos. Uno de los enfoques más aceptados para trabajar sobre dichos paisajes, es la "teoría general de sistemas": la cual estudia los fenómenos desde un punto de vista funcional.

Esta teoría fundamenta que existe un equilibrio dinámico en todo sistema (sea este del tipo que sea) en el que existe una entrada y salida de energía de acuerdo a un balance determinado por el funcionamiento normal del sistema.

De esta forma, cuando dicho balance se ve afectado por alguna causa: el sistema llega a un punto tal de fragilidad, que puede romperse el equilibrio que lo sustenta presentando así un comportamiento que lo hace susceptible a cambios importantes en su estructura. Estos cambios pueden ser de carácter irreversible y en ocasiones se puede llegar a la transformación de un sistema natural cuando el cambio es muy profundo o fuerte.

Una característica típica de los sistemas, es cuando se ha roto el equilibrio -ya sea de forma natural ó por influencia antrópica- el mismo sistema tiene la capacidad para compensar o amortiguar el desequilibrio.

tendiendo ha recuperar su estado inicial.

Un ejemplo de éste tipo de sistemas es el delta del Rio Balsas. el cual se encuentra en términos de desequilibrio en su sistema y subsistemas.

Los sistemas deltaicos por su morfología, su génesis y los procesos que tienen lugar, constituyen uno de los sistemas naturales más interesantes desde el punto de vista geomorfológico, ya que involucran generalmente relaciones con las actividades humanas, y de ahí su importancia económica.

Estos sistemas presentan gran diversidad en su paisaje debido a diversos procesos y agentes modeladores que actúan en forma continua. Dichos procesos se producen por la acción de tres sistemas: el fluvial, el fluvio-marino y el marino, en los que la dinámica erosiva y acumulativa está sujeta a cambios importantes en el tiempo y en el espacio, cambios que a su vez repercuten en las actividades del hombre.

En las últimas décadas, estos cambios han transformado en forma considerable la morfología de la desembocadura del Rio Balsas. En este sistema deltáico, la actividad marino-fluvial es la más importante ya que el aporte de sedimentos por parte del río ha dejado de ser significativo (Ortiz,1985). Actualmente el delta se ve sujeto a procesos de erosión intensa y escasa acumulación. Esta situación se ve reflejada en todo el paisaje, por lo que afecta a una gran

parte de las actividades económicas (principalmente secundarias y terciarias) que se desarrollan en él.

Los cambios en la entrada y salida de energía (flujo hidráulico) y de materia (sedimentos), en el delta del Balsas, se deben principalmente a la construcción de las presas hidroeléctricas de "Infiernillo" y José María Morelos "La Villita" en 1964 y 1968 respectivamente. El desequilibrio en el sistema ocurrió cuando se presentaron cambios en el régimen de sedimentación de los brazos deltaicos por los efectos citados. De esta manera los antiguos aportes de material que llegaban a las bocas del río ahora se quedan en los vasos de las presas, ya que éstas constituyen trampas de azolves.

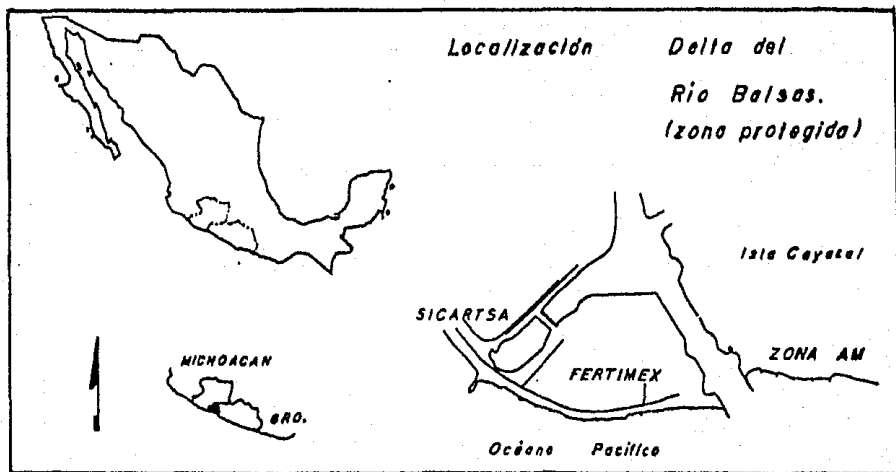
Así, al eliminarse el aporte de sedimentos continentales sobre el frente deltáico y por tanto, al minimizarse la actividad fluvial en la planicie costera; la energía del sistema marino, queda como el único modelador de la costa y causante de el carácter degradante de la misma; mismo que le es característico a partir de la construcción de las hidroeléctricas.

Debido a lo expuesto anteriormente, el objeto de este estudio, se centra por un lado, en el análisis de los sedimentos, en los procesos y agentes modeladores para poder sugerir algunas ideas preliminares que contribuyan a conservar la estabilidad del delta en la zona de playa protegida por espigones, y que corresponde a una parte de la

zona industrial de Ciudad Lázaro Cárdenas, en Michoacán, y por el otro lado se pretende determinar cuales son las zonas de la costa donde actúa la mayor parte de la energía del sistema que está influyendo sobre el modelado de la costa.

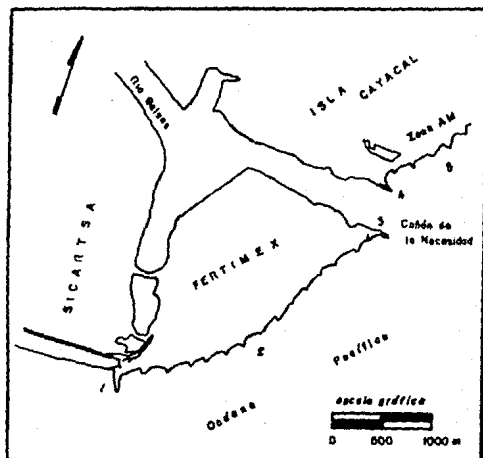
De esta manera, el trabajo fundamental de este estudio consiste en zonificar las áreas de depósito y degradación a lo largo de la línea de costa confirmando la dirección predominante del transporte de sedimentos así como establecer la distribución y textura de ellos.

Por otro lado, se verifica la dinámica de la línea de costa en las últimas cinco décadas (retroceso y avance) con respecto a la línea de costa de 1979 para presentar el diagnóstico actual del delta del Río Balsas desde el punto de vista del balance morfodinámico para entonces poder proponer algunas recomendaciones de solución al desequilibrio del sistema deltáico.



SPR INEGI 1983.

Mapa 1. Localización general de el delta del Río Balsas en los Estados de Michoacán y Guerrero. En él se pueden apreciar puntos de referencia como también los son SICARTSA, FERTIMEX y la zona AM en la isla Cayula.



Mapa de localización de los yacimientos SICARTSA, FERTIMEX y Zona AM en la isla de Cayacal, en el norte del Rio Quiro.

Por los números están referidos:

1. Asentamiento humano.
2. Restos de la plaza del Fajal.
3. Escollera Puñ.
4. Escollera Norte.
5. Sectores de la plaza del templo del Fajal.

ANTECEDENTES

Se han realizado algunos trabajos que se pueden considerar como antecedentes del presente estudio.

El primer trabajo realizado específicamente para estudiar la fisiografía del delta del Balsas, así como sus implicaciones geológicas corresponde a Gutiérrez Estrada (1971).

Otro trabajo es el realizado por Cervantes M. y Menrov S. (1985) en el cual se muestran las características sedimentológicas y del comportamiento del cañón submarino de La Necesidad; posteriormente, Ortiz (1985) realiza la morfometría del desarrollo progradante y degradante de las llanuras así como el de los brazos distributarios del río a partir de 1947 hasta 1982.

En forma más reciente, existen dos trabajos de Kalaviz S. y Gutiérrez E. (1989) en los cuales se abordan los cambios fisiográficos del delta, así como de su distribución de sedimentos; los cuales han servido para realizar un análisis comparativo de los cambios de formas, texturas y distribución de sedimentos. Finalmente, Lara (1989) realiza una proyección de la dinámica degradante del delta estimada para veinte años sin protección en la costa.

Estos trabajos han enriquecido el desarrollo de la investigación y han servido como referencia para el análisis

de todos los elementos que se encuentran presentes en el delta del Río Balsas.

METODOLOGIA.

Para satisfacer las necesidades de investigación y de los objetivos planteados fue necesaria la utilización de diversas herramientas: fundamentalmente, el análisis cartográfico, el muestreo de sedimentos y su análisis en laboratorio, además de las observaciones obtenidas en el trabajo de campo.

Inicialmente se conoció el comportamiento degradante y progradante del delta mediante fotografías aéreas escala 1:30 000 de la compañía Aerofoto y 1:25 000 del Instituto de Geografía de la UNAN.

También se trabajó con un ortofotomapa como base al trabajo cartográfico a escala 1:20 000 hasta alcanzar gran detalle con el objeto de lograr un análisis de mayor precisión; se utilizó como material de apoyo la carta Lázaro Cárdenas E13 - D19 y el fotomapa Lázaro Cárdenas E13 - D19A escala 1:20 000 de DETENAL (hoy INEGI).

Las fotografías aéreas base comprenden los años de 1943, 1958-1959, 1979, 1982, 1985 escala 1:30 000 y 1987 escala 1:10 000; con ellas se hizo la rectificación de la

inclinación de las fotografías aéreas. Por otro lado, y tomando en cuenta que la zona del delta es de topografía

plana se confiaron las mediciones en trazo realizado por medio del transferómetro y stéréostetch con el objeto de indicar cuál es la posición de la línea de costa para cada año en el que se obtuvieron los vuelos.

Después de obtener los cambios de la línea de costa para cada año, se realizó la medición de cada una de ellas con referencia a la línea de costa de 1979, ya que precisamente en ese año se iniciaron las obras de construcción para la conservación de la playa, y porque es un indicador modelo para estimar el avance o retroceso de la costa (Ortiz, 1985).

Para verificar el comportamiento de la costa, fué necesario elaborar un mapa con secciones de la línea de costa donde se muestra cada una de las líneas correspondientes con sus años para así visualizar, analizar y entender los cambios del delta, vistos en planta.

Posteriormente a este trabajo se cuantificó en km² la relación de aporte y pérdida de terreno por la erosión de cada año de estudio (1943, 1958-9, 1979, 1982, 1985 y 1987) teniendo como referencia la línea de costa de 1979.

Para cuantificar estos datos se hicieron observaciones a cada 0.5 km, a lo largo del frente deltáico proyectando transectos perpendiculares entre cada una de las líneas de costa en análisis, para así obtener los datos requeridos, de avance y retroceso del litoral.

El espaciamiento longitudinal fué escogido de esta manera de acuerdo a la escala base de trabajo: 1:20 000.

De esta forma, se evaluó cual ha sido el comportamiento del delta a través de los años, cuantificando las etapas progradantes y degradantes. De igual manera, para este trabajo se utilizaron de apoyo cartas temáticas, batimétricas e imágenes de satélite.

En campo se realizó el levantamiento de perfiles de playa. Estos fueron levantados a lo largo del frente deltaico protegido desde SICARTSA (espigón de Burras) hasta la Boca de La Necesidad y en la isla de Cayacal (zona AM) de igual forma. En cada uno de los perfiles fueron recolectadas de 3 a 4 muestras de sedimentos tomados de los primeros centímetros (de 0.0 a 15.0 cm aproximadamente), de las capas superficiales de la playa, según la técnica descrita por Emery (1958).

Las muestras fueron obtenidas principalmente en la línea de bajamar, zona de intermareas, línea de pleamar, postplaya y altaplaya y en aquellas áreas donde el perfil mostraba interés particular por evidencias de desequilibrio.

Al mismo tiempo, otras muestras fueron obtenidas a lo largo del litoral sin pertenecer estrictamente a un perfil determinado, principalmente en aquellos lugares donde fué imposible hacer el levantamiento del perfil. Todos los muestreos y seccionamientos están comprendidos desde la zona de antecosta (*foreshore*) hasta alta playa (*upland*). Ver figura 1.

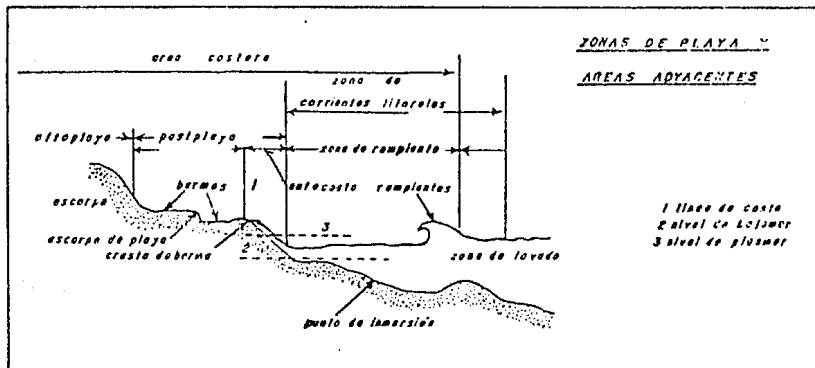


Figura 1. Se muestran las zonas de playa según Coates (1981).

En trabajo de gabinete se levantaron perfiles batimétricos en el delta submarino utilizando la carta batimétrica con equidistancias a un metro elaborada por la SARH (1979), los cuales se utilizaron como un elemento más de análisis en el presente trabajo.

Por otro lado, al necesitar más elementos de juicio para poder evaluar la acción de los procesos erosivos, específicamente del oleaje en su relación con el fondo marino; se determinó aplicar al mar una carta morfométrica denominada "carta de influencia del relieve submarino" que se basa en una carta de energía de relieve explicada por Lugo (1988); en ella se realizó un levantamiento de perfiles

para poder confrontar el relieve y la energía actuante del sistema como método auxiliar de trabajo.

Además se crearon dos cartas más para el análisis de las relaciones encontradas en campo y gabinete, estas son la "carta de energía litoral" y la de "riesgos", las cuales apoyan el trabajo anteriormente realizado, cuya explicación se proporciona en el *Capítulo IV*.

Por lo que respecta a la obtención de datos sobre el oleaje que actúa en el modelado del delta, y debido a las limitaciones encontradas para conseguir equipo apropiado, se recurrió a los datos publicados por CIFSA (1984). Esta compañía fué la que se encargó de realizar las mediciones de los parámetros morfodinámicos como la dirección del oleaje, tiempo de acción, transporte litoral, altura, periodos de las olas y planos de refracción del oleaje.

Con estos datos se establecieron relaciones entre la dirección, altura, periodo y tiempo de actuación de las olas graficados en planos bidimensionales para su interpretación.

Así mismo se interpretaron los planos de refracción editados por la misma compañía (op.cit).

El criterio con el cuál fueron tomadas las diversas publicaciones consultadas, está en torno al enfoque geomorfológico

Finalmente, el análisis textural de sedimentos realizado en laboratorio, se llevó a cabo conforme al

método establecido por Emery (1938) debido a que es un método seguro, rápido y confiable en el tratamiento de arenas; además el método de análisis propuesto por Emery es más indicativo de la erosión y la sedimentación ocurrida en la muestra.

CAPITULO I

SISTEMA DELTAICO Y EVOLUCION

Morfología del delta.

Clasificación y descripción de la costa.

Procesos y formas:

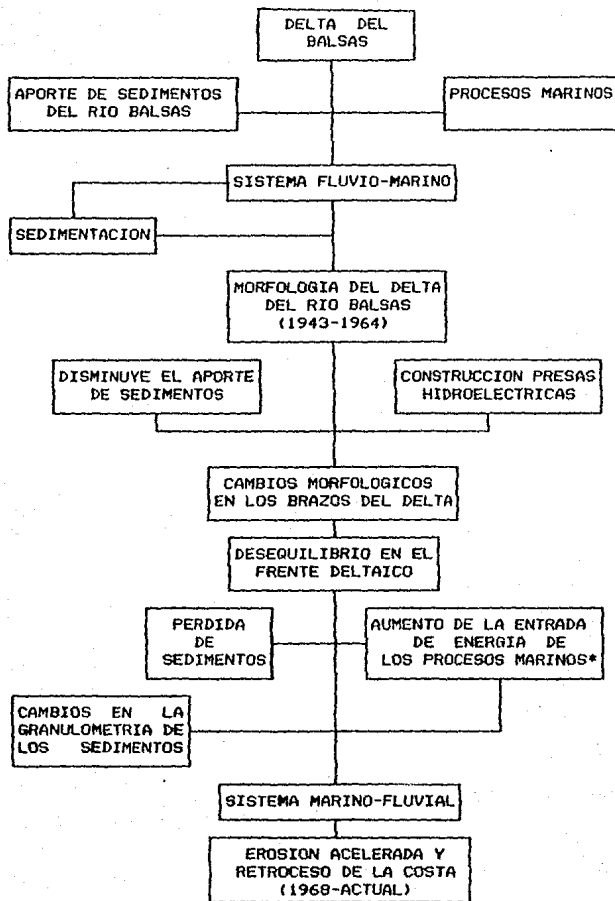
- *régimen del oleaje.*
- *mareas.*

El sistema deltáico visto como un sistema complejo, comprende por un lado, la entrada de energía dada por el flujo hidráulico y el material transportado; y por el otro lado, en correspondencia con su equilibrio, la salida de dicha energía expresada por el retiro balanceado de los mismos sedimentos.

Sin embargo, si se elimina el aporte de sedimentos y con ello, el carácter progradante del delta; el sistema fluvial queda desequilibrado como factor en el avance costero y es entonces cuando el mar, se convierte en el único elemento del sistema capaz de modificar e influenciar la costa.

Este sistema marino, se divide en subsistemas tales como el oleaje, que representa una fuerza de entrada al sistema y la costa es quien la recibe y amortigua; con esto se genera una corriente de resaca (*rip-current*) que implica la salida de energia de éste subsistema; como se indicó anteriormente, los otros subsistemas corresponden a las corrientes litorales, y mareas.

De forma más clara se pueden observar los diagramas de flujo que nos presentan estas condiciones de estabilidad e inestabilidad en valores de energia (Cuadro I).



* Resultado de la disminuc'ón en la carga del río.

El diagrama de flujo representa la dinámica del delta como se presenta actualmente y la concepción que de él se tiene para poder entonces abordar los cambios que ha sufrido con el tiempo.

MORFOLOGIA DEL DELTA.

Los principales cambios en la morfología del delta se debieron a los cambios de descarga de sedimentos en el sistema fluvial, provocando fluctuaciones en la distribución de la sedimentación, nulificando con ello el flujo de sedimentos en las bocas iniciándose de inmediato la erosión de la costa y deteniendo el avance progradante del litoral.

A raíz de la construcción de las presas hidroeléctricas "El Infiernillo" y José María Morelos "La Villita" ocurre un desequilibrio en el sistema fluvio-marino ya que se crean trampas de azolves interrumpiendo y disminuyendo el aporte de sedimentos nulificando con esto la expansión del delta quedando como única fuerza dominante la acción marina.

En el periodo de 1968 a 1979 la erosión se intensifica alrededor de las bocas del brazo derecho de forma particular en la Isla de Enmedio y Cayacal (CIFSA,

1984; Ortiz, 1985) ; esto se debe primordialmente al desequilibrio ocurrido en el sistema fluvial a partir de la creación de las hidroeléctricas, y es en este año cuando se realizan las obras de protección de la costa.

Para éste mismo año, Ortiz (1985) en comparación con 1958 realiza una medición del retroceso costero obteniendo un valor de 1 300 metros lineales con un retroceso anual superior a los 13 metros en promedio que provoca una migración de la costa estimada en 226 metros con respecto a la línea de costa de 1982.

La erosión está influida por la topografía del lecho submarino (ver carta batimétrica, en el apéndice al final del trabajo), ya que el fondo es somero y permite a la rotación de las olas hacer contacto con el piso marino, poniendo en suspensión parte del material depositado que se corrió de la playa hacia mar adentro como producto del lavado en la zona de vaivén (*wash*).

De esta forma se deduce que el trabajo erosivo comienza antes de llegar a la línea de bajamar desde el fondo submarino adyacente a la costa; o bien, en el caso donde no existe material depositado, el patrón orbital de las olas genera presión sobre el fondo trabajándolo continuamente y generando con ello la refracción del oleaje.

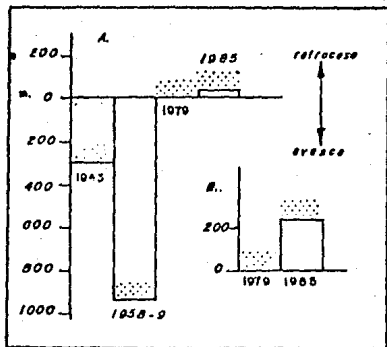
La alteración del sistema deltáico tiene repercusiones en toda la planicie deltáica, especialmente en la morfología de los brazos distributarios rompiendo el

equilibrio del patrón fluvial meándrico incidiendo, por un lado en la erosión de ambas márgenes; y por el otro provocando un decremento de la sinuosidad y longitud de los cursos fluviales al oradar verticalmente en el lecho del río, siendo éste el único trabajo que realiza el río ya que no transporta sedimentos gruesos eliminando así la saltación, flotación, y choque de Elliot, al llevar únicamente en suspensión y solución materiales muy finos.

Esto implica que no hay un gasto de energía en el transporte de sedimentos que provienen de las presas, aunque no elimina el retrabajo de los sedimentos depositados en el lecho fluvial del curso bajo hasta la desembocadura que abarca una longitud aproximada de 13 kilómetros lineales (Gutiérrez, 1971).

Como una evidencia en el cambio de condiciones fluviales a partir de las presas, antes de la construcción de ellas, los ríos registran valores de 17.5 y 16.8 kilómetros de longitud en su curso para decrecer fuertemente después y rectificar la trayectoria de 2 km y 300 metros (Ortiz, 1985).

