



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS

COLEGIO DE GEOGRAFÍA

**“VARIACIONES MORFODINÁMICAS DE LA COSTA
DELTAICA DE TABASCO”**

**TESIS
PARA OPTAR AL GRADO DE
LICENCIADA EN GEOGRAFÍA**

SUSTENTA:
MAGDIEL LYDIA BARRIOS RODRÍGUEZ

ASESOR:
DR. MARIO ARTURO ORTIZ PÉREZ





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 esta 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.

Índice de contenido

CAPÍTULO 1 GENERALIDADES GEOGRÁFICAS

1.1 Introducción	1
1.2 Hipótesis	2
1.3 Objetivos	3
1.4 Justificación	4
1.5 Secuencia de la disertación	5
Marco teórico-conceptual	
1.6 Conceptos operacionales	6
1.6.1 Definición de la costa	6
1.6.2 Definición de la línea de costa.....	7
1.6.3 Identificación de la línea de la costa	7
1.6.4 Indicadores de la línea de costa basados en rasgos visualmente perceptibles.....	10
1.6.5 Indicadores de la línea de costa basados en un datum de marea	10
1.6.6 Fuentes de datos para la detección de la línea de costa	12
1.6.7 Indicadores de la costa para el área de estudio.....	13
1.6.8 Cambios en la posición relativa de la línea de costa	15
Marco geográfico	
1.7 Características del área de estudio	16
1.7.0 Mapa de ubicación del área de estudio.....	17
1.7.1 Condiciones climáticas	18
1.7.2 Condiciones meteorológicas marinas en la zona de estudio	18
1.7.2.1 Lluvias y tormentas extremas.....	18
1.7.2.2 Lluvias de verano	19
1.7.2.3 Nortes	19
1.7.2.4 Mareas de tormentas	20
1.7.2.5 Ciclones tropicales.....	20
1.7.2.6 Incidencias del cambio climático en la costa.....	20
1.7.3 Ciclones tropicales en 2010 en la costa de Tabasco	21
1.7.4 Hidrodinámica	23
1.7.5 Sistema hidrológico	24

CAPÍTULO 2 RESULTADOS DE CAMPO Y GABINETE

Método y análisis de los perfiles de playa

2.1 Los perfiles topográficos como registro del estado morfodinámico de la playa	25
2.2 Localización de los perfiles de playa	26
2.2.1 Mapa de ubicación de los sectores de la línea de costa y perfiles de playa	27
2.3 Método del levantamiento de los perfiles topográficos de playa	28
2.3.1 Método en gabinete	28
2.3.2 Método en campo	29
2.4 Procesamiento de los datos de perfiles topográficos en gabinete	30
2.5 Caracterización del estado morfodinámico de las playas	31
2.6 Características geomorfológicas de las playas del área de estudio	32
2.6.1 Perfiles topográficos de estación del P1.....	34
2.6.2 Zonas morfológicas de la playa del P1.....	35
2.6.3 Perfiles topográficos de estación del P2.....	38
2.6.4 Zonas morfológicas de la playa del P2.....	39
2.6.5 Perfiles topográficos de estación del P3.....	42
2.6.6 Zonas morfológicas de la playa del P3.....	43
2.6.7 Perfiles topográficos de estación del P4.....	46
2.6.8 Zonas morfológicas de la playa del P4.....	47
2.6.9 Perfiles topográficos de estación del P5.....	50
2.6.10 Zonas morfológicas de la playa del P5.....	51
2.6.11 Perfiles topográficos de estación del P6.....	54
2.6.12 Zonas morfológicas de la playa del P6.....	55
2.6.13 Perfiles topográficos de estación del P7.....	58
2.6.14 Zonas morfológicas de la playa del P7.....	59
2.6.15 Perfiles topográficos de estación del P8.....	62
2.6.16 Zonas morfológicas de la playa del P8.....	63
2.6.17 Perfiles topográficos de estación del P9.....	66
2.6.18 Zonas morfológicas de la playa del P9.....	67
2.6.19 Perfiles topográficos de estación del P10.....	70
2.6.20 Zonas morfológicas de la playa del P10.....	71
2.6.21 Perfiles topográficos de estación del P11.....	74
2.6.22 Zonas morfológicas de la playa del P11.....	75
2.6.23 Perfiles topográficos de estación del P12.....	78
2.6.24 Zonas morfológicas de la playa del P12.....	79
2.6.25 Perfiles topográficos de estación del P13.....	82
2.6.26 Zonas morfológicas de la playa del P13.....	83

Método para el análisis de los sectores de la costa

2.7 Variación espacial y temporal en la línea de costa de Tabasco	84
2.8 Localización de los sectores de la línea de costa	85
2.9 Criterios metodológicos en el estudio de la morfodinámica de la línea de costa	86
2.10 Procesamiento en <i>ArcGis™</i> para determinar los cambios en la posición relativa de la línea de costa de Tabasco	87

CAPÍTULO 3 DISCUSIÓN DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES

3.1 Secuencia de los resultados	89
3.2 El perfil como instrumento de evaluación del estado morfodinámico de la playa	90
3.2.1 La migración y cambio en dimensiones de las zonas morfológicas de la playa	91
3.2.2 El cambio de pendiente del perfil topográfico	91
3.2.3 La intersección entre cada perfil de playa (P_{ABR} vs P_{JUL} , P_{JUL} vs P_{NOV} , P_{NOV} vs P_{FEB}).....	92
3.2.4 El porcentaje del volumen relativo de acreción y erosión	92
3.3 Análisis de cada perfil de playa	94
3.3.1 Perfil 1, playa de Nuevo Campechito 1.....	94
3.3.2 Perfil 2, playa de Nuevo Campechito A	97
3.3.3 Perfil 3, playa de San Pedro	100
3.3.4 Perfil 4, playa de Nuevo Torno Largo 1.....	103
3.3.5 Perfil 5, playa de Nuevo Torno Largo E.....	106
3.3.6 Perfil 6, playa de Nuevo Torno Largo 3.....	109
3.3.7 Perfil 7, playa de Nuevo Torno Largo 5.....	112
3.3.8 Perfil 8, playa de Nuevo Torno Largo 4.....	115
3.3.9 Perfil 9, playa de la Barra de Tupilco 3	118
3.3.10 Perfil 10, playa de la Barra de Tupilco 2	121
3.3.10 Perfil 11, playa de la Barra de Tupilco 1	124
3.3.10 Perfil 12, playa de Sánchez Magallanes 2.....	127
3.3.10 Perfil 13, playa de Sánchez Magallanes 1.....	130
3.4 Discusión y análisis de la variación de los perfiles de playa.....	133
3.5 Discusión y análisis de la dinámica de la línea de costa de 1995 a 2011; estimación del avance y retroceso de la posición relativa de la línea de costa por cada sector de estudio	135
3.6 Integración de los resultados finales de las tasas de avance y retroceso de la posición relativa de la línea de costa de Tabasco de 1995 a 2011	142
3.7 Conclusiones.....	144
3.8 Referencias citadas	146

CAPÍTULO 1. Generalidades geográficas

1.1 INTRODUCCIÓN

La extraordinaria complejidad y diversidad dinámica de las costas, hacen que sean de difícil entendimiento, por ello, para su comprensión, se requiere de una ardua tarea de observaciones sistemáticas y periódicas de las condiciones hidrodinámicas y de los cambios en la posición relativa de la línea de costa, estas observaciones forman parte de los estudios interdisciplinarios en los sistemas costeros.