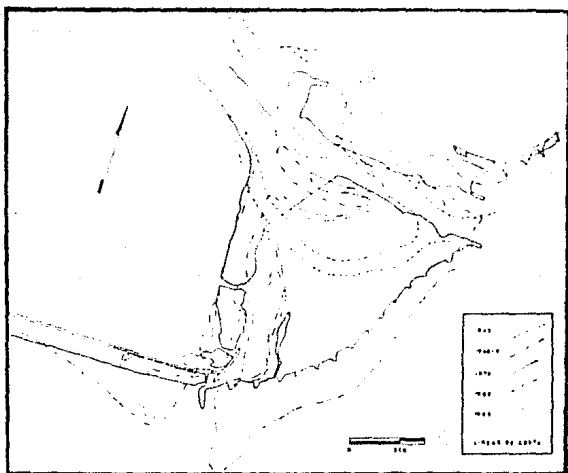
En el delta se distinguen dos fases muy claras: la primera, de carácter progradante detectada mediante la fotointerpretación y morfometría iniciada en el periodo de 1940 logrando sus valores máximos de avance hasta 1958-9; y la segunda fase, degradante o erosiva que se inicia con la construcción de las presas hidroeléctricas. (tabla 1)



A. Se muestran los valores de avance y retroceso de la costa para un punto determinado en diferentes años (FERTIMEX).

B. Retroceso más significativo de la línea de costa de 1985 respecto a la de 1979 (zona AM)

Al realizar las mediciones de las líneas de costa de 1943, 1958-9, 1982, 1985 y 1987 con respecto a la de 1979, se encontró un retroceso de la costa estimado de 2.922 km², el cual se manifiesta actualmente frente a las playas de FERTIMEX, SICARTSA y Cayacal (zona AM). (Ver mapa 3)



MAPA 3. Migración de la línea de costa en el Delta del Balsas para los años 1943, 1958-59, 1979, 1982 y 1985.

En campo se comprobó visualmente, un retroceso aún mayor en sectores del frente deltáico, los cuales por falta de vuelos y material fotográfico aéreo no se confrontaron con los datos anteriores, pero se midieron y registraron, siendo los sectores más representativos los que se encontraban frente a FERTIMEX y SICARISA.

CLASIFICACION Y DESCRIPCION DE LA COSTA.

Es una costa arenosa que presenta condiciones de inestabilidad facilitando la acción de los procesos de modelado exógeno, afectando con esto al sistema litoral en su desarrollo y morfología por la acción marina; parte de esta situación se refleja directamente en la superficie donde se presentan evidencias notables como la exposición de escalones de bermas.

La mayor parte de las bermas están conformadas por materiales poco consolidados y son evidencia de la influencia del oleaje erosivo, ya que éste último, corta ó disecta el perfil playero creando rupturas en las pendientes de la playa.

Este ejemplo representa en su conjunto una costa de retroceso con material poco consolidado, arenas y gravas que son fácilmente removibles por la acción de las olas y las corrientes.

La mayor parte de la costa ha sido protegida por rompeolas ó espigones en la zona de anteplaya (*foreshore*) para así mantener estable el estado de la línea de costa, disminuyendo de esta forma el accionar erosivo del oleaje y permitiendo una mayor depositación somera, ya que la fuente original de los sedimentos ha sido suspendida especialmente al cierre de la boca de Burras.

En la boca de La Necesidad existen escolleras para proteger la entrada del puerto industrial.

Es entre los espigones en la zona de anteplaya (foreshore) donde precisamente se encuentran los escalones de bermas, en general hacia el flanco izquierdo del espigón -visto en planta desde el mar- se nota en parte el inicio de sedimentación en forma somera, mientras que hacia el flanco contrario es más clara la erosión, siendo atacado con mayor fuerza por los procesos marinos. La acumulación que se presenta y la erosión en las márgenes se debe al oleaje que fluye en esa dirección: y principalmente, a la del transporte de sedimentos por las corrientes. (ver figura 2)

A partir de su construcción, el retroceso costero ha disminuido considerablemente en proporción a los últimos años, pero esto no quiere decir que se resolviera el problema erosivo, sino que sólo lo ha minimizado y éste continúa.

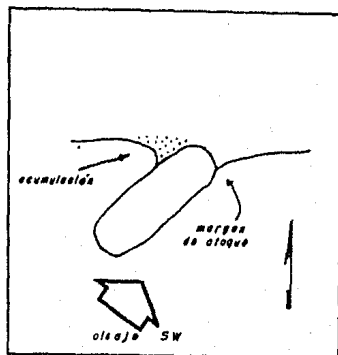
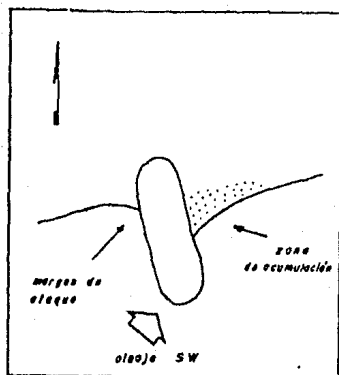


Figura 2-A. Acumulación y erosión en un espigón de la zona de FERTINEX.

ción y erosión en un espigón de la zona de FERTINEX.

Figura 3-B. Acumulación y erosión en un espigón de la zona AR.



Evidencias de ello se encontraron al realizar el análisis de las formas y procesos observados en el campo y que más adelante se detallan en el apartado de procesos y formas en la zona de espigones del presente trabajo.

PROCESOS Y FORMAS.

Oleaje: importancia, características.

Corrientes de retorno y litorales.

Formas: tipos, relación-oleaje, análisis.

REGIMEN DEL OLEAJE

El oleaje, como primer responsable de la morfología litoral y del modelado del frente deltáico, (debido al transporte litoral que efectúa) actúa en dos niveles principalmente:

En el primero, en que la influencia se manifiesta totalmente en la playa al romper estrepitosamente las olas dando lugar a formas características como los escalones de bermas, las fuertes pendientes, el lavado de la zona de vaivén, y como resultado de éstas: la clasificación del material removido en uno u otro sentido de la playa.

El segundo nivel es el relacionado directamente con el movimiento rotacional de las olas comúnmente circular, el cual se modifica al tocar fondo tomando su forma hacia la elipse, para de esta forma, ejercer mayor presión sobre el fondo y levantar el material que se

encuentra depositado para transportarlo y removerlo. (Figura 3)

En otras palabras, la transformación del movimiento rotatorio de las moléculas en movimientos sobre trayectorias elípticas, se convierten en trayectorias horizontales de atrás a adelante y viceversa (Guilcher, 1957).

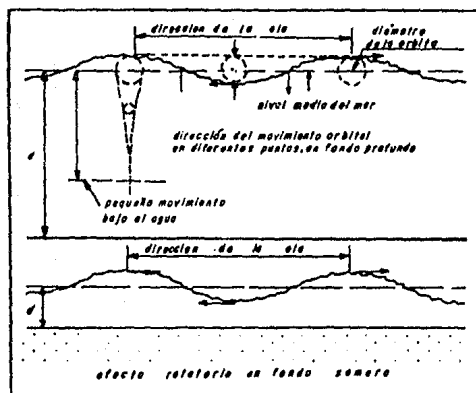


Figura 3. Movimiento rotatorio de las olas (Coster, 1961).

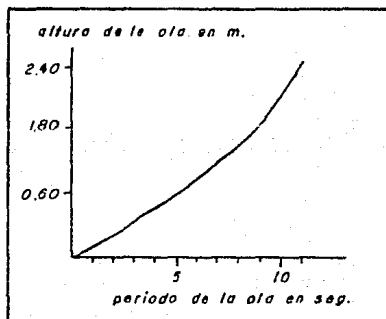
La energía que se produce en estos movimientos depende en gran parte de la altura, periodo y longitud que posea el oleaje, de ahí que el análisis del mismo esté en función de dichos factores y sea fundamental para establecer una relación entre la intensidad ó energía de las olas, los procesos a que dan lugar y la evolución de dichos procesos.

De esta forma, el oleaje que se presenta frente a la costa protegida del Delta del Rio Balsas, tiene en promedio, alturas que oscilan comunmente entre los 2.50m y

los 3.20 metros (CIFSA, 1985), las cuales siempre rompen en voluta; las direcciones principales con las cuales llega a la playa son S, SE, W y SW. Lara (1989) considera a la ola significativa alrededor de los 3.0 metros en promedio en las direcciones antes citadas y periodos similares.

De estas direcciones, los dos últimos rumbos son los más importantes en cuanto al modelado de la costa se refiere debido a la refracción a que es sometida, lo que provoca ángulos de incidencia mayores conocidos como rayos convergentes y con ello, mayor transporte.

Asimismo, los periodos del oleaje en las cuatro direcciones varían entre los 7, 9, 11 y 14 segundos alcanzando el oleaje la mayor altura en los valores de 9" y 11", mientras que en los valores de 7" y 14" no es significativo tal como se muestra en el cuadro N°.2 obtenido a partir de los datos aportados por CIFSA (1984).



Cuadro 2. Gráfico que muestra los valores de altura de la ola contra el periodo de la ola para la zona del Delta.

Datos: CIFSA, 1984.

Ahora bien, en cuanto mayor es el periodo de la ola, mayor es su altura; así el mayor volumen de metros cúbicos es transportado por periodos de 9" que alcanzan como altura mínima 1.80 m aproximadamente, lo que indica que en éste periodo la energía del oleaje se concentra de forma tal que se dispara el valor del volumen transportado de sedimentos (CIFSA, 1984).

Otro efecto de las olas es que originan corrientes de resaca, llamadas también rip currents (Sheppard, 1950); debidas sobre todo a una respuesta de equilibrio energético del oleaje, su presencia es factor determinante en las costas que evidencian una fuerte pérdida de sedimentos.

Para el caso del delta, la fuerza con la que estas corrientes regresan por la parte interna del oleaje es lo suficientemente capaz de arrastrar el material de las playas; movimiento que se incrementa por la existencia de fuertes pendientes litorales permitiendo que se pierda material (ver perfiles playeros y batimétricos en el Capítulo III) .

López G. (1972) en su estudio "Valuación del transporte litoral en una playa" infiere que el transporte es una consecuencia del perfil, debido a que la pendiente influye en la gradación y movimiento de sedimentos. En otras palabras; una mayor pendiente corresponde a un transporte transversal a la costa de sedimentos intenso y viceversa.

En el caso del Delta del Balsas, los perfiles levantados en invierno y verano indican fuertes pendientes que favorecen el transporte. (Ver perfiles playeros en el Capítulo III).

Sheppard (1950) en este sentido, destaca las corrientes de retorno como elemento primordial del movimiento de sedimentos (Foto 1.1); y Gilbert (1914), las considera como indispensables en la morfología playera. En el delta del Balsas, la presencia de estas corrientes se pueden observar en los diferentes mosaicos de fotografías aéreas que fueron utilizadas para realizar la morfometría del delta. (Foto 1.2 a y b)



Foto 1.1. Las corrientes que se destacan por su importancia en el adelgado de la playa por el transporte de sedimentos son conocidas como rip currents, las cuales tienen su origen en el oleaje; en la fotografía se aprecia un ejemplo de éstas en La Joya, California citada por Sheppard en 1973.

Con las fotografías aéreas de 1979 (DETENAL) a escala 1:30 000 se realizaron las mediciones de la longitud que alcanzan las *rip currents* en diferentes sectores de la playa, de esta forma se localizaron áreas de influencia e incidencia de las mismas: los valores obtenidos frente al espigón de Burras es de 250m. y frente a FERTIMEX oscila de 420 a 1 120 m. presentándose también un sector con 245 metros.

Finalmente, en la zona AM (que comprende desde la escollera norte del puerto en la isla de Cayacal hasta el último espigón localizado a unos 500 m. del brazo de San Francisco), la influencia de éstas corrientes toman valores que se encuentran entre los 175 y 245 metros.



Foto 1,2 a y b. En estas fotografías se presentan las rip currents en el delta del Río Balsas tal cual como las describe Sheppard.

De acuerdo con lo anterior, se puede precisar que los mayores efectos de las rip currents se presentaron en la zona de FERTIMEX (en su parte media), mientras que en la zona AM las consecuencias de la acción de éstas corrientes fueron menores.

Los efectos mencionados, van acompañados por la presencia de otro factor, que es el acarreo litoral el cual influye en el desequilibrio playero.

También llamado "corriente de deriva litoral", se genera por la acumulación y presión del agua al chocar el oleaje. Esto ocasiona un transporte longitudinal a la costa que va en función de la dirección del oleaje, y que trae

como consecuencia, la acumulación de material en uno de los flancos de los espigones, mientras el otro es erosionado.

Así, el movimiento de los sedimentos se da en forma de zig-zag, comúnmente conocido como efecto se sierra, en donde las partículas son llevadas a lo largo de la playa, subiendo por el declive playero en forma diagonal y bajando en dirección perpendicular al mismo por efecto de gravedad y el retiro de la ola.

Estas corrientes también tienen su carácter erosivo sobre el relieve submarino removiendo los materiales del fondo cercano a la costa.

MAREAS.

Por lo que respecta a las mareas, su influencia es evidente especialmente cuando se encuentran en el nivel de pleamar. Ello se debe a que, existe un régimen de intermareas mixta (dos cambios en 24 horas, por la mañana y la tarde); la oscilación máxima que se genera es aproximadamente de 30 centímetros (Anuario de Mareas, I. Geofísica UNAM).

El efecto que produce en la playa se evidencia en la formación de pequeños surcos de mareas influenciados a la vez por el oleaje y la marea, que facilitan la pérdida de material hacia el mar. En el caso de las playas, dichos surcos fueron observados en campo, tanto en invierno como en verano; y en éste último período se pudo observar uno en especial que invadía la parte del terraplén de las vías de ferrocarril, junto con las instalaciones de FERTIMEX (ver foto 1.3).



Foto 1.3. Es evidente la forma en la cual se ha modelado la playa por surcos de mareas en este caso, se encuentran dentro de los límites de FERTINEX (hasta donde se encuentra la persona). Es muy claro que el modelado de la playa, se encuentra ya en el terraplén de las vías del ferrocarril y a una escasa distancia de éstas.

Aún cuando este tipo de modelado no sea muy importante en el delta, sí es preocupante que un régimen de mareas como éste, que en condiciones normales pasaría inadvertido; tenga aquí la energía para crear pequeños surcos. Quizá, esto se deba a los cambios de velocidad de las corrientes cerca de las bocas que posee el Delta. De cualquier manera, su influencia es perceptible en microformas y pequeños surcos que reflejan claramente el desequilibrio del perfil playero.

FORMAS.

Las diferentes expresiones elementales encontradas sobre las playas, a pesar de ser consideradas como microformas, no solamente juegan un papel de valor estético; en principio, son elementos funcionales que se comportan como evidencias de erosión ó bien acumulación de material en una playa.

Para el caso de estudio, funcionan básicamente para reforzar el análisis cuantitativo de las variables en la costa. El objeto de su presencia dentro de este apartado, es para lograr un análisis objetivo, funcional e integral de la costa en todos sus componentes.

En cuanto a su presencia se refiere, su importancia radica en la distribución espacial y disposición a lo largo de la playa estudiada; y aún más importante es la densidad de ellas, que aumenta conforme se incrementan las pendientes en los perfiles de playa, manifestandose de igual forma sobre el material constituyente.

Así mismo, su frecuencia es mayor en las zonas donde se encuentra la parte que es actualmente más susceptible a la erosión; y por ende, donde se encuentra una gran cantidad de energía en el sistema. (ver carta de energía litoral, croquis geomorfológico y carta de riesgos).

Ahora bien, de estas formas no sólo se encuentran sobre la zona de lavado de la playa (*wash*) que está expuesta continuamente a los agentes modeladores; sino que también se

distribuyen fuera del alcance normal de éstos, aunque su cantidad sea menor.

También hay que considerar que todas las formas reflejan condiciones de energía actuante en el sistema, y de ahí la importancia de considerarlas como una herramienta más de análisis para el desarrollo del trabajo.

Finalmente, el análisis de las formas en las playas constituye un elemento básico para la obtención tanto de la carta de energía litoral como la de riesgos.

De esta manera, las formas elementales originadas por la acción del oleaje sobre la playa, reflejan el grado de erosión de la costa, ya que no se apreciaron formas acumulativas importantes y de aquí que sea necesario identificarlas para entender la dinámica del oleaje.

Las olas que actúan en las playas del delta del Balsas originan una morfología especial o particular en la playa produciendo una excavación vertical debido a que rompen en voluta.

Con esto se produce un efecto de rodadura, diseminación, saltación, selección del material en el vaivén, suspensión de los sedimentos (al romper y embestir la ola), depósito final y efecto de erosión durante el descenso laminar de retroceso de los materiales playeros. (Guilcher, 1951)

Estos procesos originan escalones de bermas ó de playa; que son importantes como indicadores del desequilibrio en una playa y que en el delta se encontraron

durante los dos periodos (ver croquis geomorfológicos) localizándose generalmente en las zonas de mayor incidencia del oleaje.

Aquí, es importante destacar que dichos escalones de bermas evidenciaron pendientes que iban de los 80° a los 90° en las caras expuestas al golpeteo de las olas, incluso algunos de ellos presentaron socavación provocando con ello el derrumbe de material y por consiguiente una dinámica mayor.

También se encontraron formaciones como los "rombos" -*mark wash large*- (ver foto 1.4) y "cuspiditos"; los primeros, evidencian un transporte de sedimentos arenosos sobre la playa en forma de zig-zag. Los segundos son puntos donde se encuentra la energía del oleaje y ataca las márgenes expuestas formando sobre la playa medias lunas orientadas hacia el mar (Sheppard, 1973). Asociada a ésta forma, y muy semejante con la excepción de que se presenta en una pendiente casi plana se generan las parábolas litorales que de cierta forma, como se indicó, reflejan puntos de concentración de energía.

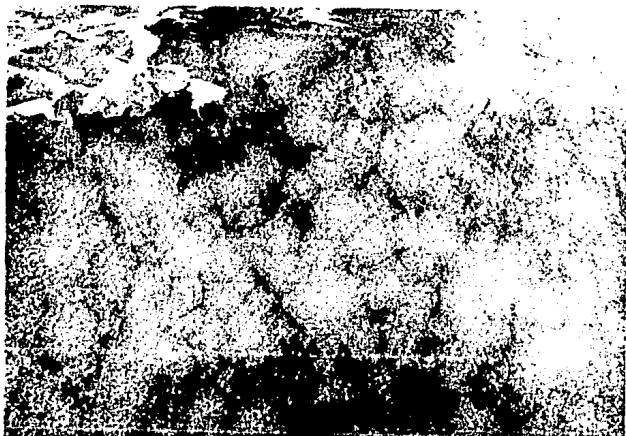


Foto 1.4. Es sobre la superficie de la playa donde se graban con facilidad los "roabos" (marks wash large), los cuales son evidencia del transporte en zig-zag de los sedimentos en la playa.

Así mismo, como resultado de la pendiente de la playa y la incidencia del oleaje y las mareas se originan formas llamadas "bajiales" ó "nichos" que reflejan en buena parte los efectos de la acción conjunta de éstos elementos (ver croquis, sector L).

Además se encontraron frecuentemente "cuernos de Grava" (cups marks) -ver foto 1.5-, los cuales son indicadores de una fuerte erosión por las pendientes que presentan y el material que las constituyen así como su misma forma (Sheppard, 1973); dentro de la superficie de la playa también se encontraron continuamente formas

debidas a zonas de lavado posterior al material existente llamadas *back wash marks*, -ver foto 1.6- (Sheppard, 1973).

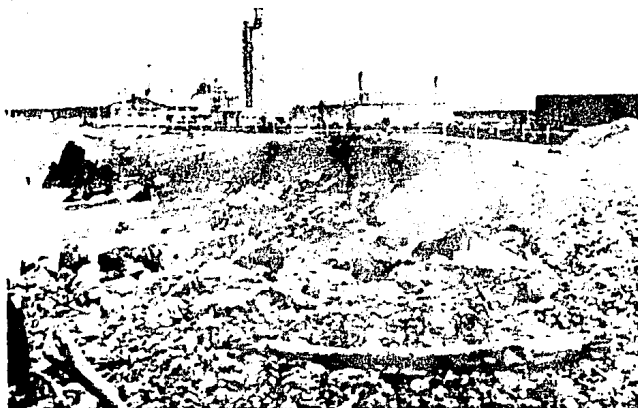


Foto 1.5. Una de las evidencias más claras de desequilibrio en una playa expuestas por Sheppard, es la formación de los cuernos de grava (cup marks) como el que aquí se encuentra en las playas de FERTIMEX.



Foto 1.6. En los bach wash largo se aprecia el trabajo erosivo que se presenta en las playas del delta del Río Balsas, es importante destacar como en la parte posterior de los cantos rodados se encuentra una horadación como producto del oleaje. Esto se encuentra con mucha claridad en la parte superior izquierda de la foto 1.4.

Una consideración muy importante es que todas estas formas, que son muy comunes a lo largo del sector en estudio, se encuentran en el mayor número de las veces sobre pendientes muy fuertes que llegan a alcanzar valores arriba de los 30° ; todas ellas se presentan sobre arenas medias a gruesas y sobre todo en playas constituidas por gravas, guijas y cantos rodados (Wentworth, 1922 y 1933).

Por otro lado, las formas características ocasionadas por el viento encontradas en el litoral, fueron

los "ripples", que son acumulaciones someras de arenas y que no influyen para este caso en el modelado erosivo de la playa. Además de los *ripples*, el viento llega a modificar parte de las bermas activas en su escalón; así como en las bermas fósiles, desgastándolas por efectos abrasivos.

Es necesario aclarar que estas formas se presentan a lo largo de toda la costa pero que su carácter es temporal, es decir, que pueden modificar su lugar de acción conforme transcurren los periodos de invierno y verano. Podemos resumir que las formas del litoral están sujetas a la morfología del fondo cercano a la costa, a la exposición de los materiales constituyentes y a la composición y tipo de las mismas.

CAPITULO II

SEDIMENTOLOGIA

*Granulometria y resultados.
Características generales de los parámetros estadísticos por zona y período.
Movimiento de sedimentos.*

GRANULOMETRIA Y RESULTADOS

El análisis de sedimentos en cuanto a su tamaño y distribución, constituye uno de los aspectos fundamentales del presente trabajo, ya que en función del comportamiento de los sedimentos, se puede establecer una relación entre la energía que actúa y los sedimentos transportados.

Al mismo tiempo, ésta relación energía-sedimentos (que incluye su tamaño y distribución) permite una mayor comprensión de los procesos actuantes así como del ambiente de depósito y la forma como se modifica; además se pueden ubicar las zonas de mayor influencia del oleaje.

Para este trabajo, se realizó la clasificación de los sedimentos en función de su tamaño inicialmente, por que ésta propiedad física de los granos permite conocer la respuesta del delta a la energía del oleaje actuante.

La escala de tamaños utilizada, es la obtenida por Wentwort (1922 y 1933) que clasifica a los sedimentos por su tamaño desde 2 048 mm. para cantos rodados muy grandes (y que en este trabajo se le denominan bloques), hasta las arcillas de 1/256 mm.

El reflejo numérico de los tamaños obtenidos para cada muestra, se realizó de acuerdo a la escala logarítmica de Krumbain (1934) también denominada escala de phi (ϕ), la cual permite utilizar valores positivos para el caso de las arenas y materiales finos. De esta manera, la clasificación de muestras se llevó a cabo mediante la técnica descrita por Emery (1938) para el tubo de sedimentación en el caso de las arenas.

No se presentaron muestras de diámetro menor a 0.125 mm.; y las muestras mayores a 2.0 mm. se registraron visualmente en campo sin realizarse el análisis por tamices.

De la curva acumulativa a partir del análisis granulométrico de las arenas, se obtuvieron los parámetros estadísticos correspondientes.

Estos parámetros fueron obtenidos de acuerdo al método descrito por Inman y Chamberlain (1955), y son los que a continuación se mencionan: Diámetro promedio gráfico de phi, grado de clasificación (sigma de phi), coeficiente de asimetría (skewness de phi), desviación estándar y curtosis.

A partir de los estadísticos obtenidos, se relacionaron e interpretaron las características de los parámetros citados por cada perfil en que se colectaron las muestras.

Las muestras fueron colectadas en la parte del área costera que va desde la antecosta (en el límite de bajamar aproximadamente), hasta la zona de altaplaya (ver figura 1).

En ésta área se levantaron perfiles y se muestrearon cinco puntos de cada uno, correspondiendo aproximadamente a los niveles de bajamar, intermareas, pleamar, postplaya y altaplaya; que para efectos de descripción, se utilizan dichos términos en este trabajo.

Texturas:

La textura de las muestras, corresponde a arenas exclusivamente para los cinco grupos muestreados durante ambos períodos de estudio.

Curvas de Frecuencia:

Las curvas de frecuencias se usaron por presentar un cuadro más real de la distribución granulométrica para cualquier sedimento; además, según Pettijhon (1963) una curva de distribución de frecuencia acumulativa, permite establecer si un sedimento está bien ó mejor seleccionado que algún otro depósito, además de poder determinar la selección que pueda tener.

Para el caso que nos ocupa, las curvas obtenidas a partir de los datos muestreados, se presentan en el apéndice A.

Como primer característica, se observa que son bimodales y polimodales: lo que nos habla en primer instancia, que los sedimentos han tenido gran movilidad, por lo que la clasificación deberá estar entre los rangos de bien clasificados a pobremente clasificados. Lo anterior, coincide con Gutiérrez Estrada (1971) quién también halló muestras de arena con curvas polimodales.

Por otro lado, las muestras se pueden considerar platicúrticas debido a su distribución en la punta de la curva acumulativa, mostrando con ello, una clara tendencia a conformar sedimentos más gruesos.

Lo anterior se determina porque la mayor parte de los picos ó modos máximos (Pettijhon, 1963) se ubican a la izquierda del valor de 2ϕ (ϕ_1). En otras palabras, las concentraciones máximas de la muestra corresponden a valores que caen dentro de la clasificación de arenas medias y gruesas.

Ahora bien, se puede observar que las curvas acumulativas, que no hay una diferenciación básica en el comportamiento de las muestras entre cada periodo; lo que refleja en cierta medida ambientes de depósitos semejantes, ó por lo menos una influencia también semejante del oleaje.

Por último, cabe decir que las curvas acumulativas permiten obtener algunas conclusiones generales del comportamiento de los sedimentos y el oleaje que en ellos incide:

1. El comportamiento polimodal y bimodal de las curvas

indica que las arenas han sido sometidas a fuertes movimientos en su ambiente sedimentario, por lo que cabe esperar una tendencia a conformar sedimentos gruesos.

2. Lo anterior puede considerarse si, sabemos que los picos se ubican en su mayoría por debajo del valor de 2ϕ ; esta interpretación de las curvas permite observar que en realidad existe una concentración de la muestra en valores menores de ϕ .

3. No existe un comportamiento definido que diferencie a cada zona del perfil, excepto que la tendencia a valores menores de ϕ es más evidente (aún cuando no es muy marcado) en las zonas de postplaya y altaplaya.

Por lo que respecta a la clasificación general de los granos, la tendencia general indica que son arenas bien clasificadas, además de encontrarse algunas particularmente muy bien clasificadas.

CARACTERISTICAS GENERALES DE LOS PARAMETROS
ESTADISTICOS, POR ZONA Y PERIODO.

PERIODO DE INVIERNO.

Zona de Bajamar: En esta zona la distribución de las arenas se encuentran en términos finos de ϕ ; de carácter asimétrica y negativa. Existe una diferencia entre el diámetro general de los sedimentos y el número de ocurrencia a lo largo de la zona muestreada; en otras palabras, existe una tendencia hacia tamaños más gruesos de las arenas, por lo que su distribución se proyecta hacia los umbrales de las arenas medias (2ϕ).

Por lo que respecta a la distribución de sedimentos dentro de la campana de Gauss se presenta una curva platidórtica con valores negativos, lo que quiere decir que la distribución de las partículas es heterogénea en toda la muestra, repartiéndose uniformemente a partir del diámetro medio. (ver apéndice A)

De la desviación standard se muestra un estrechamiento muy claro hacia la mediana U.3 σ , lo que implica también una homogeneidad de la muestra hacia los valores centrales pero con una clara inclinación hacia los valores de sedimentos medios expresada por el carácter negativo de la desviación standard.

Zona de Intermareas: Para esta zona también existe una zona bien marcada de asimetría a lo largo del recorrido de todas las muestras, en general este valor se mantiene constante para todas las muestras.

El hecho de que todas las muestras sean negativas, permite suponer que se trate de muestras homogéneas con tendencia a valores de diámetro más gruesos.

La curtosis de dichas muestras también se presenta en forma homogénea. De esta forma tenemos una representación platicúrtica en la campana de Gauss y por tanto, asimetría negativa.

La desviación standard es también de valores pequeños, lo que indica una concentración de material circunscrita a las arenas medias, y por ende, material heterogéneo que va de muy bien clasificado a bien clasificado.

Zona de Pleamar: En esta zona la distribución de arenas tiene la tendencia más fuerte hacia las arenas gruesas, ya que en términos de phi encontramos valores cercanos a 1.5 y la mayoría de las muestras se encuentran por debajo de 2.00ϕ .

Las muestras obtenidas en esta parte de la playa son asimétricas negativas que presentan un valor medio de -0.44, esto indica cierta composición semejante en las arenas que no se pueden definir necesariamente como

homogéneas; existe un comportamiento muy similar de todas las muestras que estén orientadas hacia el valor de -0.31 presentando una curva platycúrtica en cuanto a su distribución.

La desviación standard presenta, igual que en las demás zonas, valores pequeños y negativos indicando con ello que su tendencia es hacia valores de grano grueso. Asimismo, las arenas de esta zona se encuentran bien clasificadas a excepción de tres muestras que son moderadamente bien clasificadas.

Zona de Postplaya: Para esta zona se registraron arenas medias cuya distribución fué asimétrica y cuyos valores extremos son de -0.15 y -1.32 siendo el valor más común de -0.18 , significando con ello una variación significativa en el tamaño de los granos que componen esta sección de la playa, además de que la característica principal de esta asimetría es su valor negativo.

En cuanto al comportamiento de la curva, se presenta igual que en las anteriores, una forma platycúrtica. Además la desviación standard concentra la mayoría de los valores con tendencia a valores menores en términos de ϕ .

De la clasificación de las muestras se observa que la mayoría están bien clasificadas y sólo tres se encuentran muy bien clasificadas.

Zona de Alta Playa: Las muestras obtenidas en esta zona, no se encuentran alejadas estadísticamente de las anteriores, y especialmente de la zona de postplaya; sus características son muy semejantes: asimetría negativa y curva platicórtica.

La desviación standard es realmente muy pequeña y negativa marcando una clara tendencia a las arenas medias, aún cuando la mayor parte de las muestras se localizan entre los umbrales de arenas finas y medias. Dicha tendencia se detecta al observar el valor de la moda que es de 1.82.

Sin embargo, quizás lo más característico de estas muestras es su clasificación a lo largo de las playas muestreadas, ya que sólo tres de ellas están muy bien clasificadas; otras tres bien clasificadas y otras tres moderadamente bien clasificadas.

PERIODO DE VERANO.

Zona de Bajamar: la curtosis, en general las muestras de esta parte del perfil presentan valores negativos (casi en su totalidad), esto indica por consiguiente que son muestras muy platicórticas, cuyos valores son positivos, aproximándose a más normales, pero sin dejar esta forma en la curva.

Sin embargo, es de hacer notar que los valores negativos oscilan entre -0.755 y -0.3052 y los

positivos de 0.0108 y 0.1111; lo que no indica valores cercanos entre sí, permitiendo observar una gran homogeneidad en las muestras coincidiendo con los valores medios de cada una de ellas.

El coeficiente de asimetría como en el caso anterior, los valores encontrados son negativos, agrupándose alrededor del valor -0.7 lo que indica homogeneidad en cuanto al grado de asimetría. Mientras que los valores negativos nos indican que las curvas de distribución están cargadas a la izquierda de su valor medio; sin embargo, como los valores están próximos al cero la asimetría que presentan es poco pronunciada, pero que tienden a valores de ϕ menores o negativos (los valores de arenas medias y gruesas más que las finas).

Con valores en la desviación standard que van desde -0.14 a -0.42 , se puede inferir que no existe un gran alejamiento de la distribución de las arenas con respecto a la media, por lo que su distribución es homogénea confirmando las interpretaciones obtenidas a partir del análisis de la curtosis y el coeficiente de asimetría.

En otras palabras, las muestras presentan valores muy semejantes entre sí, correspondientes a distribuciones paralelas y continuas en la zona de bajamar con tendencia a valores menores en términos de ϕ .

Zona de Intermareas: Los valores de la curtosis para las muestras de esta zona son todos negativos, por lo que la curva que presentan es de tipo platycúrtico.

De igual manera, el coeficiente de asimetría obtenido para cada muestra, permite apreciar curvas asimétricas inclinadas a la izquierda de la media lo que indica su tendencia a valores menores de ϕ .

De acuerdo con lo anterior, la desviación estándar corresponde a valores cercanos de 0; es decir, que existe una distribución homogénea del material en torno a los valores medios y más específicamente alrededor de la moda.

Zona de Pleamar: En general, se trata de muestras muy platycúrticas con valores muy heterogéneos que van desde -0.086 hasta -0.671 con una marcada tendencia a valores de -0.30 lo que nos puede indicar que se trata de muestras que han sido sometidas a fuertes movimientos diversificando su composición textural y granulométrica dentro de rangos de diámetro tendientes a arenas medias.

Debido probablemente a lo anterior, las muestras tienen comportamientos que permiten valores negativos en el coeficiente de asimetría igualmente heterogéneos, confirmando de esta forma un ambiente de depósito en condiciones de gran movimiento (tal como se

esperaba) y por lo mismo, indicando condiciones de desequilibrio o de valores altos en la entrada de energía que los mueve, los transporta y los erosiona.

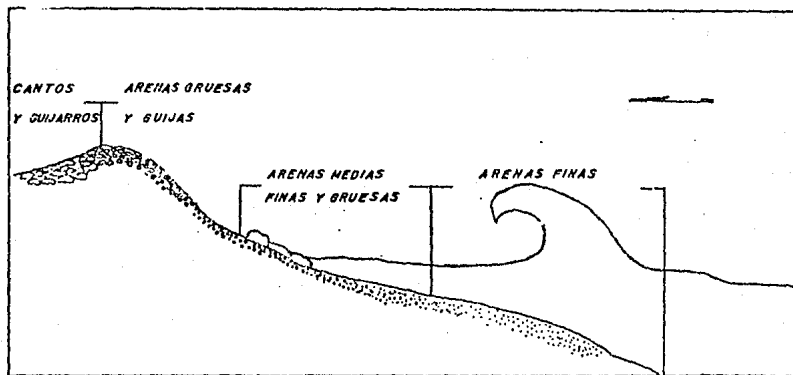
A pesar de esta heterogeneidad, las muestras se agrupan alrededor de la media; es decir, que la curva que presentan posee una distribución normal.

Zona de Postplaya: Los valores que presentan este grupo de muestras nos define una clasificación muy platicúrtica para las mismas; y una primera aproximación permite caracterizarlas como muestras con tendencia a presentar una clasificación muy pobre y por consiguiente valores negativos en sus demás parámetros. Como en el caso anterior, los valores negativos indican para el coeficiente de asimetría, la evidencia de condiciones inestables en el depósito y por lo mismo, tendencia hacia los valores menores de phi.

De esta manera, siendo la zona de postplaya aquella que recibe movimientos del oleaje que permite el transporte por saltación de las arenas, es lógico esperar valores negativos que por un lado, indican la presencia de arenas casi exclusivamente y por el otro, la tendencia de éstas a valores de diámetros más gruesos.

También en este caso, las muestras se agrupan en torno a la media, indicando con ello un proceso continuado y constante del retrabajo del material motivado por un desequilibrio entre el depósito y el transporte.

Por último, todo lo anterior demuestra que la tendencia a valores de arenas medias es mucho más evidente en esta zona que en las anteriores lo que nos lleva a considerar que existe una graduación del material a todo lo largo de la playa (desde la zona de bajamar hasta alta playa) en sentido descendente en términos de valores de phi; coincidiendo con esto los valores encontrados para alta playa. (ver dibujo 1)



Dibujo 1. Gradación del material en playas más sensibles al oleaje.

Resumiendo la interpretación de las características estadísticas destacan como muy importantes estos puntos:

1. Existe una clara tendencia de las arenas a conformar depósitos arenosos de mayor diámetro. (Ver carta de Distribución General de Sedimentos)
2. Un coeficiente de asimetría poco marcado como resultado de la mezcla de arenas medias, finas y gruesas.

3. El promedio matemático muestra en forma ideal que, dicha mezcla provoca que los sedimentos se encuentren bien clasificados.

Finalmente, tomando en cuenta lo anterior, se pueden determinar los siguientes puntos:

1. El tamaño de los granos se encuentra en torno a las arenas medias, las cuales tienen una inclinación de concentración hacia las arenas gruesas y gravas; de las cuales varían sus tamaños desde las guijas hasta los cantos rodados medianos y grandes.

2. En cuanto a su distribución granulométrica, la mayor parte de ellas (clasificadas dentro de las arenas medias) se encuentran en proporción cada vez mayor en las zonas de pleamar, postplaya y alta playa respectivamente, mientras que las arenas más finas se localizan invariablemente en las líneas de bajamar e intermareas .

3. En general, la distribución textural es muy homogénea a lo largo del delta en su parte protegida (en función de los procesos de depósito). De esta manera, presenta bandeamientos paralelos -inferidos a partir del muestreo comparado con la granulometría resultante- .

4. A partir de lo anterior, al realizar el análisis de un perfil sobre la playa. (ver fotografía 2.1) se puede apreciar claramente que existe un trabajo energético que presenta concentraciones en algunos puntos determinados, graduando con esto la energía de trabajo a lo largo de los periodos de verano e invierno.

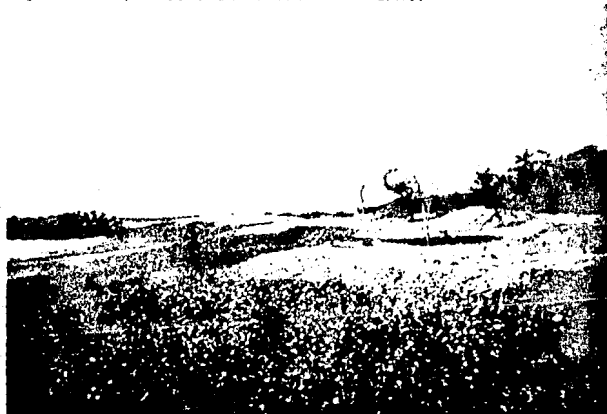
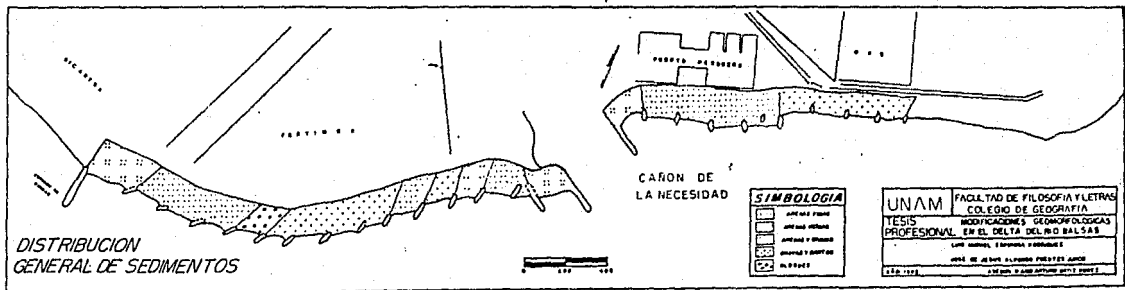


Foto 2.1. En esta sección de la playa se muestra claramente el tipo de material constituyente el cual, está compuesto en su mayoría por gravas, y algunas arenas en las partes más bajas en foreshore.

5. De aquí que se observe, que conforme se aleja del nivel de bajamar (foreshore) hacia tierra adentro (en up land), los sedimentos van aumentando su tamaño progresivamente su tamaño en forma ordenada y continua.

Este cambio granulométrico es importante porque proporciona evidencias de la energía que actúa en las playas.



6. De acuerdo con el tamaño de los sedimentos, en todas las zonas se aprecia un trabajo del oleaje sobre la costa en forma continua.

7. Para la zona de alta playa, la presencia de los granos más gruesos implica fundamentalmente dos cosas, primero, que es una parte donde la acción marina tiene una menor influencia continua y directa; pero segundo, que es evidencia de una mayor energía de acción característica de períodos extraordinarios (tormentas).

8. A pesar de una concentración de energía por los procesos; existen algunos sectores del delta donde su captación y/o susceptibilidad a dichos procesos es mayor, dichos sectores se muestran en la siguiente tabla:

SECTOR	ZONA DE LA PLAYA MAS AFECTADA	ANGULO DEL PERFIL
B	Intermedias	30 - 44
CH	Bajamar	30 - 44
N	Bajamar	45
M	Pisamar y postelaja	0 - 15 +45
O	Bajamar y pisamar	0 - 15
P	Bajamar	45
R	Intermedias, pisamar y postelaja	45 +45
S	Postelaja y altaplaya	11 - 30

Tabla 2.2: Relación entre la susceptibilidad de sectores playeros y la inclinación del perfil. El sector que se indica, corresponde a la letra asignada para cada uno de los cronos.

10. Existe, durante el período invernal una clase de sedimentos uniforme a lo largo de la costa protegida (esta uniformidad también se aprecia en aquellos

lugares donde la concentración de energía es mayor y por tanto, donde hay clara evidencia de erosión).

11. Al existir un mayor ángulo de reposo, el material constituido también por gravas, está más expuesto al ataque de la acción marina uniéndose con ello un punto más hacia la concentración de energía entre los espigones.

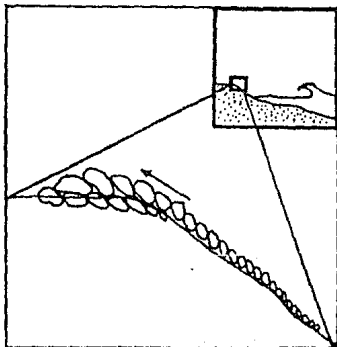
12. Es importante señalar que frecuentemente, se hallaron playas constituidas también por gravas, mismas que fueron recolectadas también. En dichas playas fué imposible coleccionar muestras arenosas.

Estos cambios en la granulometría de los sedimentos del delta, refleja por un lado una gran energía del oleaje, y por el otro un desequilibrio visible del sistema al presentarse un retroceso de la costa a través de los años.

Además, la disposición de gravas ó guijas: uno apoyado sobre el otro -imbrincados- con dirección hacia el mar indica que existe un proceso erosivo litoral muy fuerte. (ver fotografía 2.2 y dibujo 2).



Foto 2.3. Esta fotografía tomada del "Coastal Applied Geomorphology" muestra el sentido y la orientación que presentan los sedimentos depositados en una playa, lo que comúnmente se le conoce como tabricamiento.



Dibujó 2. Sección de un perfil playa mostrando el sentido del tabricamiento de los conchas y gravas.

13. Los sedimentos a lo largo de la zona muestreada se encuentran bien clasificados, ello indica:

a) la energía constante sobre el delta, la cual mantiene un trabajo puntual sobre los diversos sectores de la playa generando el movimiento constante de los sedimentos, por lo que rompe de esta manera el equilibrio del depósito de arenas.

b) no hay diferencia muy clara entre los periodos de invierno y verano en los procesos sedimentológicos del delta, ello provoca la alteración del sistema debido a que el oleaje actúa de la misma forma; en términos de sistema, el flujo hidrodinámico (entrada de energía) no tiene respuesta en el flujo de sedimentos (salida de energía).

c) Estas dos alteraciones nos indican que el sistema deltáico, se encuentra en desequilibrio.