La mayoría de los estudios costeros, como es el caso del sistema litoral, están enfocados en conocer la dinámica de los cambios, sea por erosión o depositación de sedimentos (Kronert *et al.*, 2001).

Es claro que la costa no es un ambiente aislado, recibe flujos de energía y material, donde constantemente interactúan procesos de entrada y salida, dichas variaciones pueden causar cambios en los componentes físicos (Haslett, 2009).

Un ejemplo que ilustra esta situación es el incremento en la energía del oleaje que intensifica los procesos como la dispersión, remoción y depositación de arenas en las playas. La mayoría de las costas en el mundo corresponden a la categoría de costas bajas arenosas y están sujetas a estas variaciones de las condiciones hidrodinámicas y del suministro de sedimentos (*ibíd.*).

Sin duda, la línea de costa está expuesta a continuos cambios ya sea por factores naturales o factores antrópicos, como obras portuarias y terrestres, que modifican también, en cierto grado, el régimen de oleaje y de corrientes que inciden sobre la costa y consecuentemente en el transporte sedimentario.

Nuestra capacidad de entendimiento y especialmente de predicción en los cambios de la posición de la línea de costa, es aún limitada, esto induce en ocasiones a una interpretación errónea en la información de los cambios en la posición relativa de la línea de costa, a un inadecuado manejo costero e ineficientes intervenciones ingenieriles (Stive *et al.*, 2002).

La llanura costera más extensa y una de las más importantes al sur del Golfo de México, es la llanura costera de Tabasco, asociada a procesos de sedimentación geológica reciente de la cuenca central del sistema hidrológico Mezcalapa-Usumacinta (Psuty, 1965).

1.2 HIPÓTESIS

La llanura aluvial costera más extensa al sur del Golfo de México se encuentra principalmente en el estado de Tabasco, aunque de manera predominante es una llanura fluviodeltaica. Esta llanura fluviodeltaica ha sido objeto de diversos estudios costeros, como resultado de la interacción de los procesos aluviales del sistema hidrológico Grijalva-Mezcalapa-Usumacinta (Psuty, 1965).

La costa de Tabasco presenta cambios notorios en el avance y retroceso de la posición relativa de la línea de costa, que se atribuyen, a la naturaleza de las variaciones en el sistema fluvio-lagunar-deltaico y al ajuste morfológico del frente de la playa a las condiciones hidrodinámicas, que es desigual de un sector de la costa a otro sector.

La dinámica de ambientes costeros expuestos al mar, como bocas e islas barrera, controlan la dispersión, remoción y depositación de los sedimentos transportados en flujos o canales adyacentes a los márgenes de las bocas y barreras, que originan zonas de depositación o erosión del frente de la playa.

La morfodinámica de la costa es el resultado de la interacción de variables que juegan un papel importante en los cambios de la posición relativa de la línea de costa, tales como:

- a) Cambios en las condiciones hidrodinámicas de la costa, principalmente, el ascenso relativo del nivel del mar, por el efecto de barómetro invertido, que es la respuesta de la superficie oceánica a los cambios en la presión atmosférica.
- b) Las variaciones en la circulación de los vientos y en las corrientes oceánicas, que son traducidos en una mayor intensidad de los ciclones tropicales, huracanes, mareas de tormenta, así como, entradas de “nortes” que afectan considerablemente a la costa de Tabasco.
- c) Cambios en la dinámica sedimentaria, afectada, principalmente, por el transporte litoral o deriva litoral a lo largo de la costa.
- d) La redistribución de los depósitos sedimentarios, generada, principalmente, por la difracción y refracción del oleaje y corrientes locales, cercanas a los márgenes de las islas de barrera y sus bocas.

1.3 OBJETIVOS

En el presente trabajo se enuncian los objetivos generales y particulares, de modo claro y preciso, que constituyen el punto central de referencia y dan coherencia al análisis de la morfodinámica de la línea de costa de Tabasco.

Esta investigación se guiará a través de los objetivos generales y específicos que se mencionan a continuación:

Objetivos generales

- Evaluar los efectos de la acreción y erosión que influyen en los cambios de la posición relativa de la línea de costa de Tabasco de 1995 a 2011.
- Identificar los cambios espaciotemporales de la línea de costa que se presentan, principalmente, por el ajuste morfológico del frente de playa a las condiciones hidrodinámicas y al impacto de fenómenos meteorológicos extremos.

Objetivos particulares

- Definir los sectores de costa de Tabasco con mayores cambios en la posición relativa de la línea de costa de 1995 a 2011.
- Estimar los valores del volumen relativo de acreción y erosión de sus playas.
- Caracterizar los cambios en las dimensiones de las principales zonas morfológicas de la playa: anteplaya, interplaya y posplaya.
- Identificar algunos de los efectos antrópicos, expresados en la alteración de los ecosistemas naturales adyacentes y en la dinámica natural de las costas tabasqueñas.

1.4 JUSTIFICACIÓN

Este trabajo es un esfuerzo a corto plazo, principalmente, para enfrentarnos a la carencia de estudios interdisciplinarios en el ámbito litoral mexicano, específicamente de la porción sur del Golfo de México.

De esta manera, la presente disertación pretende, consolidar el enfoque geográfico aplicado a metodologías específicas en la caracterización de la dinámica de las playas y de la selección y empleo de indicadores de la posición relativa de la línea de costa.

En algunos sectores costeros de México, tienen lugar importantes alteraciones en los geosistemas fluvio-lagunar-deltaico, principalmente, en las porciones directamente expuestas al mar, como bocas, islas barrera, humedales, lagunas costeras y estuarios, como es el caso de las costas de Tabasco. Estos ambientes transforman y cambian a su vez, los mecanismos de estabilidad o autorregulación en sus playas.

El geosistema fluvio-lagunar-deltaico de Tabasco, desarrollado por el sistema Grijalva-Usumacinta, de acuerdo con Ortiz (1992), ha sido identificado y alterado en su esencia, coherencia e integridad morfológica, encontrándose en desequilibrio, e imposibilitando la capacidad de regenerarse.

La vulnerabilidad en la compleja trama ecológica de los ecosistemas adyacentes a la costa y sus repercusiones socioeconómicas en el propio estado de Tabasco, son una preocupación a nivel nacional y estatal, así como de sus Instituciones educativas, como es el caso de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.

Monitorear y cuantificar los cambios de la costa de Tabasco, ha sido identificado como prioridad a nivel estatal, por el impacto en las modificaciones geográficas a su territorio.

De esta manera, la presente disertación forma parte del desarrollo del proyecto “*Análisis de variables relacionadas al cambio climático e indicadores de monitoreo de su impacto en zonas de conservación*” de la Red Académica sobre Desastres de Tabasco FOMIX-Gobierno del estado de Tabasco (TAB-2007-C10-82422/02), realizado bajo la dirección de la Dra. Lilia Ma. Gama Campillo, División Académica de Ciencias Biológicas (DACBIOL), Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT) y la colaboración del Dr. Mario Arturo Ortiz Pérez, Departamento de Geografía Física, Instituto de Geografía, UNAM.