14. Los sedimentos trabajados por el oleaje son vertidos hacia los cañones contiguos al delta, los cuales funcionan como una trampa de azolves (Ortiz, 1985).

Lo anterior refleja claramente la problemática de la costa: sedimentos trabajados por el sistema marino que se pierden sin que exista un amortiguamiento por parte del sistema fluvial.

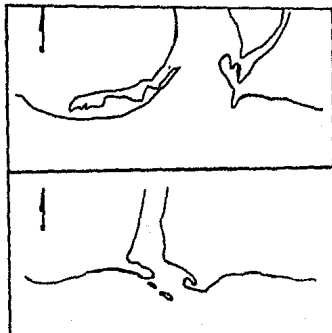
En otras palabras, los sedimentos de las playas son conducidos hacia las zonas profundas de la costa, perdiéndose irremediablemente sin posibilidad de renovarse naturalmente debido sobre todo a la pérdida de carga en el transporte fluvial.

MOVIMIENTO DE SEDIMENTOS.

Como ya se indicó, a través del estudio de las texturas de los sedimentos durante los periodos establecidos de invierno y verano, se encontraron cambios significativos en cuanto a las texturas y distribución que registró Gutiérrez Estrada (1971). En la parte frontal del actual delta, se presenta el trabajo de material *in situ* el cual fué depositado durante los diversos procesos y etapas fluviomarinas que le dieron formación; de este depósito, se ha hecho una clasificación en el trabajo de material por parte del oleaje, zonificando en forma regular los diversos sectores que componen la playa: los cuales presentan un comportamiento textural más o menos bien definido y uniforme.

Por lo que corresponde al movimiento propio de sedimentos, se encuentra un desplazamiento hacia el Este como producto del oleaje y las corrientes playeras (Gutiérrez Estrada, 1971). Esto se ha verificado actualmente por medio de la fotointerpretación, ya que cuando se contó con el apoyo de fotografías aéreas se encontraron un total de 16 barras en las bocas, abarcando un periodo de presencia comprendido de 1943 a 1987 en forma temporal; siendo diez de ellas las que justamente se orientan en esa dirección.

De forma contraria sólo se encontraron cuatro, mientras que las restantes formaban ganchos que reconocían a la dirección Este, lo que representa en forma muy clara la incidencia de la energía de transporte en ésta dirección. (ver dibujo 3).



Dibujo 3. Ejemplo de dos barras orientadas al Este en la Boca de San Francisco 4/1977 y 5/1978.

Además, las corrientes de retorno (*rip currents*), al fuerte trabajo sobre los perfiles de la playa y el transporte, son evidencia y factor que favorece el retroceso costero.

El cambio sufrido por el frente del Delta no solamente es de carácter fisiográfico o morfológico, sino también sedimentológico, que como resultado del desequilibrio del sistema marino-fluvial, sigue presente.

CAPITULO III

ANALISIS GEOMORFOLOGICO

Planos de olas.
Perfiles Playeros.
Perfiles Batimétricos.
Croquis geomorfológicos.

En este capítulo se muestran los resultados obtenidos a partir de la información proporcionada por los planos de oleaje, perfiles playeros y los croquis geomorfológicos (como parte del trabajo de campo); así como los que se obtuvieron del análisis de los perfiles batimétricos, elaborados a partir de la carta batimétrica hecha por la SARH (1979), (como parte del trabajo de gabinete).

Los perfiles batimétricos y su interpretación, al igual que los croquis se fundamentan en la información interpretada de los planos de olas realizados por CIPSA (1984), los cuales se muestran enseguida.

PLANOS DE OLAS.

Los planos de las olas con los cuales se trabajó (CIEISA, 1984) son una representación gráfica de la refracción del oleaje, donde se parte de un sistema de ortogonales que son puntos imaginarios con una distancia unitaria entre sí, las cuales son paralelas a las crestas de las olas en aguas profundas y van cambiando su dirección conforme se acercan a la playa.

Las ortogonales en esencia, ilustran canales de energía la cuál siempre se mantiene constante; ya que cuando disminuye la longitud de la ola, ésta aumenta en su altura, es decir, que la energía es un producto de la velocidad y distancia de la ola. Estos tres elementos (altura, mayor velocidad y distancia más corta de la ola) permiten que la energía se mantenga constante al aumentar su altura.

La energía de acción de la ola cambia cuando la batimetría es irregular, ya sea hacia la divergencia ó convergencia según la disposición del fondo.

La refracción del oleaje se presenta en principio cuando la dirección del viento es constante y lo suficientemente fuerte para formar el oleaje. Coates, (1981) muestra que el viento a 18 km/h levanta olas de 0.6 metros. En el delta del Río Balsas el promedio de altura de las olas

se encuentra entre los 2,80 m. Llegando a alcanzar 3,20 m en algunos casos (CIFSA, 1984).

Cuando se ha dado esta condición, las olas se acercan a la costa y su dirección de entrada se modifica por la morfología del lecho submarino, el cual cuando es somero provoca que los canales de energía sean convergentes, y cuando el fondo es profundo ó se encuentra un cañón entonces la distribución de las ortogonales es divergente. (en la zona de influencia del oleaje)

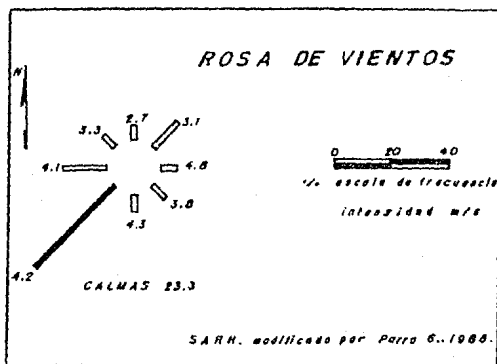
Este fenómeno se produce por la presión que las órbitas de las olas ejercen en el fondo al tocarlo, modificando su patrón circular a elíptico, esto genera un cambio en la dirección de las olas que van a romper en la costa: cuando la energía es divergente por tener un fondo profundo, los patrones orbitales no se transforman ni se frenan por no tocar fondo llegando directamente a la playa en la misma forma que se crearon.

Los planos de oleaje (también llamados de refracción del oleaje) que se trabajaron, comprenden canales de energía en periodos de 7, 9, 11 y 14 segundos (CIFSA, 1984) en las direcciones S, SE, W y SW; presentan diferentes características de convergencia y divergencia de acuerdo al periodo y dirección.

Los planos que presentan mayor convergencia corresponden a las direcciones W y SW; esta última presenta una mayor intensidad y frecuencia del viento (ver rosa de



vientos. Parra, 1985) que repercute directamente en los canales de energía.



Dibujo 5. Rosa de Vientos en Lázaro Cárdenas.

En estas dos direcciones, la concentración de los canales de energía es evidente ya que se refleja en la morfología de los perfiles de playa (perfiles de A a N).

La energía acumulada en cada canal aumenta conforme se incrementa el periodo de las olas, siendo los más claros los de 9 y 11 segundos sin restar la importancia a los periodos de 7" y 14" que también son muy representativos.

La mayor concentración de energía se localiza frente a la playa de FERTIMEX en forma general partiendo desde el espigón de Burras; con esto la incidencia del oleaje sobre la playa origina una refracción que

registra valores entre los 13° y 22° siendo 22° el valor más común para la refracción incluyendo las direcciones S y SE (CIFSA, 1984); los valores extremos obtienen 3° y 49° respectivamente.

Para el caso de las direcciones W y SW en la refracción se observa, que al aumentar el período de las olas disminuye el ángulo de refracción, lo que no sucede en las direcciones S y SE por la orientación de la cabecera del cañón submarino.

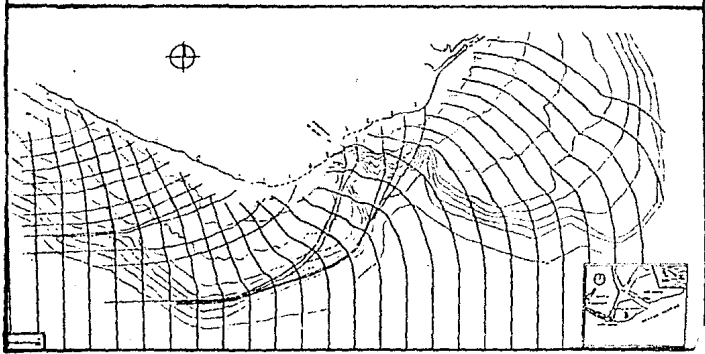
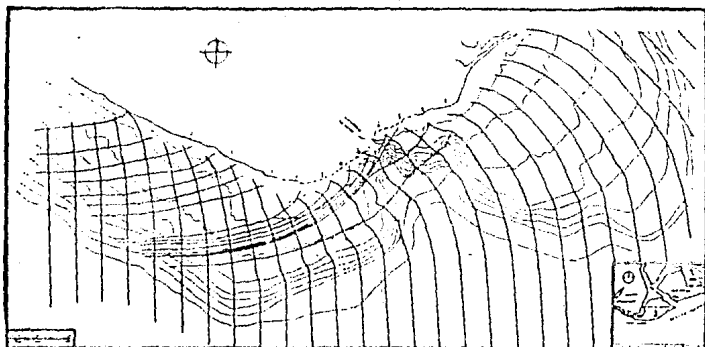
Debido a la presencia de este cañón (La Necesidad) y a la configuración del fondo submarino, se efectúa una desviación de los canales de energía hacia las playas de FERTIMEX concentrando la energía propia del oleaje y la que se estima en la carta de influencia del relieve submarino mientras que a su vez, las ortogonales de los planos se abren progresivamente en el cañón concentrándose algunos canales en forma somera sobre todo en la zona NM.

De ésta manera se encuentra que el caso más representativo de divergencia de energía reconoce al cañón de La Necesidad del cual, en las direcciones S y SE donde se realiza un tallado de sus paredes.

DIRECCION	ANGULO DE REFRACCION	A+	P	A-	P
SE	23	48	7	3	14
S	13	30	9	2	9-14
SW	20	56	7	4	11
W	32	63	7	5	9

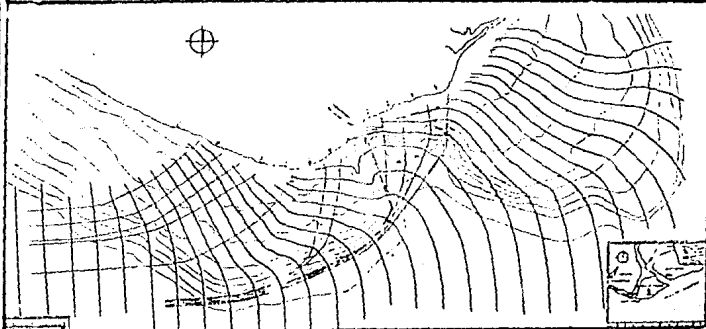
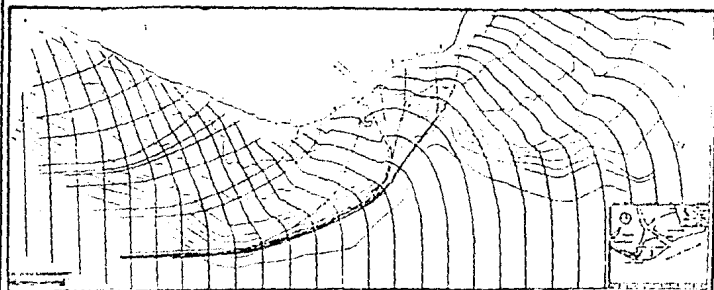
Cuadro 3.1. Realizado por los autores, muestra el ángulo promedio de refracción del oleaje por dirección, valores extremos y período en que se presentan. A+ es el ángulo mayor de refracción mientras A- corresponde al valor menor; P es el período para cada uno de los casos.

En relación al tallado ó efecto erosivo de las paredes del cañón, se lleva a cabo un proceso doble en el sistema; por un lado la erosión lateral del cañón por efecto de la convergencia de las olas provocando que la cabecera del mismo retroceda (erosión marina remontante) aumentando el declive existente y con ello, una resistencia mayor del relieve a las ondas elípticas del oleaje; por otro lado, la velocidad, distancia y altura del oleaje convergen también (desde el punto de vista de sus valores) aumentando el nivel de energía actuante.



<i>PLANOS DE OLEAJE</i>		<i>DIRECCION:</i> W
<i>PERIODO:</i>	7 , 9 SEGUNDOS.	

CIFSA, 1984.



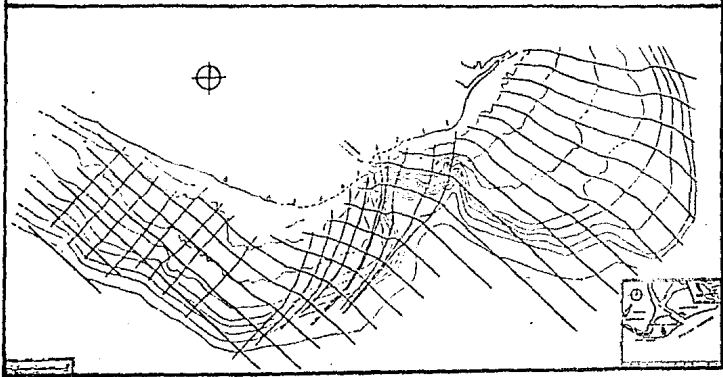
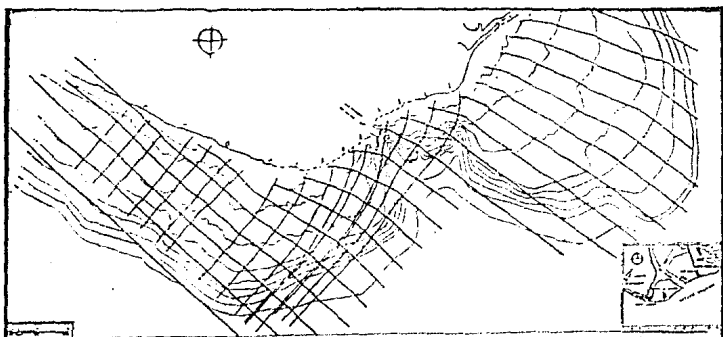
PLANOS DE OLEAJE

DIRECCION:

PERIODO: 11 y 14
SEGUNDOS.

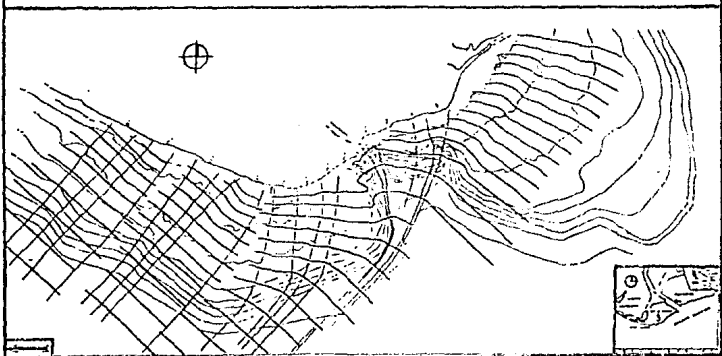
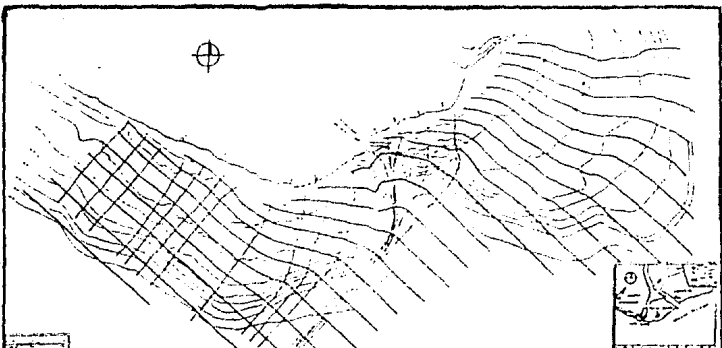
W

CIFSA, 1984.



<i>PLANOS DE OLEAJE</i>		<i>DIRECCION:</i> SW
<i>PERIODO:</i>	7 , 0 SEGUNDOS.	

CIFSA, 1984.



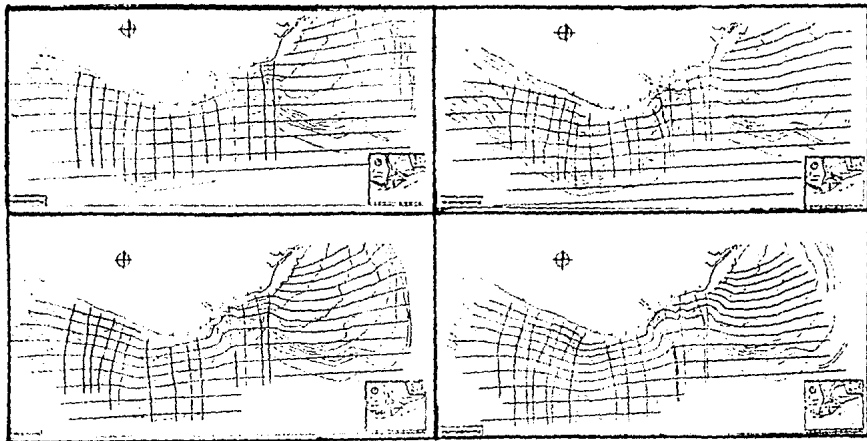
PLANOS DE OLEAJE

DIRECCION:

PERIODO: 11 y 14
SEGUNDOS.

SW

CIFSA, 1984.



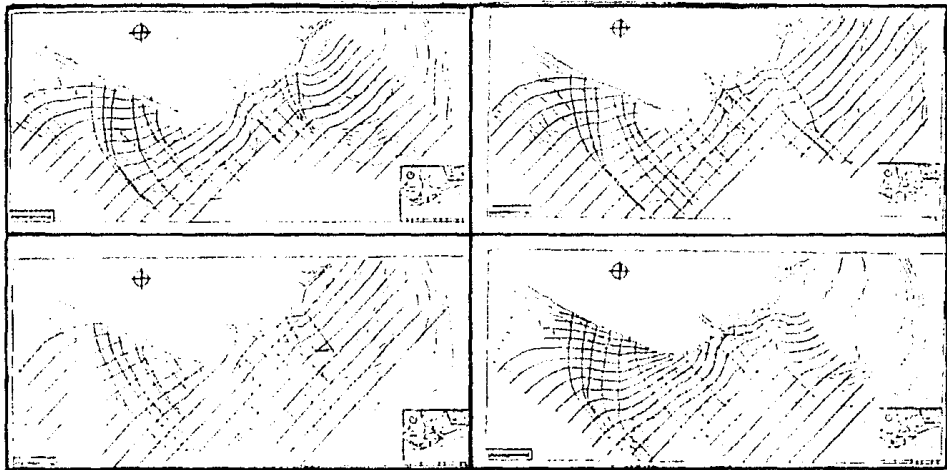
PLANOS DE OLEAJE

DIRECCION:

PERIODO: 7, 9, 11 y 14
SEGUNDOS.

S

CIFSA, 1984.



PLANOS DE OLEAJE

DIRECCION:

PERIODO: 7, 8, 11 y 14

SEGUNDOS.

SE

CIFSA, 1984.

PERFILES PLAYEROS.

En todos los casos, los perfiles se levantaron durante el periodo de bajamar por encontrarse expuesta la mayor parte de la playa, ya que de esta forma se pueden establecer relaciones directas entre la energía del oleaje y los sedimentos que se encuentran en su rango de acción (Ramírez, 1985).

Para el trabajo de campo se eligió la realización de los perfiles playeros por la aportación que resulta de su análisis al obtener la relación entre la morfología, el material y los procesos existentes, incluyendo en algunos casos el desarrollo de las playas. Además se establecen cualitativamente las pérdidas y ganancias de material, así como su comportamiento en las pendientes generadas con sus respectivos cambios.

También es importante señalar que los perfiles se tomaron en los periodos de invierno y verano, señalados por algunos autores como característicos de la erosión y el depósito (Sheppard, 1950; King 1975).

Por último, dentro del trabajo de campo, y utilizando el mismo horario que el contemplado para muestrear y levantar perfiles, se realizaron levantamientos de croquis geomorfológicos en la zona comprendida de la anteplaya a alta playa; en toda la costa protegida por los espigones con el objetivo de representar

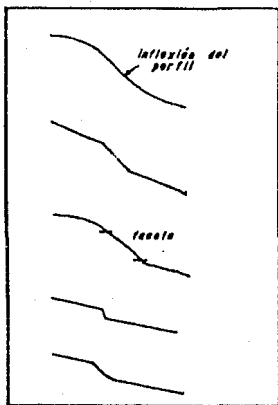
todas aquellas formas superficiales modeladas por la acción de los procesos (cuspilitos, rombos, surcos de marea, cuernos de grava, etcétera).

Cabe aclarar, que se trata de formas temporales cuyas variaciones se suceden en horas e incluso en minutos, pero que siempre, invariablemente se presentan día con día y que son importantes indicadores del transporte litoral que se efectúa en la playa ya que son la expresión morfológica de los agentes de depósito y erosión en dicha zona. Por ello, los croquis geomorfológicos representan las formas resultantes para los días y horas que se levantaron, pero también representan su presencia regular en las playas.

Al analizar los perfiles obtenidos durante los periodos de verano e invierno, se interpretan una serie de variables que se deducen a partir de su morfología en cada uno de los sectores de la playa.

Como se ha indicado, los perfiles tienden hacia la forma cóncava ya que están sometidos a una fuerza mayor de los agentes modeladores expresada en procesos intensos - especialmente el del oleaje - que son propios durante todo el año y característicos de periodos invernales y de tormenta.

En estos perfiles es muy clara la inclinación hacia la forma cóncava; aunque independientemente este factor sea mayor o menor, está presente en cada uno de ellos ajustándose al modelo erosivo ideal presentado por Sheppard (1950). Ver dibujo 4.