1.5 SECUENCIA DE LA DISERTACIÓN

La secuencia adoptada en el desarrollo del presente trabajo, aborda, centralmente, el análisis en los cambios morfológicos de la playa y las tasas de avance-retroceso de la posición relativa de la línea de costa de 1995 a 2011.

Estos cambios morfológicos, conllevan modificaciones en tamaño y aspecto, por lo que su estudio se fundamenta en el análisis de:

- a) Los perfiles topográficos, como registro del estado morfodinámico de la playa.

El análisis en los cambios morfológicos, comprendió la visita a campo, en los sitios de la costa previamente seleccionados, básicamente, se realizaron transectos topográficos perpendiculares a la playa, con observaciones durante un día, en abril, julio y noviembre de 2010 y febrero de 2011.

En el análisis de los cambios de la morfología de la playa, se realizaron un total de 48 perfiles topográficos y se recolectaron muestras de sedimentos de las zonas morfológicas de la playa; anteplaya, interplaya y posplaya, para su correlación posterior, en la migración relativa de estas zonas.

- b) Las variaciones morfodinámicas de los nueve sectores de la línea de costa de 1995 a 2011.

En la evaluación de los cambios en la posición relativa de la línea de costa del estado de Tabasco, se identificaron 9 sectores, definidos por elementos del análisis espacial, principalmente, morfología física, adyacencia, proximidad a ambientes expuestos hacia el mar, como bocas, islas barrera, cordones litorales y paisajes geomorfológicos.

Los 9 sectores, se ubican desde la desembocadura del río Tonalá, frontera política estatal entre Veracruz y Tabasco, hasta el río San Pedro-Pablo, frontera política estatal entre Tabasco y Campeche.

En la zona de estudio, a lo largo de la línea de costa de Tabasco, se identificaron las tasas de erosión y acreción, de 1995 a 2011, para establecer las variaciones de la posición relativa de la línea de costa, con ayuda del Sistema de Información Geográfica, *ArcGis versión 9.3, ESRI™*.

1.6 CONCEPTOS OPERACIONALES

Los conceptos operacionales son parte del conjunto de nociones conceptuales, indispensables para la interpretación y entendimiento de este trabajo. Los conceptos operacionales más sobresalientes que se enumeran a continuación y que se consideran indispensables para el análisis de los problemas aquí abordados son:

1. costa
2. línea de costa
3. identificación de la línea de costa establecida por indicadores
4. indicadores de la costa basados en rasgos visualmente perceptibles
5. indicadores de la costa basados en un datum de marea
6. fuentes de datos para la detección de la línea de costa
7. indicadores de la costa para el área de estudio
8. cambios en la posición relativa de la línea de costa

1.6.1 DEFINICIÓN DE LA COSTA

En esta disertación, es abordada la falta de cohesión en las generalidades conceptuales en materia de ciencias costeras. Los paradigmas conceptuales, que más difieren en el ámbito científico costero, se refieren a la definición de la costa, y la diferenciación de ésta con *coastline*, *coast line* y *shoreline*, que para fines de este trabajo son de indispensable interés.

De acuerdo a la NOAA (*Coastal Services Center*), en su informe *Considerations involved defining the shoreline (2009)*, se deduce por jerarquía de términos, que:

Coast line. Es usado para describir la línea de bajamar y la línea de “cierre” entre los cuerpos de agua interior, dicho término es usado únicamente en Submerged Lands Act, igualmente empleado que *baseline* (Reed, 2000).

Coastline. Término que refiere la interfaz entre la tierra y el agua, es un concepto más general que *coast line* (*ibíd*).

Shoreline. Concepto aludido a la línea de demarcación entre la porción expuesta de la playa y la superficie del agua (Komar ,1998).

Shoreline (Coastline). Término que refiere la intersección de la tierra con la superficie del agua. En áreas afectadas por las fluctuaciones de las mareas, esta línea de contacto es definida por el *MHW, mean high wáter (NOAA, 2006)*.

En un breve examen de la definición de costa, Haslett (2009) refiere que ésta es simplemente la superficie donde la tierra se encuentra con el mar.

Para fines de este trabajo, se adoptará la definición referida en *The Encyclopedia of Coastal Science* de (Schwartz, 2005): la **costa** es la zona que tiene variaciones en anchura, donde la superficie de la tierra se encuentra con el mar y tienen interacción la litósfera, la hidrósfera y la atmósfera.

1.6.2 DEFINICIÓN DE LA LÍNEA DE COSTA

Una definición idealizada considera a la línea de costa (*Shoreline*) como la demarcación que coincide con la interfaz de la parte emergida y la superficie del agua (Dolan *et al.*, 1992).

The Encyclopædia of Coastal Science de Schwartz (2005), define (*Shoreline*), como al borde del agua, moviéndose constantemente, influenciado por el aumento de las mareas. Este término es utilizado como sinónimo de *Coastline* pero es usado haciendo distinción que *Coastline* es un término equivalente a *high tide Shoreline* (Stacey *et al.*, 1999), concepto que para fines de esta disertación no es abordado.

A pesar de su aparente sencillez, la definición de la línea de costa, es en la práctica un reto a aplicar. En realidad es impreciso pensar en un concepto estático; la dinámica continua a la que es expuesta la línea de costa a través del tiempo, impide definir claramente esta noción conceptual.

De acuerdo a las investigaciones y conceptos de Boak and Turner (2005), la línea de costa, debe ser considerada en un sentido temporal, y la escala de tiempo elegida dependerá del contexto de la investigación. Definida de esta manera como la interfaz tierra-agua en un instante de tiempo dado, que para fines de esta disertación es el que se adopta.

1.6.3 IDENTIFICACIÓN DE LA LÍNEA DE LA COSTA

La identificación de la línea de costa contempla dos variantes, principalmente, a) la selección y definición de las características de los indicadores de la línea de costa (**ilc**) y b) la detección de la costa en función de los datos disponibles.

La interpretación visual subjetiva, prevaleció en las técnicas de detección de la interfaz de la tierra emergida con el agua. Hoy es posible utilizar métodos objetivos para la detección de la línea de costa justificados en datos topográficos, fotogrametría reciente y técnicas de procesamiento de imágenes digitales.

Es difícil aún, el desarrollo de la percepción cuantitativa y el entendimiento basado en los procesos y características de los indicadores de la línea de costa (Boak and Turner, 2005).

La Fig. 1.1 ilustra algunos de los indicadores de la línea de costa comúnmente más utilizados, por su ubicación topográfica respecto al nivel de mar, su ubicación a ellos mismos y su relativa permanencia sobre las playas.

Los indicadores de línea de costa, generalmente, se clasifican en dos categorías. La primera categoría agrupa a los indicadores de la costa que pueden apreciarse a simple vista, mientras que la segunda agrupa a los indicadores que están basados en un datum de marea específico (*ibíd*).