Dibujo 4. Modelos de perfiles erosivos de Sheppard donde se muestra la raceta de cambio y las formas a las que pueden dar resultado. (Tomado de King, 1975).

Un elemento de mucho valor que encontramos en ellos es la pendiente que presentan, específicamente desde la línea de anteplaya en la base del perfil (foreshore) hacia la parte interior de éste, donde se encuentran los escalones de berma dentro de la última influencia de pleamar, llegando hasta la postplaya y altaplaya en algunos casos.

En el mayor número de veces esta pendiente tiende a valores muy altos que se encuentran comprendidos entre los 35° y 45°; todos estos cambios inicialmente van a evidenciar la intensidad de los procesos presentes, y mejor aún nos indican dos elementos que sobresalen en el modelado de la playa: el reflujó del oleaje y la deriva de playa (King, 1975).

Por lo que a este punto se refiere, la tendencia de la pendiente de la playa aumenta progresivamente en

algunos sectores; así la presencia de escalones de berma presentes en casi todos ellos, confirma que la intensidad de la energía del oleaje en la zona protegida por espigones del delta del Río Balsas es muy grande.

Por otro lado, podemos asegurar que la forma en la cuál es retrabajada la superficie de la playa en forma general a lo largo de la zona protegida tiende a la anormalidad, es decir, por medio de los perfiles se podría destacar la forma original de la playa al continuar de forma normal un trazo sobre su forma como si fueran isohipsas, pero en realidad, se cortan tajantemente presentando pendientes muy fuertes como las de algunos escalones de bermas que llegan a tener 90° (ver perfil H y R de invierno) por lo que ésta razón demuestra que existe un desequilibrio entre la forma y los procesos actuales por un lado; y por otro entre los procesos acumulativos subaéreos (deltaicos) y los marinos.

El equilibrio subaéreo y marino es entonces afectado demostrándose esto cuando aumenta el valor de las pendientes que presentan cambios bruscos en las mismas formando de esta manera algunos cortes casi rectos que diferencian la estructura de cada perfil.

Estos cambios por ende están afectando el ángulo de reposo del material depositado sobre la playa, por lo que este se convierte en un elemento más de modelado ya que aumenta la probabilidad y posibilidad de movimiento de

material en la zona de lavado por flujos laminares que se dirigen mar adentro.

Para el caso de las pendientes, se encontró que el ángulo de cada perfil -siendo el menor de 15° - permite un deslizamiento rotacional de las arenas y gravas conocido como "fricción de rodadura", éste fenómeno es descrito y estudiado por Panukov (1981) y Resnick y Halliday (1960) en el cual se busca una razón de equilibrio.

Para conocer estas condiciones en la playa, se desarrollaron las metodologías propuestas con las muestras recolectadas en cada perfil, encontrándose para cada caso un valor que se aleja de las condiciones de equilibrio de las arenas con respecto a su ángulo de reposo, las cuales fueron tratadas en seco, por lo que la lejanía hacia el equilibrio se incrementa por el oleaje presente ya que el agua funciona como un agente lubricador que disminuye la fuerza de fricción permitiendo una rodadura más libre del material presente.

Estas pérdidas de material están en función del desequilibrio entre los procesos propios del delta (marino-fluviales), y son evidenciadas por la presencia de bermas fósiles, escalones de bermas activos, cambios fuertes de pendientes y la forma de la rompiente en voluta que es característica por su fuerza al actuar.

En el periodo de verano donde se supone los procesos marinos deben ser acumulativos (Seneppard, 1950), para el caso de la zona de estudio no se cumple. Los

fundamentos teóricos se rompen drásticamente para este lugar, ya que los elementos encontrados durante los periodos de verano e invierno, son similares.

Las evidencias de la pérdida de equilibrio entre los procesos subaéreos y marinos son muy claras al interpretar las formas de los perfiles que demuestran una vez más la presencia de varias pendientes dentro de un mismo perfil; éstas oscilan entre los 35° y 45° en general, aunque existen casos que las superan notablemente llegando a alcanzar fácilmente los 60° en repetidas ocasiones.

La morfología cóncava siempre presente, asemeja perfiles un tanto simétricos quedando algunos asimétricos por su longitud y por las pendientes que son más fuertes, así como por la presencia de bermas; esto es claro al apreciarse desde el nivel de bajamar en la anteplaya, llegando hasta la parte de postplaya y altaplaya (upland) - la cual en su longitud no es muy extensa - donde existen desniveles que se encuentran comprendidos entre los 3 y 4 metros.

Este simple hecho (la forma de los perfiles: cortos y empinados) ya indica un predominio de la energía erosiva del oleaje que afecta la estabilidad playera.

De esta manera es fácil demostrar que los procesos de sedimentación son nulos, ya que el accionar erosivo de las olas se encuentra muy por encima de éste creando mayores pérdidas de sedimentos que las ganancias que pudiera obtener.

En consecuencia, las condiciones ya expuestas se ven favorecidas desde el punto de vista del ángulo de reposo del material que es trabajado en la playa, ya que con frecuencia éste está constituido por arenas de tamaños medios y gruesos y el 47% del total (en términos de muestreo) está compuesto por gravas y cantos rodados.

Es por esto que la variación de los procesos e intensidad de ellos esté en aumento por las fuertes pendientes que se presentan, teniendo como consecuencia el reflujos del oleaje y la deriva de la playa coadyuvando así al transporte y pérdida de sedimentos en la playa y a la invasión de los procesos marinos a ambientes que no son propios de éste. (ver foto 3.1)



Foto 3.1. Se aprecia en la imagen la invasión del ambiente por el oleaje en primera instancia. Al fondo se observa como las olas afectan el terraplén. Nótese el tamaño de los sedimentos.

1 La presencia de arbustos sobre la playa, son una evidencia más del desequilibrio costero, esto es debido a que la especie representada es del "Cuastecónate"

Por la interpretación de estos perfiles de invierno y verano podemos concluir algunos aspectos como son, el aumento en los valores de entrada y salida de energía al sistema mediante la fuerza de los procesos marinos, rompiendo el posible equilibrio entre éstos y los fluviales por los motivos ya expuestos.

Asimismo, es claro que la intensidad de estos procesos permiten el retrabajo del perfil dándole una forma cóncava en el que las pérdidas de material son sensiblemente superiores a los posibles depósitos. (ver apartado de transporte litoral)

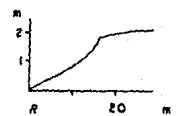
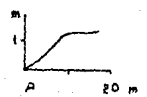
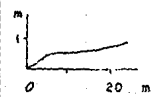
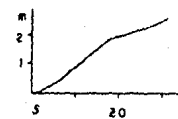
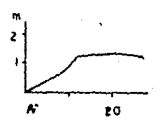
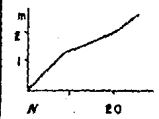
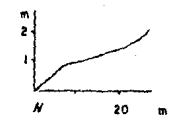
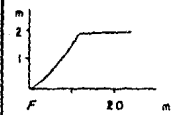
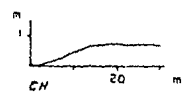
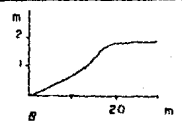
Debido a lo anterior, existe un desequilibrio notorio en cuanto a funciones de energía dentro del sistema; (ver Capítulo I); por tanto, una diferenciación entre las formas erosivas y las de acumulación; siendo las primeras las más importantes y trascendentes, especialmente frente a FERTINEX.

(Crescentia alata). La evidencia radica en que, éste arbusto es típico de una zona de transición entre la sabana y bosque tropical, ya que sus características florísticas y ecológicas se representan en este punto. Puig (1974) los considera como una forma de degradación del bosque espinoso; además de que en condiciones normales, se desarrollan en terrenos planos de suelos profundos y mal drenaje (Sarukhán, 1969). El tamaño que normalmente desarrollan es de 5.0 metros aproximadamente. También se pueden desarrollar en suelos negros con altos contenidos en arcillas y de mal drenaje. Es entonces que una especie arbustiva de éste tipo, no tiene relación alguna con los sistemas marinos, a pesar de que, pueden tolerar bajos niveles de salinidad.

**ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA**



Foto 3.2 En esta fotografía, se muestra un perfil pronunciado en el que existe un predominio de formas erosivas, tales como los cuernos de grava y la presencia de restos del espigón adyacente así como de material grueso; mientras que se nota la presencia de dunas y un perfil convexo como expresión de formas acumulativas.

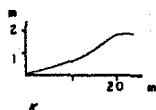
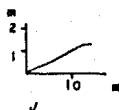
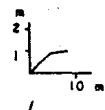
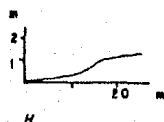
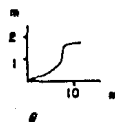
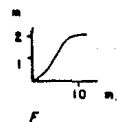
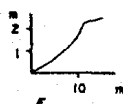
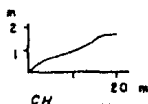
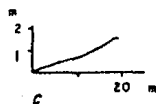
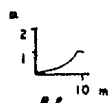
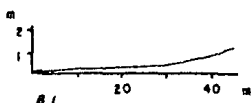
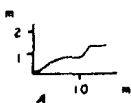


PERFILES DE
INVIERNO

ESCALA VERTICAL
1:70

ESCALA HORIZONTAL
1:1000

UNAM	FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS
	COLEGIO DE GEOGRAFÍA
TESIS	Modificaciones geomorfológicas en el Delta del
PROFESIONAL	Río Salinas
ESPINOSA RODRIGUEZ LUIS MIGUEL	
FUENTES JUNCO JOSE DE JESUS ALFONSO	



PERFILES DE
VERANO

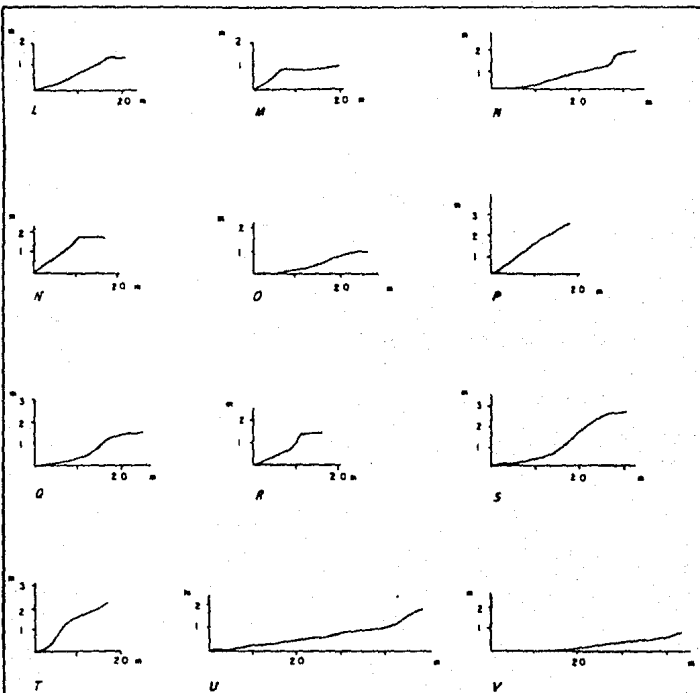
ESCALA VERTICAL:

1:60

ESCALA HORIZONTAL:

1:1000

UNAM	FACULTAD DE FILOSOFIA Y LETRAS COLEGIO DE GEOGRAFIA
TESIS PROFESIONAL	MODIFICACIONES GEOMORFOLOGICAS EN EL DELTA DEL RIO BALSAS
LUIS MIGUEL ESPINOSA RODRIGUEZ	
JOSE DE JESUS ALFONSO FUERTES JUNCO	
AÑO: 1989	ASESOR: MARIO ARTURO ORTIZ PEREZ



PERFILES DE
VERANO

ESCALA VERTICAL:

1: 60

ESCALA HORIZONTAL:

1: 1000

UNAM	FACULTAD DE FILOSOFIA Y LETRAS COLEGIO DE GEOGRAFIA
TESIS PROFESIONAL	MODIFICACIONES GEOMORFOLÓGICAS EN EL DELTA DEL RIO BALSAS
LUIS MIGUEL ESPIROSA RODRIGUEZ	
JOSE DE JESUS ALFONSO FUENTES JUNCO	
AÑO: 1988	ASESOR: MARIO ARTURO ORTIZ PEREZ

PERFILES BATIMÉTRICOS

Con los perfiles batimétricos que se obtuvieron a partir de curvas con equidistancia de un metro (Ver carta batimétrica), se encontraron relaciones muy estrechas entre su forma, los procesos modeladores (oleaje, mareas) y los perfiles de playa.

El seguimiento de estos perfiles inicia desde el espigón de Burras hacia la desembocadura de La Necesidad continuando hasta salir de la zona protegida por el último espigón en el sector V cerca de la desembocadura de San Francisco. (ver localización de perfiles batimétricos)

Como ya se ha mencionado, estos seccionamientos son un apoyo a la interpretación de los perfiles debido a que se ha inferido que el modelado de la playa no solamente se genera en esta porción, ya que la influencia proviene desde la parte interna del relieve submarino. Esta situación presenta una dualidad: inicialmente con la profundidad existe una relación que parte de sí misma con respecto a la altura del oleaje; es entonces que la ola se va a desarrollar verticalmente cuando entra a romper sobre la playa.

La pérdida de material es prácticamente un hecho debido a que las pendientes que se presentan en los perfiles muestran una fuerte inclinación que llega a sobrepasar los 45° de pendiente, iniciándose desde el nivel mínimo de bajamar en la anteplaya hasta los 6 metros de profundidad.

Posteriormente se llega a "estabilizar" la pendiente someramente hasta los 10 metros donde parece ser, se encuentra el frente deltáico submarino por la presencia de un escalón marcando la diferencia entre dos formas distintas, el cual tiene una altura estimada entre 1 y 2 metros según cada uno de los perfiles (Cervantes M. y Monroy S., 1985)

Después de esta transición, la pendiente de los perfiles vuelve a aumentar hasta perderse después de los 20 metros de profundidad, donde ésta última ya no tiene una gran influencia sobre el oleaje.

Según nos acercamos a la desembocadura de La Necesidad, la zona de cambios aumenta indicando que a menor profundidad de los cambios de pendiente en el relieve submarino, es mayor la influencia que ejerce el oleaje para el modelado de la playa. Esto se confirma al verificar la forma de la costa y cuantificar la superficie afectada por los procesos marinos a través de los años; así la granulometría del material expuesto, concuerda a su vez con la relación existente entre el tipo de la ola y el tipo de relieve submarino.

En la desembocadura de La Necesidad los perfiles se muestran reflejados por paredes verticales ya que aquí se desarrolla el cañón submarino que ofrece, a una corta distancia longitudinal partiendo de la entrada al puerto entre las escolleras norte y sur; profundidades que sobrepasan los 100 y 500 metros para alcanzar posteriormente

su profundidad máxima estimada en 4 600 metros en la trinchera al contacto de las placas tectónicas (Cervantes M. y Monroy S., 1985).

Desde la zona donde se manifiesta la última influencia del cañón submarino, partiendo de la escollera norte, la tendencia aparente de los perfiles batimétricos es a la estabilidad en cuanto a su forma. Dentro de la zona protegida se presentan dos fases bien definidas; una pendiente inicial de 45° que llega hasta los 8 ó 10 metros de profundidad, para perderse en el fondo en una segunda sección tajante en forma de escarpe vertical.

De esta forma, conforme se acercan a la desembocadura de San Francisco ambas pendientes empiezan a unificarse registrándose un último cambio a los 18 y 20 metros para conformar así un perfil casi recto con una inclinación hacia la concavidad.

Al realizar la carta de influencia del relieve submarino se relacionaron con ésta los valores obtenidos para dichos perfiles; hallándose que los que corresponden a pendientes cóncavas más pronunciadas, se encuentran estrictamente en la zona de mayor trabajo ó influencia marina. En ellos se encontró a partir de la desembocadura de Burras, una energía de influencia en el modelado de carácter suave que incrementa su valor cuando en el perfil existe un cambio de pendiente brusco; este cambio presenta la modalidad de que conforme se aleja del punto inicial hacia la boca de La Necesidad, aumenta considerablemente el

valor de la energía hasta sobrepasar los valores estimados en dicha carta.

Estos planos en principio son estáticos (debido a su carácter morfométrico) ya que muestran una cantidad de energía que actúa en determinado lugar, la cual va a ser transportada y dirigida hacia la playa por el oleaje; esto coincide en forma particular al desarrollo de la morfología de la playa, en otras palabras, es energía dirigida que tiene como función modelar la costa.

Con excepción de lo anteriormente establecido, sucede en forma de antípoda hacia la zona comprendida de la desembocadura de La Necesidad hacia la de San Francisco, esto es que los valores de energía son altos pero actúan de forma diferente en la playa por la influencia de la dirección del oleaje y el fondo.

Esta carta, como se indicó al inicio de la interpretación de los perfiles, tiene dos funciones primordialmente; captar por un lado, la acumulación de energía de acción y por otro identificar las zonas donde el modelado submarino es más intenso. De esta forma, es posible identificar las zonas en donde se acumula la mayor parte de la energía.

Estas zonas corresponden a aquellas localizadas cerca del cañón submarino formado en la boca de La Necesidad. Sin embargo, la energía del oleaje se presenta en forma dinámica ya que no se da solo en forma lineal hacia

la costa (encajonándose en el cañón), sino que obtiene una dirección determinada dada por el oleaje y el fondo.

De esta manera se demuestra que la energía acumulada no es estática, sino que también está presente en forma dinámica.

Lo anterior confirma que el modelado de la costa comienza por la parte inferior del nivel inferior de anteplaya cuando las órbitas de las olas se tornan elípticas al contacto con el lecho submarino, convirtiéndose así en una gran fuerza de modelado.

Cuando trabajan los patrones elípticos por el contacto con el fondo, se da entonces el modelado ya descrito, y para el caso de estudio, la profundidad en la cual se da éste sistema es a partir de los 150 m en forma general, oscilando entre los 120 metros; para el caso cuando la profundidad es menor, se registra el nivel mínimo en los 30 metros de profundidad ya que las longitudes en las diferentes direcciones duplican estas cantidades (CIFSA, 1984).

Es importante destacar que la energía del oleaje influenciada por estos elementos se divide en dos partes: 50% como energía potencial de acción y el resto corresponde a energía cinética (Ramírez, 1985), por lo que demuestra la forma en la cual se ejerce presión y modelado desde el fondo.

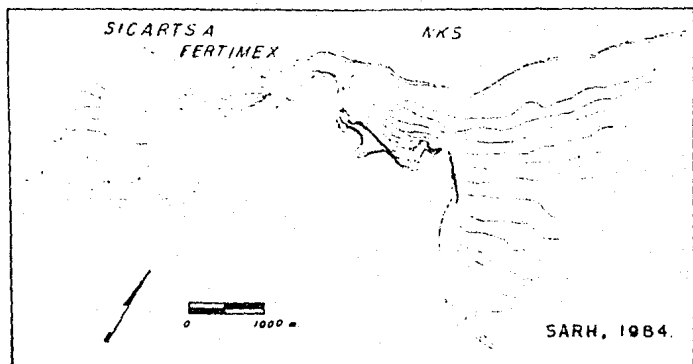
Por lo que respecta a las relaciones encontradas con los perfiles elaborados a partir de las curvas

batimétricas con equidistancia cada metro, y con la carta de influencia del relieve submarino encontramos una fuerte concentración de energía dirigida hacia la zona donde se encuentra FERTIMEX.

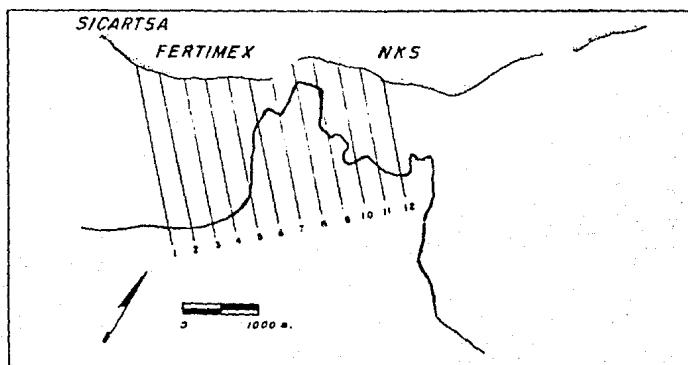
En esta parte del estudio, se contaron dos elementos de análisis que apoyaron este punto: en el primero de ellos se interpretaron perfiles batimétricos, en ellos se logró estimar de que forma pueden presentarse diferentes niveles de energía de acción sobre la playa, ya que el oleaje refractado está influenciado por la morfología submarina, y finalmente el análisis de la forma de los perfiles playeros complementan este sistema erosivo.

Por medio del estudio y de la interpretación de los perfiles batimétricos podemos concluir que a menor profundidad de los cambios de pendiente, es mayor la influencia que se origina para el modelado de la playa; las diferentes formas que se llegan a presentar en la playa son una evidencia de esta influencia como se presenta frente a FERTIMEX.

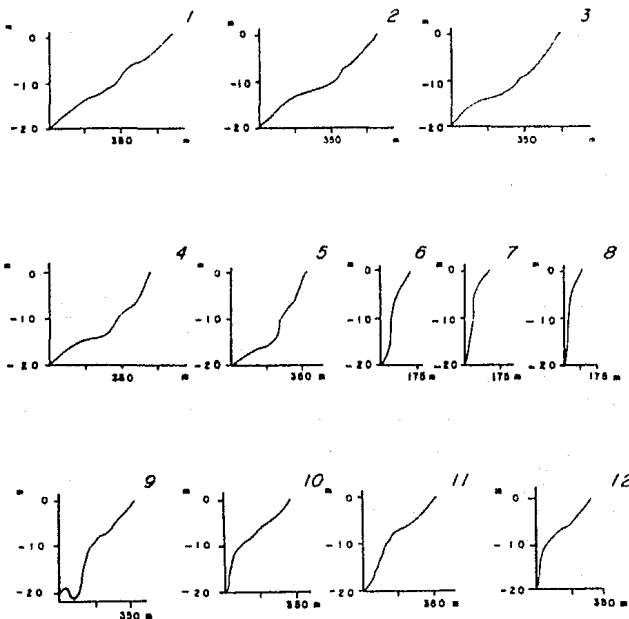
Asimismo la forma cóncava que se presenta cerca del nivel de anteplaya, indica que las órbitas de las olas trabajan sobre el material depositado provocando que la acción erosiva en la costa empiece desde la parte sumergida del fondo cercano a la playa. De esta manera, las pendientes que en general se observan a lo largo de la playa de SICARTSA y FERTIMEX son un efecto de esto y coadyuvan a



CARTA BATIMETRICA. Equidistancia: 1.0 metros.