Esquema de la relación espacial entre los indicadores de la línea de costa más utilizados

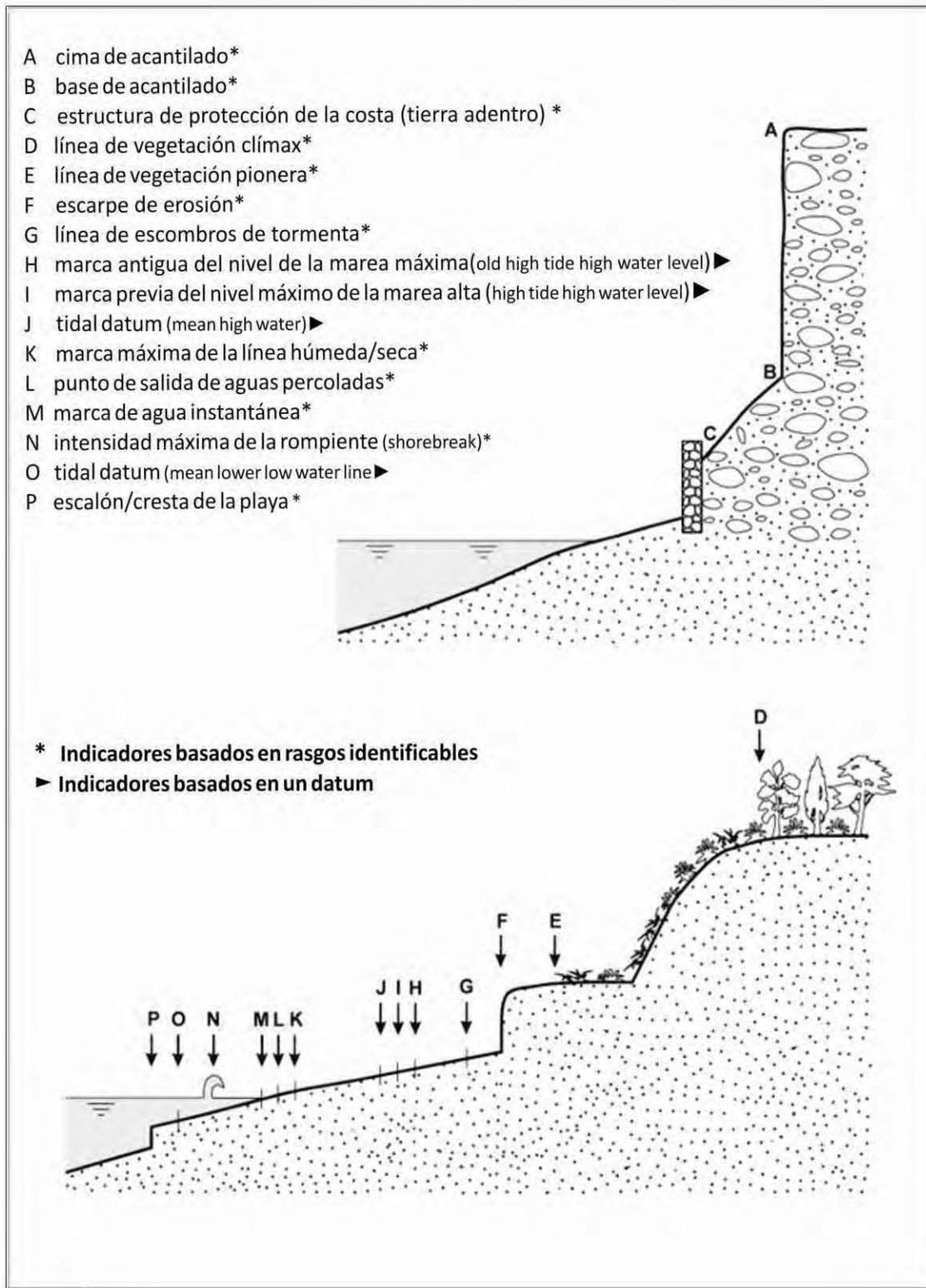


Fig. 1.1 Indicadores más comunes para establecer la línea de costa (modificado de Boak and Turner 2005).

1.6.4 INDICADORES DE LA LÍNEA DE COSTA BASADOS EN RASGOS VISUALMENTE PERCEPTIBLES

Un indicador visualmente perceptible, es un rasgo natural sobre la interfaz entre la parte emergida y la superficie de agua, que puede ser físicamente detectado. Son ejemplos de este tipo de indicadores, la marca previa del nivel máximo de la marea alta y la línea de escombros de tormenta, entre otros ejemplos que suelen utilizarse como indicadores perceptibles en la línea de costa.

Los términos de los indicadores de la línea de costa (**ilc**) utilizados en español, en esta investigación, son fundamentados en los términos en inglés de la versión original de Boak and Turner (2005). En la Fig.1.2 se ilustra las marcas o límites de los indicadores de la línea de costa.



Fig.1.2 Ejemplo de las características de una serie de indicadores visualmente perceptibles de la línea de costa, Barra de Tupilco (franja oriental), Tabasco. (Rasgos y términos de Boak and Turner, 2005)

1.6.5 INDICADORES DE LA LÍNEA DE COSTA BASADOS EN UN DATUM DE MAREA

En contraste, los **ilc** basados en un datum de marea, están determinados por la intersección de los perfiles topográficos de estación con una elevación vertical específica, definida ésta elevación, por los planos de marea de una zona determinada, por ejemplo, el nivel medio del mar (MSL). En la práctica, la decisión de utilizar tal o cuál indicador en alguna región determinada, dependerá de la disponibilidad y confiabilidad de los datos mareográficos, así como de la naturaleza del estudio.

El datum, es un valor de referencia, usado para calibrar un conjunto de magnitudes respecto a él. Un datum de marea es un plano de referencia de una elevación estándar definida por una cierta fase de la marea, se utiliza también, como referencia para medir

los niveles locales de agua. El datum vertical se emplea para medir elevaciones o profundidades submarinas (NOAA, 2010).

Para el Golfo de México, se emplea como referencia el Nivel de Bajamar Media (NBM), en el estudio de las mareas es común el NBM para la predicción de mareas, resultado del promedio de todas las bajamares, que incluye bajamares mayores e inferiores, por un periodo determinado.

PLANO DE MAREA (CICESE)	DEFINICIÓN
NPMS Nivel de pleamar media superior	Promedio de la más alta de las pleamares de cada día
NPM Nivel de pleamar media	Promedio de todos las pleamares
NMM Nivel medio del mar	Promedio de todas las mediciones
NBM Nivel de bajamar media	Promedio de todos las bajamares

Tabla.1.1 Los principales planos de marea utilizados para el Golfo de México. (CICESE, 1999)

Estas lecturas son promediadas para establecer un plano de referencia medio, conocido como el nivel medio del mar. El plano de referencia de América del Norte, basado en el nivel medio del mar, ha sido ajustado hasta ahora dos veces: en 1929 y en 1983.

El nivel medio del mar (NMM), es de hecho un plano de referencia, que fluctúa de acuerdo con los cambios de la presión atmosférica, los vientos, intensidades de marea, entre otros factores. Ha sido adoptado por la mayoría de los países como su plano de referencia vertical.