LOCALIZACION DE PERFILES BATIMETRICOS.



PERFILES BATIMÉTRICOS

ESCALA VERTICAL:

1:1000

ESCALA HORIZONTAL:

1:17500

UNAM	FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS
	COLEGIO DE GEOGRAFÍA
TESIS PROFESIONAL	MODIFICACIONES GEOMORFOLÓGICAS EN EL DELTA DEL RÍO BALSAS
	LUIS MIGUEL ESPINOSA RODRÍGUEZ
	JOSE DE JESUS ALFONSO FUENTES JUNCO
AÑO: 1989	ASESOR: MARIO ARTURO ORTIZ PÉREZ

generar pérdidas de material de la Playa y a generar cambios granulométricos de los sedimentos.

Por otra parte, se presenta el caso hacia la desembocadura de San Francisco donde existe una cierta tendencia a una estabilidad muy moderada.

Es entonces que la morfología submarina ejerce una relación directa entre la forma de entrada de energía al sistema en forma de rompientes, así como en la variación de los procesos y su intensidad; por lo que originan una forma de salida de energía tal, que al aumentar su potencia favorece el retroceso de la costa.

CROQUIS GEOMORFOLÓGICOS

El croquis geomorfológico se realizó conforme al método descrito por Palacio (1985) para cada sector muestreado; obteniéndose una tipificación de las principales formas de la playa, así como de sus elementos y procesos derivados de la acción del oleaje y el viento.

Los croquis llevan una orientación general SE-NW localizándose entre cada par de espigones, comprendiendo los cinco sectores playeros de muestreo de sedimentos, para

poder así realizar la correlación de los procesos modeladores y las texturas de los sedimentos en forma espacial y cualitativa.

La clasificación de los croquis se llevó a cabo alfabéticamente en el sentido ya indicado (SE-NW) a lo largo del litoral; correspondiendo la letra A al croquis levantado sobre la playa ubicada junto al espigón de Burras, para continuar en orden progresivo hacia la escollera sur por un lado, y continuarse nuevamente en la escollera norte hasta el último espigón en la zona AM.

En todos los sectores descritos para cada croquis, se levantó un perfil de la playa y en los casos que por su interés peculiar y complejo lo ameritaba, se realizó el levantamiento de dos perfiles con el objeto de analizar de una forma más real el sector correspondiente; estos perfiles también fueron vaciados en los croquis como parte integral de los mismos.

INTERPRETACION DE LOS CROQUIS CORRESPONDIENTES AL SECTOR
COMPRENDIDO ENTRE EL ESPIGON DE BURRAS Y LA ESCOLLERA SUR
(DE LA LETRA A A LA N)

CROQUIS A.

Como características fundamentales, presenta dos ambientes de sedimentación distintos; por un lado, en una línea longitudinal que va del espigón de Burras hasta unos

40 metros a lo largo del litoral; se observa que la playa está compuesta por arenas exclusivamente, que van modificando su textura conforme nos aproximamos al espigón derecho del sector, presentando sedimentos mezclados de arena y grava originando con ello formas peculiares en la zona de lavado llamados backwash marks (Sheppard, 1970).

Por otro lado, en la parte arenosa existe una berma con una longitud cercana a los 15 metros, pendiente de 70° y desnivel de 50 cm aproximadamente, en la que aún se evidencia la acción de los procesos marinos: a diferencia de otras dos bermas fósiles en alta playa (up land) y una tercera localizada en el límite de esta zona con la de postplaya (backshore); estas bermas tienen una estabilidad más o menos bien marcada, lo cual es evidenciado por la presencia de pastos salinos incipientes.

A lo largo de este sector cuya pendiente es de 6°, existe un fuerte movimiento de sedimentos que se refleja en la formación de rombos (mark wash larger) y gravas que son excavadas por detrás cuando se retira la ola (backwash marks); y por otro lado, también existe estabilidad en la playa ya que en el perfil obtenido demuestra que se trata de una playa con escasa pendiente, amplia y de sedimentos arenosos.

CROQUIS 8.

En este sector se levantaron dos perfiles; el primero pasa por una berma activa, la cual está junto al

espigón izquierdo, que a su vez ha estado perdiendo bloques debido al golpeo de las olas; estos bloques se encuentran dispersos desde donde inicia el espigón hacia la zona de foreshore; un poco más atrás (tierra adentro), se localiza una berma activa que presenta un escalon entre los 70 y 120 cm con una pendiente de 13°.

Inmediatamente detrás de esta berma se localiza otra cuyas características son muy similares a la anterior, y en las otras dos, el material que las compone es de gravas y guijas que reflejan un movimiento constante de los sedimentos, y por supuesto el desequilibrio de la playa.

Toda la zona de lavado presenta rumbos de playa debidos al retrabajo continuo del material playero; asimismo, se observa que en la zona de rompiente el material constituyente consiste casi exclusivamente en gravas, mientras que en la parte trasera de la playa (up land) se localizan arenas de diámetro medio.

Por lo que respecta al segundo sector, las características que presenta son más estables en cuanto a las formas encontradas y pendientes medidas; se hace notar una ligera tendencia hacia una "estabilidad".

CROQUIS C.

Como principal característica de este sector, el espigón derecho (contiguo al sector anterior) presenta claras evidencias de su inutilidad ya que el oleaje lo rodea y el reflujó que crea, erosiona todas las caras del espigón

aislándolo en una zona considerada como bajamar, lo que equivale a decir que el espigón ya no sirve para el fin al cual se destinó debido sobre todo al avance de las aguas sobre la playa (foto No. 3.2 y 4.1).



Foto 3.2 En la imagen se muestra como el oleaje afecta al espigón rodeándolo y por consiguiente arrastrando y separando los bloques que lo forman.

También se encontraron otras formas grabadas en la playa por el oleaje, conocidas como cuspiditos cuya forma característica dió lugar al nombre genérico de parábolas litorales.²

Por otro lado, en la zona de bajamar, donde rompen las olas se apreció la existencia de un bajal.³ Asimismo, se verificó que la playa en general tiene una

2 El nombre es utilizado por los autores en este trabajo al igual que otros que aparecen en el mismo con el fin de identificar formas peculiares resultado del oleaje sobre todo en foreshore (bajamar) y que son válidos sólo para el presente estudio.

3 Nombre con que la gente de las costas de Veracruz denomina a pequeños "hoyos" que se forman por el oleaje de rasaca en la playa sumergida.

granulometría predominantemente gruesa (gravas, guijas y arenas medias-finas), perfil corto y empinado, y escasa acumulación (sólo en el espigón que comparte con el sector CH.

Por último, como punto importante, en este sector se destaca la acción del oleaje en ambientes que no son propios, ya que afecta a la vegetación arbustiva que se encuentra en postplaya y altaplaya.

CRUQUIS CH.

El espigón que comparte con el sector anterior, presenta rasgos erosivos la parte posterior (lo cual es lógico debido a que en ese sector se presenta el mismo fenómeno aunque más limitado). En general presenta características muy semejantes al anterior, como son la invasión de ambientes de transición, bermas con escalones pronunciados y activas con incidencia de surcos de marea incipientes.

Cabe mencionar en este último punto, que dichos canales ya rebasan la barda de FERTINEX e incluso afectan al terraplén del ferrocarril a unos cuantos metros de las vías del mismo (ver foto 1.3 , Capítulo I).

En lo poco de playa que queda de este sector, se cartografiaron: rumbos, surcos de marea, ripples, arenas junto al siguiente espigón y gravas a lo largo de toda la

rompiente (que en general, se encontraban en pendientes de 15°.

CROQUIS D.

Este es el único sector que carece de un perfil así como de interpretación geomorfológica en la zona de lavados; esto se debe a que aquí se levantó un dique formado por grandes bloques de roca dispuestos entre los espigones correspondientes (seguramente porque este sector es muy sensible a la acción del oleaje).

De esta forma, sólo se cartografió la zona posterior a este dique dado que aquí también se aprecia la influencia del oleaje en forma de cuerpos de agua creados por la infiltración (debilitando al sustrato al ser lavado), pequeños canales de marea y formas acumulativas así como la presencia de vegetación halófila.

CROQUIS E.

Lo más característico de esta zona, es la presencia en la playa de bloques de rocas provenientes de los espigones adyacentes, los cuales fueron removidos por el oleaje. Lo que entre otras cosas nos da una idea de la fuerza del oleaje en el área del delta (los bloques más grandes que se apreciaron tienen un diámetro calculado entre 50 y 80 cm. y un peso calculado entre 50 y 60 kg). En general, toda la playa está compuesta de gravas influenciadas por surcos de marea incipientes.

CROQUIS F.

En este sector, los espigones se encuentran fuertemente alterados por la erosión. Uno de ellos se encuentra destrozado en su parte delantera, la cual es la que recibe primero el golpe de las olas, mientras que el siguiente ya casi desaparece, y de la misma forma que en el sector anterior, sobre la playa se observan bloques desprendidos de los rompeolas.

Por otro lado, a lo largo de toda la playa se presentan depósitos de gravas en forma de cuerno o media luna, llamados cuernos de grava (cup marks) y que son característicos de playas en desequilibrio (Sheppard, 1973) pues en ellas se dan pendientes muy fuertes y sedimentos de grano grueso; para el caso de este sector, se midió una pendiente de 35°, además de observarse que el oleaje invade comúnmente las zonas de postplaya y altaplaya.

CROQUIS G.

En este sector, se cartografiaron bermas activas conformadas por algunas arenas, mientras que el resto de la playa presentaba material grueso entre gravas y guijas.

En este lugar, junto al espigón derecho se construyó un vertedero de desechos químicos provenientes de la fábrica de FERTIMEX. Al igual que en el punto anterior, se presentan cuernos de grava, perfiles cortos y pronunciados (superiores a los 45°) además de una gran

altura con respecto al nivel de bajamar (ver perfil correspondiente).

CRUQUIS H.

Con características similares al anterior, este punto presenta espigones muy deteriorados mientras que la granulometría varía conforme seguimos la dirección SE-NW de gravas en pendientes de 45° a arenas con pendientes de 13°. Asimismo, presenta acumulación junto al rompeolas derecho aunque, no es muy significativo el depósito dado que en términos reales domina el proceso erosivo del litoral.

CRUQUIS I.

Este sector tiene una berma activa conformada por gravas en su escalón, existen también algunos bloques con espesor de 1.00 metro aproximadamente al pie de esta. En general se observa un predominio de escarpes abiertos de gravas y guijarros disectados por surcos de marea incipientes, así como de la presencia de cuernos de grava. También se observó la existencia de un pequeño cuerpo de agua debido a la acción de las mareas.

CRUQUIS J.

En esta parte se presentan interesantes variaciones en la pendiente general de la playa, pues cambia de 16° en su extremo izquierdo a 5° en su parte central y 35° en la parte final.

En general, todo el sector playero se compone de gravas y guijas, y la parte inferior de la postplaya, se encuentra modelada por pequeños surcos de marea, mientras que la zona de lavado presenta formaciones de rombos, los cuales se concentran en la parte central de dicha porción.

CROQUIS K.

Hasta la mitad de la playa en sentido longitudinal, se observa una playa arenosa para enseguida presentar una superficie semejante al sector B, es decir, conformada por la mezcla de arenas y gravas. Es importante señalar que en los depósitos de gravas existen escarpes pronunciados y algunos cuernos de grava, por lo que su perfil en la mitad arenosa es más suave y largo, mientras que en su parte gravosa el perfil es corto y pronunciado.

CROQUIS L.

En este sector el material playero varía de espigón a espigón; por un lado, junto al espigón izquierdo se observa el material más grueso formándose cuernos de grava con pendiente máxima de 35°; mientras que en la parte central de este sector, el material predominante son las arenas depositadas en una pendiente de 10° y en la que se originan rombos y backwash marks.

Es importante señalar que se encontraron algunos bloques provenientes de los espigones sobre la playa; por último, junto al espigón derecho, el material de la playa se

dispone de forma peculiar, ya que el tamaño de los sedimentos va decreciendo de la zona de postplaya a la de bajamar, presentando escarpe en la zona de rompientes.

CROQUIS N.

Aquí se aprecia como principal característica la actividad erosiva del oleaje sobre el espigón derecho, así como la existencia de material grueso en toda la playa excepto en la zona de altaplaya donde se localizan sedimentos arenosos, y la presencia de escarpes junto al espigón derecho en la zona de lavado.

Nuevamente tenemos una playa de perfil muy corto y pronunciado por un lado, y por el otro, hacia el espigón izquierdo se observa una incipiente acumulación de sedimentos.

CROQUIS N.

El último croquis de la escollera Sur tiene una berma erosionada con pendiente de 90° , mientras que la playa (compuesta por arenas) presenta pendientes de 45° .

Cerca de la escollera principal, se registraron cuspiditos como forma principal de la zona de lavado que se extienden incluso por la mayor parte del sector.

En la zona de altaplaya se cartografiaron tanto ripples como zonas de abrasión del escarpe de la playa como resultado de la acción del viento. También se observaron en esta zona algunas bermas fósiles localizadas junto al

espigón izquierdo, las cuales presentan movimientos gravitacionales sobre sus flancos, formandose en su base, coluviones pequeños.

INTERPRETACION DE LOS CROQUIS CORRESPONDIENTES A LA
ESCOLLERA NORTE (ZONA AM, DE LA N A LA V).

CROQUIS N.

Las formas más representativas halladas en este sector, consisten de una playa arenosa con declive cercano a los 20° en la que el oleaje ha trabajado en forma constante series de cuspiditos y rombos. En esta playa se observa un buen equilibrio costero lo que se refleja en la forma del perfil (largo y con pendiente somera) así como en el material que la constituye (en este sector se obtuvieron las muestras de mayor finura, cercana al límite de arenas finas y muy finas).

Lo anterior se debe en buena parte a que el espigón derecho es suficientemente largo como para disminuir la fuerza del oleaje por un lado; y por el otro, probablemente la energía del mismo en esta zona no es muy significativa ya que incluso este sector es frecuentado por bañistas debido a la tranquilidad de sus aguas.

Para terminar, en la zona de lavado, se aprecian parábolas literales a lo largo de la playa y en la zona de altaplaya bermas fósiles con pastos incipientes.

CROQUIS O.

En este sector como en todos los siguientes, se observa que existen predominantemente depósitos de gravas y guijas tanto en la zona de postplaya (constituyendo los diámetros mayores), como en la zona de rompiente (en la que ya hay una transición del material a arenas medias con tendencia a arenas gruesas).

Aquí son frecuentes los cuernos de grava y cuspiditos; además, se hallaron bermas fósiles alineadas que seguramente corresponden a un mismo período de formación.

CROQUIS P.

Este sector concentra en su parte media gravas y guijarros; y se puede observar que es muy homogéneo. También se localizó una berma fósil cerca del espigón izquierdo, así como la existencia casi exclusiva de material grueso compuesto de gravas y guijas.

Con respecto al perfil que presenta, se puede describir como de longitud corta y pendiente pronunciada, sobre todo en la zona que se ubica entre la zona de rompiente y la parte superior de la zona de lavado.

CROQUIS Q.

Presenta formación de cuspiditos y parábolas litorales cuando se está en bajamar ya que cerca de esta línea se ubican los depósitos arenosos, mientras que a partir de la línea de intermareas la granulometría de la playa cambia a gravas y guijas que forman cuernos de grava de grandes dimensiones.

CRUQUIS R.

En este sector se encuentra un espigón muy pequeño en la parte media de la playa, aún cubierto por sedimentos (reflejo del avance costero anterior) pero que sin embargo ya es atacado por el oleaje. Lo anterior se comprueba por la presencia de bloques en la zona de foreshore muy cerca del espigón, el cual se observa con huellas del deterioro causado por el oleaje y los bloques al chocar con el espigón.

Consecuentemente, en este lugar toda la playa se encuentra formada por material grueso (gravas) conformando cuernos de grava.

CRUQUIS S.

En esta playa se observa un elemento que ya se ha repetido en otros sectores, y que es la presencia de arenas en la parte media del sector, mientras que en los flancos las gravas y guijas predominan con pendientes más fuertes formando cuernos de grava cuya granulometría es

mayor en la parte alta del escarpe que forman decreciendo hacia la zona de lavado sin llegar a constituir arenas.

El perfil de la playa es característico de la zona: corto y pronunciado evidenciando con ello, mayor sensibilidad al ataque del oleaje debido al ángulo con que la ola rompe en voltura.

CROQUIS T.

En esta playa se observa la presencia de un bajial rodeado por cuspidos; además en toda su extensión se compone de gravas seccionadas por cuatro cuernos de grava de gran pendiente.

Como característica primordial, este sector no tiene arenas ni siquiera de grano grueso; por el contrario, los espigones se observan bastante deteriorados y con huellas de bloques desprendidos. Sin embargo, sí posee cuatro bermas fósiles que indican el crecimiento de la costa en otro tiempo.

CROQUIS U.

En este sector son característicos los bloques desprendidos de los espigones adyacentes, dichos bloques están rodeados por gravas y gravillas (este fué uno de los sectores con mayor presencia de bloques). Todo este material se encuentra disectado por pequeños canalillos formados por el oleaje; y cabe mencionar que la diferencia de altura que

tiene la línea de bajamar con respecto a la zona de alta marea, permite que el oleaje golpee violentamente la playa sensibilizándola a la erosión y sus formas resultantes como los cuernos de grava.

CRUQUIS V.

Este último croquis levantado presenta en la superficie playera gran cantidad de bloques dispersos que han sido removidos por las olas desde los espigones.

Por otro lado, es el sector con menor porción playera pues carece de una zona de lavado extensa, apreciándose que debido a la forma del perfil, las olas inciden en ángulos propicios para arrancar mayor sedimento del piso playero. De aquí que el material del que se compone este sector sea exclusivamente de gravas y guijas.

oo

De acuerdo con todo lo anterior, se obtuvieron algunos puntos importantes que a continuación se describen:

1. Se observa que los perfiles tienen mayor pendiente y menor longitud, conforme nos acercamos a la Boca de la Necesidad.
2. Asimismo, los perfiles cortos y de mucha pendiente se puede relacionar su forma consecuentemente con la presencia de material más grueso (arenas medias, gruesas, guijas y gravas).

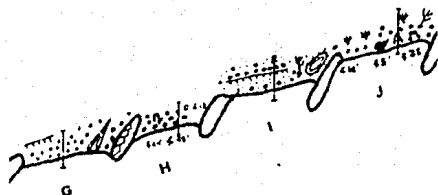
3. En los sectores que contenían arenas, es frecuente la presencia de formas características de playas erosivas: rombos, parábolas litorales, bermas activas, surcos de marea y backwash marks.

4. En los sectores compuestos de arenas y gravas se presentan formas más evidentes de la acción erosiva, tales como los cuernos de grava y pendientes de 35°.

5. En todos los sectores compuestos tanto de arenas como de gravas y guijas, se observó que en la parte superior de la playa se encontraban los materiales más gruesos y que éstos iban cambiando por materiales más finos conforme se acercaban a la zona de rompientes.

Sin embargo, en la mayoría de los sectores sólo se presentaron cambios hasta pequeñas guijas sin llegar a presentar arenas gruesas.

CROQUIS GEOMORFOLOGICO




OLEAJE SW

SIMBOLOGIA

	Canal principal
	Canal distributario
	Barra de punto
	Lago oxbow
	Abanico aluvial
	Cono aluvial
	Planicie aluvial
	Delta aluvial
	Delta abanico aluvial
	Delta cono aluvial
	Delta planicie aluvial
	Delta con canales distributarios
	Delta con lagos oxbow
	Delta con abanicos aluviales
	Delta con conos aluviales
	Delta con planicies aluviales
	Delta con abanicos y conos aluviales
	Delta con abanicos y planicies aluviales
	Delta con conos y planicies aluviales
	Delta con abanicos, conos y planicies aluviales

UNAM

FACULTAD DE FILOSOFIA Y LETRAS
COLEGIO DE GEOGRAFIA

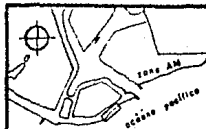
TESIS
PROFESIONAL

MODIFICACIONES GEOMORFOLOGICAS
EN EL DELTA DEL RIO BALSAS

LUIS MIGUEL ESPINOSA RODRIGUEZ
JOSE DE JESUS ALFONSO FUENTES JUNCO

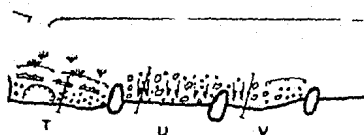
AÑO: 1989

ASESOR: MARIO ARTURO ORTIZ PEREZ



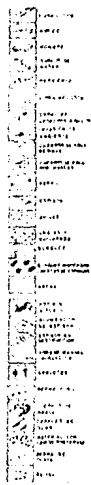
LOCALIZACION

CROQUIS GEOMORFOLOGICO



OLEAJE SW

SIMBOLOGIA



UNAM

FACULTAD DE FILOSOFIA Y LETRAS
COLEGIO DE GEOGRAFIA

TESIS
PROFESIONAL

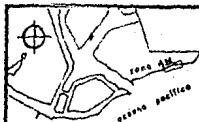
MODIFICACIONES GEOMORFOLOGICAS
EN EL DELTA DEL RIO BALSAS

LUIS MIGUEL ESPINOSA RODRIGUEZ

JOSE DE JESUS ALFONSO PUENTES JUNCO

AÑO: 1968

ASESOR: MARIO ARTURO ORTIZ PEREZ



LOCALIZACION

C A P I T U L O I V

E V A L U A C I O N Y D I A G N O S T I C O

D E L D E L T A

Relaciones.

Carta de energía litoral.

Carta de riesgos.

Alternativas de solución.

El análisis global del Delta se realizó con la ayuda de los datos obtenidos a partir de los estudios tanto de gabinete como de campo.

De esta forma, se consideran aquí dichos resultados en su relación intrínseca como parte integral en la explicación del porqué de los procesos concomitantes del litoral, su acción continuada, repercusiones y su posible diagnóstico-control.

De acuerdo con lo anterior, un elemento de análisis muy importante se destaca cuando se unen los planes de oleaje, la carta de influencia de relieve submarino y los perfiles batimétricos (como resultado del trabajo de gabinete) por un lado; y los perfiles playeros, croquis geomorfológicos y granulometría (como expresión del trabajo

en campo) por el otro: elementos que a su vez derivan en la obtención del análisis del comportamiento espacial, textural y granulométrico del Delta en general (ver. carta de distribución de sedimentos).

RELACIONES.

*Oleaje-Sedimentos-Formas-Procesos-
Comportamiento Deltáico.*

Una vez definida la granulometría por su textura y localización y a partir de las manifestaciones de las formas, del oleaje, mareas y su comportamiento a lo largo de los periodos comprendidos en este estudio, se obtiene un esquema en el cual convergen todos ellos, logrando con este, una serie de interrelaciones que se van a manifestar en el comportamiento deltáico, particularmente en la zona protegida.

Entrando en materia, se observan correspondencias definidas entre los procesos detectados, la información de las cartas de oleaje; la textura, el tamaño, distribución longitudinal y areal de los sedimentos, su expresión en el perfil; el relieve sub-aéreo y submarino del delta y el comportamiento general del sistema deltáico.

Así, en la carta de influencia de relieve submarino se puede observar que los valores más altos de energía corresponden a las zonas cercanas a la boca de la Necesidad y frente a las playas de FERVINEX, disminuyen en forma progresiva hacia ambos flancos de estos puntos; estos valores están en total correspondencia con el comportamiento del oleaje en canales de energía.

Esto se debe a que los patrones de olas en las direcciones predominantes (W y SW), convergen progresivamente en el mismo sentido que los valores altos de la carta mencionada y divergen hacia la desembocadura de Burras, la Necesidad y zona AM.

Esta relación es importante en cuanto que indica las áreas con mayor sensibilidad al oleaje, lo que repercute directamente en el modelado de la playa.

Lo anterior nos conduce a una relación más importante por su complejidad: donde los valores superiores de la carta de influencia del relieve submarino y los planos ortogonales coinciden, hallan en las playas su expresión morfológica, manifestada en las formas erosivas mencionadas. Ejemplo de lo anterior es que donde actúan con mayor incidencia estos valores, las formas y texturas serán características de las playas en desequilibrio.

Lo anterior quiere decir que el comportamiento morfológico de la playa será degradante y que concretamente tendrá su expresión en formas características tales como cuernos de grava, pendientes muy fuertes (valores oscilantes entre los 20° y 45°, llegando incluso a valores de 60°) y sedimentos muy gruesos que son resultado directo del grado de incidencia del oleaje, la dirección con que este llega a la playa, y el periodo.

Lo mismo sucede pero en razón inversa cuando nos alejamos de la zona de convergencia y nos vamos acercando a zonas donde el delta submarino tiene un relieve más

homogéneo: aquí, las playas tienden a poseer perfiles suaves y de mayor longitud por lo que la textura también cambia tornándose exclusivamente de arenas en aquellas que están sumamente alejadas de las zonas de relieve submarino abrupto y de las zonas de convergencia de olas.

Las formas características de dichas playas consisten de ripples y pequeñas dunas incipientes, y más característico aún es que se aprecia menor altura de la playa y por lo mismo, las partes de que consta son todas más extensas areal y longitudinalmente.

Todo lo anterior nos conduce a considerar una relación más que se suma a las anteriores: la correspondencia existente entre el relieve submarino adyacente a la costa y el del delta subaéreo.

Lo anterior es importante porque ello nos permite considerar el delta como un sistema y no como un complejo con elementos particulares; así, de la misma forma en que hay una relación entre el comportamiento fluvial y el comportamiento deltáico; existe también una clara relación entre el comportamiento del delta subaéreo y el delta submarino.

De acuerdo con lo anterior, y con base a los datos obtenidos, el Delta ha venido cambiando en sus patrones energéticos dominantes, que se expresan en el mayor dominio del sistema marino sobre el fluvial (sistema marino-fluvial); también han cambiado sus patrones sedimentarios que muestran claramente la transición de las arenas finas

encontradas por Gutiérrez Estrada (1971) a las arenas gruesas y gravas encontradas en el presente trabajo.

Pero estos cambios sedimentológicos y energéticos no solo se reportan en el delta subaéreo sino que también se consideran en el delta Submarino¹.

Con respecto al comportamiento deltáico, Ortiz (1985), define un retroceso máximo de 2.7 km², el cual se incrementa para 1987 a 2.9 km² (ver capítulo I); actualmente con el trabajo de campo realizado durante 1989, se observa que el proceso de erosión costera ha disminuido, pero no desaparecido.

Sin embargo, este amortiguamiento en el fenómeno geomorfológico tiene una explicación. En el año de 1979 se inician los trabajos de protección costera y cuando son terminados, la dinámica erosiva que se venía dando se *disminuye* debido a la presencia de los espigones sobre la costa más sensible.

A pesar de esto, la erosión no se detiene aunque el nivel erosivo disminuye en un 90 % (porcentaje obtenido a partir de la medición morfométrica del delta y su restitución en fotografías aéreas); en todos esos años, el trabajo del oleaje se ha concentrado en ir desgastando los rompeolas, y re trabajar los sedimentos anteriores del delta. Además de este trabajo en la zona de playa, el oleaje

¹ Cervantes M. y Nonoy S. (1982) en su estudio "Sedimentología del Delta Submarino del Río Balsas" mencionan los cambios del delta en cuanto a su sedimentología. Posteriormente, Morales, (1989) confirma lo anterior en un estudio similar. (Este último trabajo corresponde a una tesis de maestría aún inédita para la fecha de impresión del presente trabajo; el trabajo de Morales fue presentado en el encuentro de becarios del Instituto de Ciencias del Mar de 1989).

fluvial); también han cambiado sus patrones sedimentarios que muestran claramente la transición de las arenas finas encontradas por Gutiérrez Estrada (1971) a las arenas gruesas y gravas encontradas en el presente trabajo.

Pero estos cambios sedimentológicos y energéticos no solo se reportan en el delta subaéreo sino que también se consideran en el delta submarino¹.

Con respecto al comportamiento deltáico, Ortiz (1985), define un retroceso máximo de 2.7 km², el cual se incrementa para 1987 a 2.9 km² (ver capítulo I); actualmente con el trabajo de campo realizado durante 1989, se observa que el proceso de erosión costera ha disminuido, pero no desaparecido.

Sin embargo, este amortiguamiento en el fenómeno geomorfológico tiene una explicación. En el año de 1979 se inician los trabajos de protección costera y cuando son terminados, la dinámica erosiva que se venía dando se *disminuye* debido a la presencia de los espigones sobre la costa más sensible.

A pesar de esto, la erosión no se detiene aunque el nivel erosivo disminuye en un 90 % (porcentaje obtenido a partir de la medición morfométrica del delta y su restitución en fotografías aéreas); en todos esos años, el trabajo del cicaje se ha concentrado en ir desgastando los

¹ Cervantes M. y Moroy S. (1982) en su estudio "Sedimentología del Delta Submarino del Río Balsas" mencionan los cambios del delta en cuanto a su sedimentología. Posteriormente, Morales (1989) confirma lo anterior en un estudio similar. (Este último trabajo corresponde a una tesis de maestría aún inédita para la fecha de impresión del presente trabajo; el trabajo de Morales fue presentado en el encuentro de becarios del Instituto de Ciencias del Mar de 1989).

rompeolas, y retrabajar los sedimentos interiores del Delta. Además de este trabajo en la zona de playa, el oleaje también ha desgastado las paredes del cañon de la Necesidad tanto en sus márgenes como en su cabecera.

Esto último es importante porque el retrabajo de las olas permite que exista una mayor sensibilidad del sistema deltáico a la acción erosiva, concretamente a la acción del

oleaje directamente y sus variantes como son las rip currents, surcos de marea y relacionado con estos, los diferentes niveles de la marea durante el día (recordemos que el tipo de marea en estas playas corresponde al de las mareas mixtas semidiurnas).

Como ya se mencionó, todos estos procesos son concomitantes y su acción continuada apenas se empieza a sentir y diferenciar.

Esto conlleva a pensar en la posibilidad de cambios importantes y continuados en un futuro no muy lejano, que pueden acelerarse si las acciones para disminuir o frenar dichos cambios no son las adecuadas.

Si se considera que la mayor parte de las obras de protección fueron diseñadas y construidas estrictamente sobre la anteplaya (Urtiz, 1985) y que, actualmente el 99% de ellas se encuentran en franca exposición a los procesos marinos dividiendo su estructura en una zona de playa y rompientes, es claro notar que la acción degradante y regresiva del delta continúa; asimismo,

al comprobarse en campo este hecho, no sólo se encontraron las estructuras en las condiciones descritas, sino que en el peor de los casos se manifestaron estas condiciones aislando ya a uno de los espigones (ver foto no. 4.1), mientras que el resto de ellos en su mayoría se someten a un fuerte trabajo erosivo en su parte posterior en el flanco de ataque.



Foto 4.1. En esta fotografía se muestra claramente como un espigón ha quedado totalmente rodeado por el mar; lo que significa por un lado, que el espigón no ha cumplido con el objetivo para el cual se construyó, y por el otro, que la energía del oleaje sigue actuando sin menoscabo de los espigones.

Así, al entender la evolución del sistema deltáico, se puede considerar una etapa regresiva ó degradante que funciona actualmente aunque en forma más lenta de lo que se había manifestado en las últimas dos décadas; sin embargo, la constancia de los procesos modeladores han repercutido de forma tal, que en un periodo de seis meses se encontraron cambios significativos (siendo éste el periodo de distanciamiento entre el trabajo de campo realizado en invierno y verano).

Finalmente en la exposición descrita por CIFSA (1984), se encontró una estimación promedio de retroceso costero con referencia a la línea de costa de 1984 que abarca un rango de 600 y 800 metros más, implicando con ello la desaparición de una parte muy extensa de los terrenos de SICARISA, y la pérdida total de los de FERTIMEX.

En forma de extracto, se considera que la etapa regresiva del delta continuará hasta el momento que el sistema natural encuentre su equilibrio, el cuál fue estimado en un retroceso continuo y establecido hasta los puntos citados expuestos tanto por CIFSA (1984), como por Lara Flores y J. Sánchez (1989).

CARTAS DE ENERGIA LITORAL Y RIESGO

GEOMORFOLOGICO.

A partir de lo anterior, se decidió realizar una carta de energía litoral, tomando en cuenta todos aquellos elementos que intervienen en la presencia del fenómeno costero²; de acuerdo con esto se obtuvieron rangos en los que se manifiestan valores del estado de la costa con respecto a la susceptibilidad de los procesos actuantes, la erosión y/o estabilidad de la misma.

De estos rangos, la mayoría se encontró entre los cuatro primeros valores: el valor mayor especialmente frente a las costas de FERTIMEX (ver foto 4.2) para ir disminuyendo en forma gradual hacia el espigón de Burras, siendo de valor medio el riesgo de éste hacia Playa Azul aún frente a SICARTSA; por el otro lado la transición a los valores medios se presenta en la boca de La Necesidad, y por lo que respecta a la zona AM, también se encuentran valores medio-altos de riesgo.

² Lo anterior fue obtenido del ciclo de conferencias impartido por el Dr. VerSlappen del ITC (1 de Holanda, en 1989, y patrocinado por el Instituto de Geografía de la UNAM.

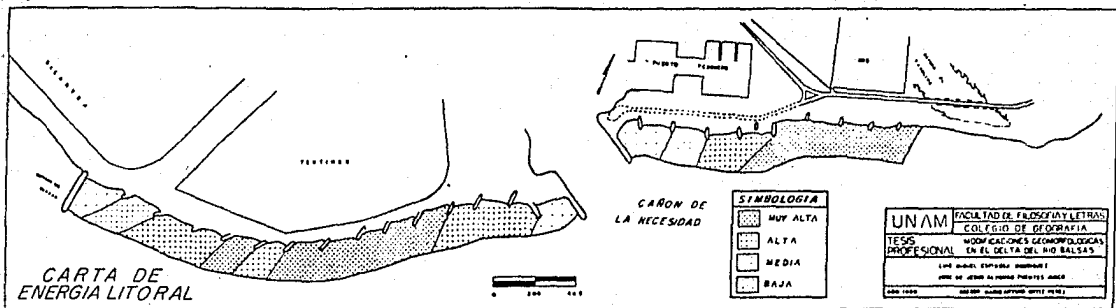




Foto 4.2 En esta fotografía se aprecia una berna de aproximadamente 1 m de alto, así como el material grueso que la compone y bloques dispersos de espigones (ver croquis geomorfológicos). Al fondo se observa la cercanía de las vías del tren. Esta foto se obtuvo frente a FERTIMEX y refleja finalmente, valores altos de energía.

Finalmente, otra carta que viene a corroborar lo anterior, ha sido elaborada mediante el empalme de los planos de oleaje, croquis geomorfológico, perfiles playeros, batimétricos, carta de influencia de relieve submarino y de energía litoral, demuestra las mismas condiciones expresadas energéticamente en valores

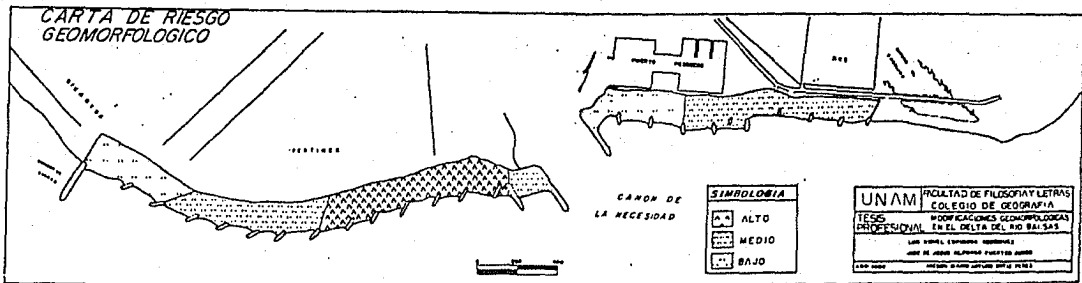
energéticamente en valores cualitativos principalmente (sin la exclusión de los cuantitativos).

Esta carta, llamada de "Riesgo Geomorfológico", demuestra a todos los elementos en juego, es decir, se basa por un lado, en los procesos presentes, las formas, pendientes, material de exposición y trabajo; así como en el retroceso costero; y por el otro, en las cartas de influencia del relieve submarino, de energía y planos de olas: los cuales convergen explicando la presencia de los niveles de energía encontrados como expresión de los procesos, y reflejados en las formas de la playa, textura y distribución de sedimentos.

Esta carta, simultáneamente con la de energía litoral, coincide casi en forma exacta para demostrar con ello la susceptibilidad y la inestabilidad del frente deltáico.

Así pues, en la carta de riesgos es en donde convergen todos los elementos analizados; de ahí su importancia no sólo para estimar actualmente la situación del delta, sino para poder realizar un pronóstico en el cual se manejen las alternativas de solución.

**CARTA DE RIESGO
GEOMORFOLÓGICO**



CANOA DE
LA NECESIDAD

SIMBOLOGÍA	
[Cross-hatched pattern]	ALTO
[Dotted pattern]	MEDIO
[Stippled pattern]	BAJO

UNAM	FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS
	COLEGIO DE GEOGRAFÍA
TESIS PROFESIONAL	MODIFICACIONES GEOMORFOLÓGICAS EN EL DELTA DEL RÍO BALSAS
	LABORATORIO DE INVESTIGACIONES GEOMORFOLÓGICAS
	DR. JOSÉ ANTONIO GARCÍA GONZÁLEZ
1980	PROF. OSCAR GARCÍA GONZÁLEZ

ALTERNATIVAS DE SOLUCION

Para poder proponer alternativas o ideas para la resolución del problema en cuestión, es indispensable conocer algunos elementos en forma básica como es la forma del litoral, la morfología del fondo cercano a la costa, la exposición de los materiales constituyentes de las playas y la composición y estructura de la costa: así como la dinámica de cada uno de éstos en forma particular e integral a la vez; a partir del análisis de estos factores se abre la posibilidad de crear modelos efectivos que tengan como fin la protección, reconstrucción y conservación de la playa, ya que en este sector es donde se libera toda la energía del oleaje y los procesos marinos (Ramírez, 1985)

Para la costa del delta del Río Balsas, estos elementos son indispensables y las alternativas que se proponen de carácter natural y de infraestructura; giran en torno a ésta dinámica, por lo que se tratan de asemejar a un modelo natural funcional debido a que un problema de la naturaleza inducido por el hombre necesita una solución que preferentemente tenga el mismo carácter de la naturaleza.

Existen algunos elementos que se consideran. Si el problema se origina por la falta de aporte de sedimentos por la boca de Rurras principalmente y su cierre posterior, es entonces que lo primero que se debe hacer es buscar una fuente de sedimentos -aunque sea artificial- constante y con

las características de una granulometría difícil de remover por los procesos marinos.

Esta opción es posible ya que actualmente existe un dragado constante de las dársenas del puerto y las zonas que antes se rellenaban con ese material en su totalidad están cubiertas. El transporte del material a otros lugares sería muy costoso mientras que hacia la playa sería de menor costo.

De ésta forma al contar con una fuente de sedimentos constante se puede dar un paso adelante hacia la reconstrucción de la playa.

Esto es posible si se estudia a nivel dinámico costero el oleaje en baja profundidad, su dirección y capacidad de transporte. Conociendo lo anterior, se pueden vertir los sedimentos en las corrientes y retenerlos con represas y provocar acumulación artificial.

Por otro lado, las estructuras que se encuentran actualmente protegiendo la costa (foreshore) en cierta forma han disminuido la velocidad del retroceso, pero al no eliminar el proceso erosivo, éste sigue actuando en forma franca mostrado claramente en las fotografías aéreas y perfiles; por lo que indica que su orientación y posición probablemente no es la del todo correcta; para poder evaluar la dirección de estos espigones es necesario crear un modelo que escenifique su dinámica considerando también la longitud y distancia entre cada uno de ellos.

El objetivo de cualquier alternativa que se escogiera, es eliminar la pérdida de material al mismo tiempo que se disminuye la energía del oleaje.

CIFSA (1984) propone cuatro alternativas: el uso de espigones, protección marginal, tómbolos y alimentación playera; estas obras requieren un gasto económico muy fuerte el cual fué evaluado técnicamente, obteniendo como mejor resultado la protección marginal a base de enrocamientos de cuando menos de 1 500 kg cada uno.

Es claro que el problema erosivo es intenso y probablemente serán más de una las alternativas de solución que se apliquen, ya que se estima un retroceso aproximado entre los 600 y 800m de la costa (CIFSA, 1984).

A estas alternativas se les puede añadir otras dos: los tómbolos dobles que tendrían que ser puestos a prueba en modelos de refracción y difracción del oleaje, los cuales se sugieren por la forma de represa que formarían, además de la disminución de energía de entrada del oleaje; cabe señalar que éstos son una modificación de los autores a los tómbolos comunes; la otra alternativa es un sistema de amortiguamiento para las olas llamado "bloque de drenes", los cuales, como los anteriores tienen que ser evaluados y diseñados según las necesidades que predominen a lo largo del litoral, creando con ellos inicialmente un modelo técnico para conocer su funcionalidad y vida útil.

C O N C L U S I O N E S

A partir de la evaluación de los procesos concomitantes en el delta del Río Balsas, se han destacado puntos importantes que se encuentran englobados en diferentes aspectos de análisis, los cuales se muestran en los siguientes apartados:

PROCESOS

- Los procesos marinos son los únicos responsables del modelado actual de la playa desde la construcción de las Presas.

- La influencia marina que da forma a la playa adosada a SICARTSA y FERTIMEX pone en peligro a la infraestructura de sus instalaciones y al terraplén del ferrocarril.

- Por el trabajo energético dado existen diferentes formas de sedimentación reflejados someramente en la playa y la batimetría.

- Se manifiesta un trabajo energético puntual a lo largo de la costa; existiendo algunas zonas que captan una mayor cantidad de energía, por lo que son más susceptibles a la erosión.

- La convergencia del oleaje en canales de energía se dirige hacia Fertimex teniendo como direcciones principales W y SW; la divergencia caracterizada por el cañón submarino se ajusta al oleaje de la dirección S y SE, siendo la pareja del primer caso, la más importante para el modelado de las playas.

FORMAS

- Las diferentes expresiones morfológicas son indicadoras clave de la erosión existente.

- Las formas de los perfiles y su corta longitud indican erosión en los periodos de invierno y de verano, y por tanto, a lo largo del año.

- El ángulo de reposo aumenta considerablemente por la pendiente del perfil y la acción del oleaje favoreciendo el deslizamiento hacia mar adentro de flujos laminares de arenas y gravas.

- La exposición de la playa y su forma la hace más susceptible a la erosión y por tanto a la remoción del material constituyente hacia mar adentro, esto debido a los flujos de energía que se impactan en ella originados por el oleaje.