1.6.6 FUENTES DE DATOS PARA LA DETECCIÓN DE LA LÍNEA DE COSTA

Determinar la posición de la línea de costa, depende en su mayoría de las veces de la disponibilidad y veracidad de la información. No obstante, en la mayoría de los lugares donde se requiere determinar su posición, los datos son escasos o inexistentes. Por tal motivo, la utilización simultánea de diferentes **ilc** es necesaria para identificar con mayor precisión el nivel correspondiente a la posición de la línea de costa (Boak and Turner, 2005).

Algunas fuentes de datos que proporcionan los **ilc**, como las fotografías aéreas históricas aunque tienen un valor limitado en su aplicación cuantitativa, proporcionan información valiosa, como las características morfológicas en la expresión del relieve de la playa.

Los mapas históricos están asociados a errores en la información cartográfica, como la escala, algunas distorsiones en el relieve, y errores en la proyección, sin embargo, proporcionan información referente al registro histórico de los cambios en la posición relativa de la línea de costa, cuando ésta no se encuentra disponible en otras fuentes de datos (Boak and Turner, 2005).

Las fotografías aéreas verticales, proporcionan información instantánea, de ellas se obtienen características útiles para determinar la posición de la línea de costa. Existen *softwares* que permiten la digitalización de la línea de costa, a partir de las fotografías aéreas escaneadas, donde pueden obtenerse modelos digitales de terreno e información de las elevaciones para referir el datum de marea. Las encuestas y el trabajo en campo son fuente de información más precisa (Lippmann *et al.*, 1990).

Durante la última década, se ha diseñado una amplia gama de procedimientos basados en técnicas de teledetección satelital y sensores remotos que facilitan, la delimitación de los rasgos de la línea de costa. Algunas de estas técnicas tienen la limitante de que su elevado costo restringe su utilización.

Por tal razón, determinar la posición de la línea de costa, se realiza, principalmente, en dos etapas, la primera requiere de la selección y definición de un indicador adecuado que enmarque la separación entre la parte emergida y la superficie del agua, mientras que la segunda fase, consiste en identificar la línea de costa, a partir de un indicador extraído de las fuentes de datos disponibles (Boak and Turner, 2005).

1.6.7 INDICADORES DE LA COSTA PARA EL ÁREA DE ESTUDIO

En este trabajo, los **ilc** empleados para la detección de la línea de costa son claros, bien definidos y se encuentran sujetos a una constante dinámica.

Por tal razón, al ser indicadores de erosión, deben de utilizarse conjuntamente con otros indicadores, como son la línea de escombros de tormenta o la línea de vegetación estable, a fin de reducir la posibilidad de una detección errónea en la posición de la línea de costa.

En algunas playas de este estudio, se requirió de un reconocimiento inmediato, debido a la variación constante de ciertos indicadores como la línea máxima del nivel de marea.

Algunos otros indicadores, fueron empleados como testigos topográficos, por ejemplo, estructuras antrópicas o cimientos de protección costera, debido a su posicionamiento en la zona superior de la posplaya, que indica una menor susceptibilidad a la erosión a corto plazo.

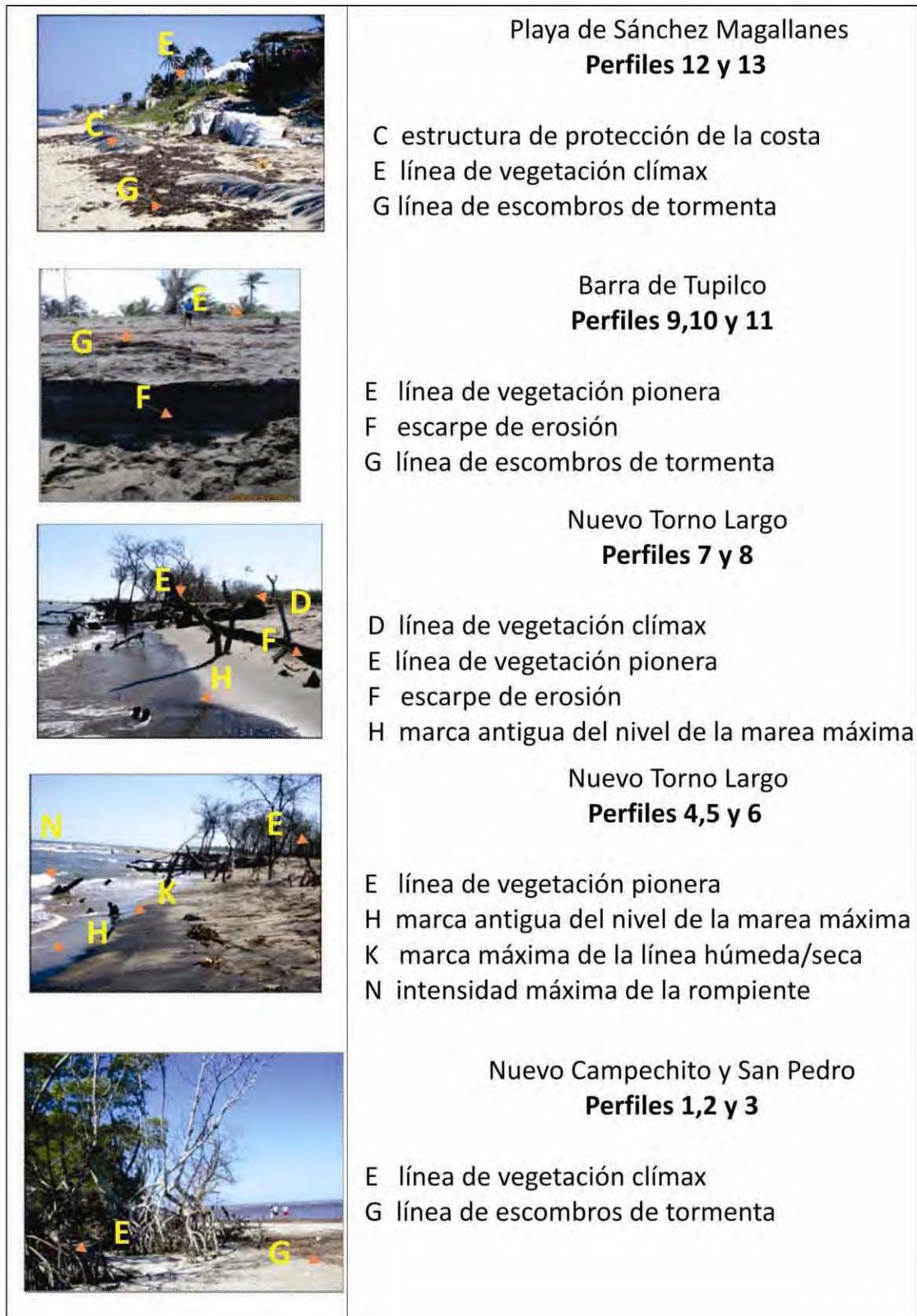


Fig.1.3 Principales indicadores de la línea de costa en los sitios del área de estudio.

1.6.8 CAMBIOS EN LA POSICIÓN RELATIVA DE LA LÍNEA DE COSTA

Algunas escalas de tiempo para la comprensión en la evolución de la línea de costa son consignadas en la terminología de acuerdo a Schwarzer *et al.*, 2003.

Tabla 1.2 Terminología aplicable a las diferentes escalas de tiempo en la evolución de la costa de acuerdo a Schwarzer *et al.*, 2003.

Escala de tiempo (años)	Variables
0.1	Micro-escala; eventos (mareas de tormenta, inundaciones, fluctuaciones del nivel del mar, descargas de ríos, deslizamiento de tierras)
1	Micro-escala; estacionales (variaciones de la línea de costa, periodos de oleaje (tempestuoso/calma), descargas de ríos)
10	Meso-escala; décadas (celdas de circulación y formación de dunas)
100	Macro-escala; centurias (balances sedimentarios (macro-escala), condiciones climáticas del viento y variaciones del nivel del mar)
1000	Macro-escala; milenios (balances sedimentarios (macro-escala), condiciones climáticas, variaciones del nivel del mar y neo-tectonismo)

El análisis de las variaciones de los perfiles de playa, está ubicado en el primer nivel de la escala de tiempo, ya que el monitoreo de esta investigación se realizó en un lapso menor a un año. Mientras que, el análisis de la variación en la posición relativa de la línea de costa, se ubica en el tercer nivel de la escala de tiempo, ya que comprende cambios en un periodo de dieciséis años, de 1995 a 2011.

Intentar utilizar los datos de los perfiles de playa, en la interpretación de los cambios en la posición de la línea de costa, es cambiar de escala interpretativa.

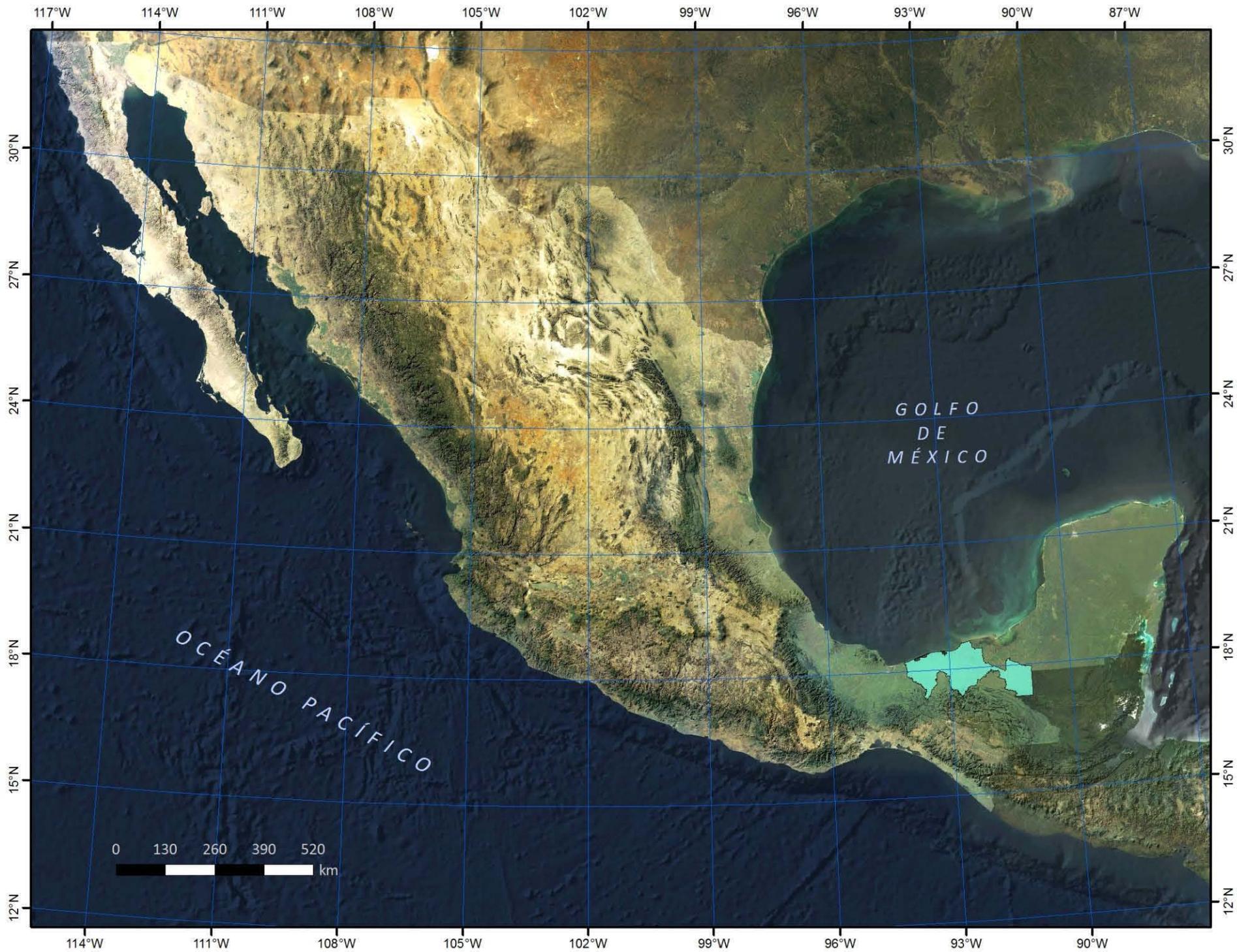
1.7 CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA DE ESTUDIO

Los límites del estado de Tabasco son naturales y administrativos, al Norte limita con el Golfo de México y Campeche; al Sur con el estado de Chiapas y la República de Guatemala; al Oeste con el estado de Veracruz, y al Este, con el estado de Campeche y la República de Guatemala.



Fig.1.4 Orientación y configuración espacial de la costa de Tabasco E-W.

Sus límites naturales están conformados, al Norte por 191 km de litoral o zona costera; en algunas partes del Sur por los ríos Mezcalapa, Pichucalco, Chacamax y Usumacinta; al Este, por los ríos San Pedro y San Pablo y, al Noroeste, por el río Tonalá.



1.7.1 CONDICIONES CLIMÁTICAS

Con objeto de dar un contexto suficientemente integrado, se recopiló la información de las características de mayor relevancia climática de la zona de estudio.

El tipo de clima de acuerdo a la clasificación de Köppen modificado por García (1973), corresponde al tipo Am(f)w''(i')g, caracterizado por ser tropical lluvioso, muy cálido, húmedo, con lluvias en verano. La temperatura promedio anual oscila entre 25.8 y 27.8°C, existe poca oscilación anual (de 5 a 7°C) de las temperaturas medias mensuales.

Hay dos tendencias en la distribución mensual de la temperatura, las más altas se presentan, generalmente, en mayo, mientras que, las más bajas ocurren en enero. La precipitación promedio anual oscila entre 2000 a 2500 mm, en el mes más seco se presenta, una precipitación menor de 60 mm (*ibíd*).

1.7.2 CONDICIONES METEOROLÓGICAS MARINAS EN LA ZONA DE ESTUDIO

La circulación general de la atmósfera y los procesos meteorológicos, modifican, principalmente, la línea de costa de Tabasco.