SEDIMENTOS

- La granulometría de las arenas indica tamaños finos con una fuerte tendencia hacia los diámetros medios y gruesos.
- Para cada muestreo existe una distribución homogénea que circunda los valores de tamaños medios de phi en las arenas.
- Desde el nivel de bajamar en foreshore hacia tierra dentro en upland, el tamaño del material va aumentando gradualmente debido a la intensidad y temporalidad de los procesos marinos.
- Existen bandeamientos por sectores a lo largo de la playa de grupos texturales por la razón citada anteriormente.
- Existe una gran mezcla de sedimentos determinando una pobre clasificación de allos.
- Para los periodos de estudio (invierno y verano), existe una clase homogénea de sedimentos.
- El 47% de la playa está constituido por gravas de tamaño pequeño a grande; lo que indica, un aumento del poder erosivo de las olas.
- A partir de la abundancia de arenas y gravas, se estima que existe una gran energía del oleaje que actúa en puntos críticos de la costa, específicamente frente a FERTIMEX.
- La acumulación de material es muy somera y casi inexistente a lo largo de la costa protegida.

- La dirección predominante del transporte de sedimentos es hacia el Este.

- La presencia de los tamaños de las arenas y gravas que se depositan actualmente para ser removidas hacia el mar, es evidencia de cambios texturales y del ambiente de sedimentación a través de los años.

EROSION

- La costa del Delta del Rio Balsas se encuentra en un notorio desequilibrio siendo la erosión el proceso que más destaca y el retroceso continuo su dinámica.

- El proceso erosivo comienza en el relieve submarino para continuar en la playa.

- La protección, reconstrucción y conservación de la playa es de carácter urgente, y debe ser seriamente planeada, ya que su carácter comprende por un lado una regeneración de tipo natural y otra en la que exista infraestructura.

- Se estima que el costo de las obras de protección es muy elevado pero aún rentable, ya que el cambiar ó perder el terraplén del ferrocarril, gran parte de las instalaciones de SICARTSA, los caminos de acceso a FERTIMEX y casi la totalidad de ésta planta, es mucho más costoso que cualquier tipo de obras que se realicen para eliminar el carácter degradante y regresivo de la costa.

ESTADO DE LA COSTA

- En este momento la evaluación de la velocidad del retroceso de la costa no se puede conocer cuantitativamente en forma estricta, sólo cualitativamente, ya que es necesario hacer un seguimiento continuo de la playa del delta durante los siguientes periodos invernales y de verano, así como durante las tormentas.

- Las estructuras de protección de la playa (espigones) no funcionan como contenedores del material transportado; modificando mínimamente la energía de choque que se produce con el oleaje, produciéndose en ellas una disgregación ó aislamiento.

- La invasión de los diversos fenómenos marinos sobre otros ambientes no marinos, es clara muestra y evidencia del desequilibrio, erosión y retroceso de la costa existente.

B I B L I O G R A F I A

CARRANZA-EDWARDS. 1989. "Estudio sedimentológico de las playas del Estado de Chiapas, México" Instituto de Ciencias del Mar y Limnología U.N.A.M.

CERVANTES M. y MONROY S. 1989. Características sedimentológicas y evolución morfológica submarina del Delta del Río Balsas Tesis de Ingeniería Geológica. U.N.A.M.

CIFSA. 1984. "Estudios físicos y de control playero en Lázaro Cárdenas Michoacán" Estudio elaborado para la S.C.T.

COATES R.D. 1981. Environmental geology Wiley State University of New York at Binghamton, USA.

EMERY E.O. 1938. "Rapid method of mechanical analysis of sediments" Journal Sedimentary Petrology, vol. 8, no. 3.

FOLK and WARD, 1957. "Brazos river bar, a study in the significance a grain-size parameters" Journal Geology Petrol. vol. 27, no. 3 - 27.

FOLK. 1965. Petrology of sedimentary rocks Hemphill's Book Co., Austin Texas.

GALAVIZ S. y Gutiérrez Estrada, a. 1989. "Geomorfología del Delta del Río Balsas" En: Memorias I Congreso Internacional de Ingeniería Portuaria. AMIP, México, octubre 1989.

GALAVIZ S. y Gutiérrez Estrada, b. 1989. "Textura, densidad y porosidad de los sedimentos oceánicos frente al puerto Lázaro Cárdenas, Michoacán, México" En: Memorias I Congreso Internacional de Ingeniería Portuaria. AMIP, México, octubre 1989.

GILBERT C.K. 1914. The transportation of debris by running water US. Geol. Survey. Washington.

GUILCHER A. 1951. Morfología litoral y submarina Ed. Omega, Barcelona España.

GUTIERREZ ESTRADA M. 1971. "Fisiografía y sedimentología del Delta del Río Balsas" Boletín 93, Instituto de Geología U.N.A.M.

INMAN D.L. 1963. Sediments: physical properties and mechanics of sedimentation Harper & Row, New York.

INMAN D.L. 1952. "Measures for describing the size distribution of sediments" Journal of Sedimentary Petrology, vol. 22, no. 3.

INMAN D.L. Y Chamberlain, 1955. "Particle size distribution in near shore sediments" In: Finding Ancient Shorelines. Soc. Econ. Paleont. Min. Spec. Publ: 3.

KING A.M.C. 1975. Techniques in Geomorphology Ed. Arnold and Co. London England.

KRUMBEIN W.C. 1952. "A history of the principles and methods of mechanical analysis" Journal of Sedimentary Petrology, vol. 2, no. 2.

KRUMBEIN W.C. 1954. "Size frequency distributions of sediments" Journal Sedimentary Petrology vol 4.

LARA FLORES y J. Sánchez, 1989. "Método para predicción de la línea de costa en el Delta del Río" En: Memorias I Congreso Internacional de Ingeniería Portuaria. AMIP, México, octubre 1989.

LOPEZ G. 1972. "Valuación del transporte litoral en una playa" En: IV Congreso Nacional de Oceanografía, Noviembre, México D.F.

LUGO HUBF J. 1988. Elementos de Geomorfología Aplicada (Métodos cartográficos) Instituto de Geografía U.N.A.M.

LUGO HUBF J. 1989. Diccionario geomorfológico Coordinación de Ciencias, Instituto de Geografía U.N.A.M.

ORTIZ PEREZ M.A. 1985. "Fotointerpretación geomorfológica en el Delta del Río Balsas. Mich-Gro." En: Memorias VIII Congreso Nacional de Fotogrametría, Fotointerpretación y Geodesia, Morelia Michoacán, México.

PALACIO PRIETO J.L. 1985 "El croquis geomorfológico: una alternativa en Geomorfología Aplicada" En: Divulgación científica, Instituto de Geografía U.N.A.M.

PANIUKOV P. 1981. Geología aplicada a la ingeniería Ed. Mir Moscú.

FARRA GARCIA M. 1985. "Impacto ambiental en el puerto industrial Lázaro Cárdenas Mich." Tesis de Licenciatura. U.N.A.M.

PETTIJHON. 1963. Rocas Sedimentarias Ed. Eudeba. tr. Juan Turner, Argentina.

PUIG H. 1974. Phytogéographie et écologie de la Huasteca (NE du Mexique) Tesis, Université Paul Sabatier. Toulouse.

RAMIREZ T. 1985. "Método de reconstrucción y conservación de la playa" En: Resúmenes de I Reunión Nacional de Geomorfología. Instituto de Geografía U.N.A.M.

REIMINTZ and GUTIERREZ E. 1970. "Rapid changes in the head of the rio Balsas submarine canyon system. Mexico" Marine Geology no.8, Elsevier Holanda.

RESNIK R. y D. Halliday 1960. Física para estudiantes de ciencias e ingeniería CECSA, Parte 1.

RZEDOWSKI, Jerzy. 1978. Vegetación de México Ed. Limusa. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, I.P.N. México.

SARRH. 1979. "Plano batimétrico del Delta del Rio Balsas, escala 1:17 500" tomado de: Subsecretaría de Planeación, Dirección General de Protección y Ordenación Ecológica. Subdirección de Ingeniería SARRH.

SARUKHAN K.J. 1968. "Los tipos de vegetación arbórea en la zona cálida-húmeda de México" In: Fernington I.D. & J. Sarukhan. Manual para identificación de los principales árboles tropicales de México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y FAO. México D.F.

SHEPPARD F.P. and D.L. Inman, 1950 "Nearshore water circulation related to bottom topography and wave refraction" Trans. Amer. Geophys. Union.

SHEPPARD F.P. 1950. "Beach cycles in southern California" B.E.B. Tech. memo. 20. Washington D.C.

SHEPPARD F.P. 1967. The Earth beneath the Sea The Johns Hopkins Press. USA.

SHEPPARD F.P. 1973 Submarine Geology Scripps Institution of Oceanography. Third edition, New York.

STRALLER A. 1974. Geografía Física Ed. Omega, Barcelona España.

WENTWORT C.K. 1922. "A scale of grade class terms for clastic sediments" Journal Geology, vol 30.

WENTWORT C.K. 1933. "Fundamental limits the sizes of clastics grains" Science, New Ser., vol. 77.

A P E N D I C E

MEDIDAS ESTADÍSTICAS PARA EL ANALISIS GRANULOMETRICO.

1. Mediana ó diámetro mediano gráfico: ($Md\phi$)

Medida de tendencia central que corresponde al punto medio de la curva acumulativa, es decir, que se localiza el 50% del total de la muestra.

2. Moda: ($M\phi$)

Indica la frecuencia de ocasiones en la cual se presenta un mismo diámetro de las partículas, también es una medida de tendencia central.

3. Media: ($O\phi$)

Representa el tamaño promedio de los granos de la muestra, ésta es también una medida de tendencia central.

4. Desviación estándar: ($S\phi$)

Indica cual es la manera en que se distribuyen los granos de la muestra en torno a la mediana; a diferencia de las anteriores, ésta es una medida de dispersión.

5. Curvosis: ($S\phi/O\phi$)

Representa el grado de clasificación de las partículas; además de mostrar cual es la distribución de ellas dentro de la curva acumulativa.

6. Coefficiente de asimetría: ($Sk\phi$)

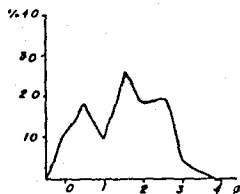
Con ella se representa el predominio del tamaño de las partículas en cuanto a su distribución en la curva de frecuencia acumulativa.

Esta se puede presentar positiva ó negativa, cuando es positiva indica granos finos y viceversa.

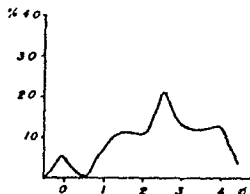
Las gráficas que se presentan al final, indican la distribución de los sedimentos dentro de una curva de frecuencia. La utilidad de ellas estuvo basada en la interpretación cualitativa de los parámetros estadísticos.

El ordenamiento de las muestras, corresponde para cada período de estudio (invierno y verano), las cuales fueron escogidas por ser las más representativas.

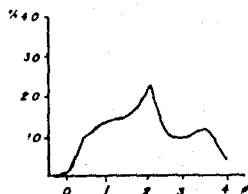
NUMERACION DE LAS MUESTRAS DE INVIERNO:



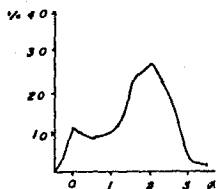
MUESTRA N 26
BAJAMAR



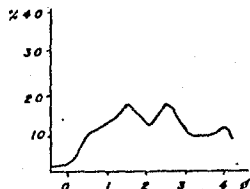
MUESTRA N 50
BAJAMAR



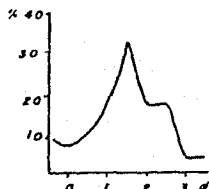
MUESTRA N 4
INTERMAREAS



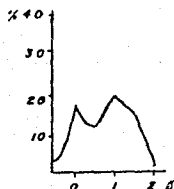
MUESTRA N 33
INTERMAREAS



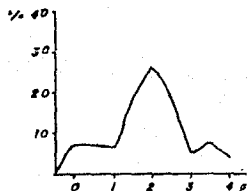
MUESTRA N 28
PLEANAR



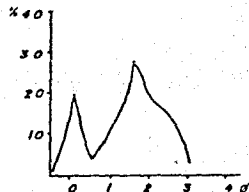
MUESTRA N 35
PLEANAR



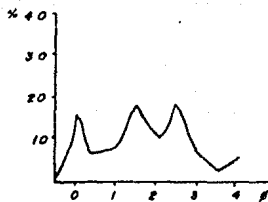
MUESTRA N 25
POSTPLAYA



MUESTRA N 39
POSTPLAYA

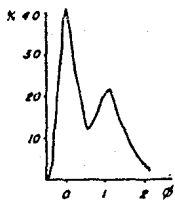


MUESTRA N 40
POSTPLAYA

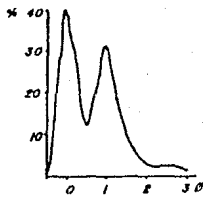


MUESTRA N 43
ALTAPLAYA

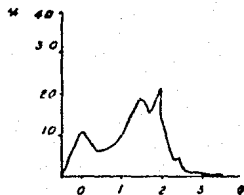
NUMERACION DE LAS MUESTRAS DE VERANO:



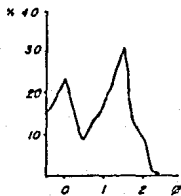
MUESTRA N 23
INTERMAREAS



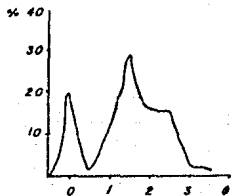
MUESTRA N 45
INTERMAREAS



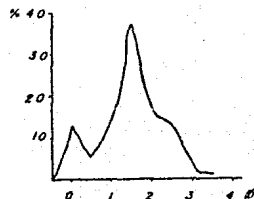
MUESTRA N 11
Bajamar



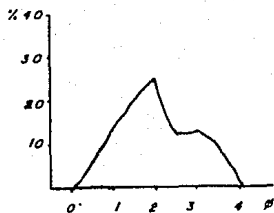
MUESTRA N 16
Bajamar



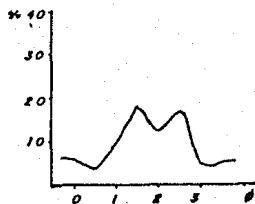
MUESTRA N 20
PLEAMAR



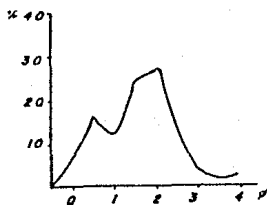
MUESTRA N 24
PLEAMAR



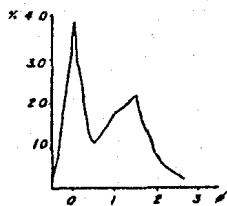
MUESTRA N 4
POSTPLAYA



MUESTRA N 42
POSTPLAYA



MUESTRA N 43
ALTAPLAYA



MUESTRA N 46
ALTAPLAYA



FACULTAD DE FILOSOFIA Y LETRAS
COLEGIO DE GEOGRAFIA



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS
COLEGIO DE GEOGRAFÍA

EL AUTOMOVIL Y LOS ESPACIOS DE LA CIUDAD DE MEXICO



TESIS PROFESIONAL PARA LA LICENCIATURA EN GEOGRAFIA
FEDERICO FERNANDEZ CHRISTLIEB

BREVE INTRODUCCION PARA UNA TESIS DE GEOGRAFIA

Después de sobrados cuestionamientos en todas direcciones sobre las formas poco ortodoxas de realizar una investigación, he considerado necesario advertir mediante este escrito ciertas ideas que sustentan el trabajo presentado y que lo desdibujan de la imagen ideal, seria y rigurosa con la que los futuros licenciados se dedican a realizar una tesis. El caso de la licenciatura en geografía es particularmente complejo (aunque muchos dirían lo mismo) porque no hemos sabido definir el "campo de estudio" propio de esta disciplina ni "los métodos" a los que debemos ceñirnos para que nuestra labor sea "eminente y geográfica"... afortunadamente.

Esto nos remite necesariamente a las concepciones predominantes sobre la Ciencia, sobre la Educación y sobre la Universidad. He de reconocer que en la Facultad de Filosofía y Letras las posibilidades que en otros lugares se cierran o simplemente no existen, son más amplias y flexibles y que por ello, a pesar de todo, he encontrado la manera de hablar de lo que me interesa sin guardar más que alguna formalidad con la división tradicional de los saberes y con el protocolo que caracteriza las formas universitarias. Sin embargo, generalmente los estudiantes se enfrentan a una intolerancia arrogante que emana de la estructura jerárquica con que se conduce la educación superior desde la Edad Media y que sigue vigente en la UNAM, incluso después de su primer Congreso en 1970. Así tenemos doctores en geografía (y en otras ciencias a lo ancho de toda nuestra casa de estudios) plagados de una torpe erudición que les impide aceptar formas nuevas y poco convencionales de realizar un trabajo académico. Para ellos y para la burocracia universitaria, las ciencias se definen por sus campos delimitados de estudio y por sus métodos específicos que en cada caso las caracterizan. Los saberes son cajones con folders llenos de terminajos técnicos que sólo se vinculan con la parte de la realidad que les corresponde, como si los problemas sociales vinieran en paquetes debidamente etiquetados.

Las deficiencias conceptuales de este modelo parcializador son tan evidentes, que para el caso de la geografía ya nadie sabe dónde meterla; en el bachillerato nos dicen que es una disciplina económico administrativa, pero sus estudios profesionales se imparten en la Facultad de Filosofía y Letras, mientras que el instituto donde se hace su investigación está enlistado en el área científica. Para sentirse bien, los sustentantes de esta clasificación de los saberes, han inventado esquemas con flechas que, dentro de la metáfora del conocimiento como un archivero, ligan un folder con otro y un cajón con los demás; hablan entonces de "ciencias auxiliares" y "ramas" de estas ciencias, haciendo de su esquema original, no uno más amplio, sino uno más complejo y limitado a pesar de sostener que la nuestra es una "ciencia-puente", "integradora". Su afán por decantar métodos más rigurosos en aras de la científicidad positivista, ha derivado en obstáculos insalvables para muchos de nosotros que vemos en los

problemas sociales una infinita revoltura de factores que no podemos (no debemos) estudiar por separado.

Quizá esta idea permanente nos llevó a seleccionar la licenciatura en geografía, pues a partir de su ambigüedad se podía jugar con los deseos de no encasillarse en títulos inamovibles. Lo cierto es que no existe en la Universidad la posibilidad de estudiar lo que uno quiere a menos que eso que uno quiere tenga un nombre y un apellido tediosamente precisos: "licenciado en geografía", "químico farmacobiólogo", "cirujano dentista", "medico veterinario zootecnista" y demás títulos superpulidos; como es de suponerse, el ser tal o cual cosa en nuestro medio te impide ser alguna otra o simplemente te impide ser. Así se levanta una pila de conflictos bastante agudos para los que no queremos ser nada, para los que entramos por la ventana a la educación y por el retrete a la universidad. Por eso aquella tarde de 1987 en medio de la discusión más profunda e interesante que jamás había tenido en el Colegio, decidí que yo nunca sería Geógrafo.

Como es de suponer, la inevitable continuación de mis estudios (mi cuerpo lo pide) tampoco habrá de heredarme ningún apellido, ni siquiera el de "historiador" que tanto me tienta. Un título en este sentido es un juguete necesariamente útil, y por lo demás, divertido; tramitarlo y asumirlo, son pasos sin los cuales las puertas de esta vida corporativizada e institucionalizada se nos cerrarían. Lo asumimos, pero no nos la creemos.

Entonces, la idea predominante a lo largo de la carrera consistió en mantener pura e inmaculada a la ciencia y respetar los feudos de conocimiento de los demás aplicando con celo y rigor la metodología propia para hacer de nuestro trabajo una "investigación científica". Con permiso de la "interdisciplinariedad", esa concepción del quehacer académico daba chance de pedir prestadas algunas experiencias y algunas ideas, pero nada más: en este ambiente todo lo que se podía conseguir era la repetición del conocimiento, la castración intelectual y las muertes de la imaginación y la creatividad.

Poco a poco fuimos comprendiendo (yo al último) que estos y otros males, emanados de la misma concepción, en el Colegio de Geografía eran excesivos. El deterioro de la carrera acabaría por arrastrarnos a todos por las playas de la estupidez. Romper con ello involucraba iniciar otros rompimientos estrechamente vinculados con esa manera de ver el mundo, y fue así como resolvimos enfrentarnos al autoritarismo, a la prepotencia y a la mediocridad, cobijadas ellas bajo el manto de un famoso nombre.

Esos fueron los mejores días, los días de las discusiones más airadas y profundas, los de un aprendizaje intensivo que jamás vío al pizarrón y que por el contrario vivió de noche y en la clandestinidad, luego de día y en las paredes, y más tarde de fiesta en las bocas de todos. Y es que para estudiar, para aprender, para investigar y para realizar una tesis de licenciatura era necesario crear este ambiente en el que

pudiéramos sentirnos enormemente felices, como jamás en el aula fue posible. De pisotear la solemnidad y el "deber ser" fue como nacieron ideas que si bien no eran "estrictamente científicas", sí eran más próximas a las situaciones que vive México, y por lo tanto, más útiles que homenajear a Vivó eternamente. Una de esas ideas -pienso- es la que me arrojó a iniciar este trabajo que para muchos nada tiene que ver con la Geografía.

Para realizarlo he partido de la vida cotidiana y de los inevitables de la calle en la Ciudad de México; nada más inmediato y más vulgar. Como método he caminado, a veces por fuerza y a veces paseando; he visto diferente desde la ventanilla del automóvil y he gozado los gestos del transporte colectivo. No me he sentido mal por ignorar metodologías ni por invadir los campos de estudio del urbanismo, la sociología o alguna otra disciplina. Las disciplinas y las metodologías son exactamente un coche a gran velocidad que nos impide bajarnos a palpar la vida y el mundo, a encontrar las razones de esta realidad y a proponer soluciones desde dentro del problema. En la medida que desbalemos ese coche nos podremos bajar más a menudo para entender de cerca los padecimientos de nuestra especie.