La frecuencia e intensidad de tormentas tropicales, así como, huracanes son el resultado de la influencia de la circulación general de la superficie caliente y húmeda proporcionada por el Golfo de México y la influencia de las bajas presiones.

Algunos elementos meteorológicos significativos que inciden en los cambios de la línea de costa son:

1.7.2.1 Lluvias y tormentas extremas

Las lluvias extremas, principalmente, las tormentas tropicales, se manifiestan en forma de un aumento en la intensidad y el número de precipitaciones, con vientos intensos y frescos, seguidos de precipitación torrencial de más de 30 mm/hr.

Hasta hace algunas décadas las precipitaciones fuertes eran del orden de los 200 mm en un día, recientemente, la intensidad de las tormentas severas, llegan en un día alrededor de los 300 mm (García, 1973).

Las lluvias de octubre y noviembre, principalmente, son relacionadas con la actividad de *nortes* en la zona del Golfo de México, los frentes fríos, combinados con los flujos de humedad de los fenómenos extremos, como ciclones tropicales, provocan precipitaciones muy intensas (*ibíd*)

El análisis simple de la relación de las lluvias y el caudal del río Grijalva, sugiere que, en octubre, las lluvias extremas aumentan el caudal del río, las lluvias del orden de 300 mm en un día, se traducen en cambios en el caudal del río, del orden de 300 m³/s.

1.7.2.2 Lluvias de verano

Las lluvias de verano, están relacionadas con una diversidad de elementos meteorológicos, como los huracanes en el Golfo de México y mareas de tormenta, principalmente, como parte del ciclo anual de las lluvias, se presentan dos máximos en la precipitación de verano, uno en junio y el otro en septiembre, también, un mínimo relativo en julio y agosto, conocido como canícula (García, 1973).

La variabilidad de las lluvias en verano está relacionada en gran parte con la posición de la Zona Intertropical de Convergencia (ZITC), en esta zona tiene lugar, la mayor actividad ciclónica, formándose huracanes intensos (Magaña, 1999).

1.7.2.3 Nortes

En el invierno, principalmente, las entradas de masas de aire resultan en una variación del estado atmosférico, a veces drástica, denominada *nortes*, que son intensos vientos que derivan de la propagación hacia los trópicos de las ondas que generan un fuerte contraste de presión.

Los *nortes* influyen, determinadamente, en las características del estado del tiempo y climatológicas, en la porción sur del Golfo de México, lo que se traduce en variaciones en los procesos geomorfológicos a lo largo de la línea costera de Tabasco.

En el periodo invernal, aproximadamente, treinta y cinco masas de aire frío, ingresan al Golfo de México. La frecuencia de estos fenómenos es altamente variable, pero se ha considerado que, ocurren quince frentes por año para el sur del Golfo de México, de los cuales se estima, un promedio de once *nortes*, que inciden con una velocidad entre 50-61 km/h (Psuty, 1966).

Estas invasiones de aire frío, son responsables, básicamente, de las temperaturas mínimas en la época invernal y de las precipitaciones cíclicas, producidas durante la temporada de invierno que generan las condiciones de mareas de tormenta.

1.7.2.4 Mareas de tormentas

Se refiere a la formación de una especie de domo de agua de 80 a 160 km de extensión, (García, 1973) que barre la línea costera, cerca de donde el huracán se aproxima o toca tierra. Esta condición es responsable de graves daños a las comunidades situadas a lo largo de la costa.

La marea de tormenta se produce por las bajas presiones centrales en los huracanes. La topografía submarina del océano y la trayectoria del huracán determinan en gran medida el efecto destructivo de las mareas de tormenta. Las planicies costeras expuestas, resultan particularmente vulnerables a este efecto.

1.7.2.5 Ciclones tropicales

En regiones tropicales como Tabasco, los fenómenos de mayor interés para el análisis de las variaciones en la línea de costa, son los ciclones tropicales, que son sistemas de baja presión, caracterizado por una circulación cerrada alrededor de un centro de baja presión y que produce abundante lluvia (Magaña, 1999).

De acuerdo a los cambios en la presión atmosférica, la velocidad y localización, un ciclón tropical con vientos menores o iguales a 62 km/h es llamado depresión tropical. Cuando los vientos alcanzan velocidades de 63 a 117 km/h es una tormenta tropical y, al exceder los 118 km/h, la tormenta tropical se convierte en huracán (Davies, 1980).

1.7.2.6 Incidencias del cambio climático en la costa

El cambio en la frecuencia, la intensidad y la persistencia de extremos climáticos, es un elemento determinante, del impacto y de la vulnerabilidad física de la costa, ante eventos hidrometeorológicos más extremos (Landa *et al.*, 2008).

Un planeta con temperaturas más elevadas resultará en un ciclo hidrológico más intenso, deshielo de los casquetes polares y glaciares, aumento en el nivel del mar y eventos hidrometeorológicos más frecuentes y extremos.

De acuerdo con los resultados de cambio climático para México (Gay, 2000), en las zonas costeras de mayor vulnerabilidad, la influencia del aumento del nivel del mar se manifiesta hasta 40 ó 50 km tierra adentro.

En el caso del río Mezcalapa-Usumacinta y los humedales de Centla en Tabasco, concluyeron que, el complejo deltaico Grijalva-Mezcalapa-Usumacinta, es una de las áreas costeras, por su extensión y relieve bajo, más susceptibles a inundaciones, erosiones de la playa y retrocesos de la línea de costa. Este mismo estudio, analiza los impactos significativos sobre los ecosistemas forestales, los recursos hidrológicos, la industria, la agricultura y los asentamientos humanos (Gay, 2000; Hernández *et al.*, 2008).

1.7.3 CICLONES TROPICALES QUE INCIDIERON EN 2010 EN LAS COSTAS DE TABASCO.

Esta relación se presenta como marco del estado del tiempo y de las condiciones climáticas extremas, imperantes durante el periodo de monitoreo realizado en campo, con el objetivo de tener una referencia de la magnitud de los fenómenos meteorológicos extremos, tales como tormentas tropicales y huracanes ocurridos en el lapso del estudio.

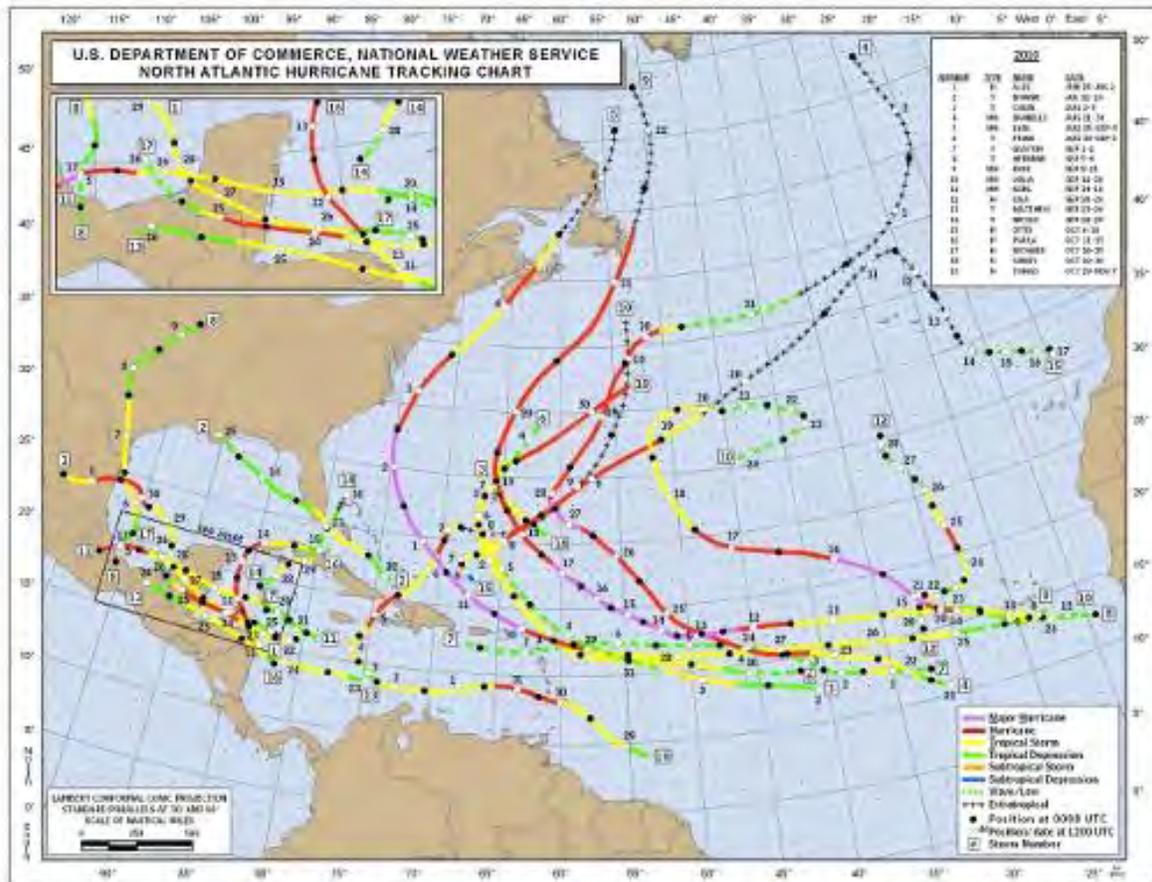


Fig.1.5 Trayectoria de Huracanes en el Atlántico Norte, HURACAN CENTER, NOAA, 2010.

Los efectos de un huracán derivan en diferentes tipos de daños en las costas micromareales, como es el caso de Tabasco. La mayor amenaza derivada de los huracanes son las mareas de tormentas, debido a que afectan las planicies costeras varios kilómetros tierra adentro, derivando en severas inundaciones.

Ciclón Tropical de la temporada de Huracanes	No.	DT (Depresión Tropical)	No.	Evolución meteorológica
Alex	1	Alex	1	La madrugada del 26 de junio, ya se encontraba como tormenta tropical a 355 km al Sureste de Puerto Bravo, Q. R., con vientos máximos sostenidos de 65 km/h y rachas de 85 km/h, afectando con bandas nubosas al estado de Tabasco.
		Hermine	10	Se localizaba a 260 km al Este-Noreste de Tuxpan, Ver. y a 300 km al Este-sureste de Tampico, Tamps., con vientos máximos sostenidos de 65 km/h, rachas de 85 km/h, afectación a Tabasco con lluvias torrenciales
Karl	10	Karl		El 17 de septiembre a las 04:00 horas local, "Karl" era ya un huracán mayor con vientos máximos sostenidos de 195 km/h y rachas de 240 km/h, fuerza con la que alcanzó la categoría III en la escala Saffir-Simpson, a 110 km al Este-Noreste de Veracruz, Ver., convirtiéndose en un huracán extremadamente peligroso, para las muy cercanas costas de Veracruz, mientras que las bandas externas del ciclón alcanzaban Veracruz, Tlaxcala, México, Morelos, Distrito Federal, Puebla, Oaxaca, Chiapas y Tabasco.
		Matthew	17	El 26 de septiembre a las 04:00 hrs el centro de Matthew se localizó al Sur de Chiapas a 150 km al Sur de Cd. del Carmen, Camp., desplazándose hacia el Oeste-noroeste y debilitándose sobre la sierra de Chiapas, sus bandas nubosas asociadas favorecieron lluvias intensas a torrenciales en Veracruz y Tabasco.
		Richard	19	"Richard" tuvo una duración de 6 días, tiempo en el que recorrió una distancia aproximada de 3,200 km a una velocidad promedio de 13 km/h. Toco tierra el domingo 24 de octubre por la noche muy cerca de Ciudad Belice como huracán categoría 1 en la escala de Saffir-Simpson, registrando vientos máximos de 150 km/h y rachas de 185 km/h, se reportaron lluvias máximas en 24 horas de 44.3 mm en Palizada, Camp., 39.0 mm en Escuintla, Chis., y 38.5 mm en San Pedro, Tabasco.

Tabla 1.3 Principales incidencias hidrometeorológicas en línea de costa de ocurridas en 2010.

1.7.4 HIDRODINÁMICA

En cuanto a algunas condiciones oceanográficas, de mayor interés para este trabajo son aquellas que se encuentran ligadas a los procesos hidrodinámicos, que determinan la morfología de las playas, como es el régimen de oleaje.

Se reconoce, principalmente, al oleaje asociado a tormentas tropicales, los vientos del frente frío (*nortes*), y por último al oleaje generado por vientos provenientes del NE, que en términos generales puede ser considerado como un oleaje intermedio-bajo, que contrasta con las condiciones de la época de nortes, donde se llegan a observar olas con mayores alturas (Lankford, 1977).

De acuerdo a las *Tablas de predicción de mareas del Golfo de México y Mar Caribe*, SEMAR (2008), el régimen mareal es de tipo *diurno*, y por altura, es micromareal, basados en la información de las dos estaciones mareográficas en funcionamiento; Dos Bocas y Frontera en Tabasco.

Las alturas promedio de oleaje oscilan entre 2.3 m y 1.4 m para el Noroeste, Norte y Noreste de la costa (SEMAR, 2008).

Las características de los planos de marea referidos al nivel de bajamar media, de las dos estaciones mareográficas, próximas a la zona de estudio; Dos Bocas y Frontera, Tabasco, se presenta a continuación:

Tabla 1.4 Planos de marea referidos al Nivel de Bajamar Media, para Dos Bocas y Frontera, Tabasco.

Estación: Dos Bocas		Estación: Frontera	
$\varphi: 18^{\circ} 25' 58''$ N $\lambda: 93^{\circ} 11' 20''$ W		$\varphi: 18^{\circ} 31' 26''$ N $\lambda: 93^{\circ} 39' 07''$ W	
Planos de marea referidos al Nivel de Bajamar Media			
Pleamar Máxima Registrada	1.010 m	1.180 m	
Nivel de Pleamar Media Superior	0.437 m	0.348 m	
Nivel de Pleamar Media	0.407 m	0.318 m	
Nivel Medio del Mar	0.220 m	0.178 m	
Nivel de Bajamar Media	0.000 m	0.000 m	
Nivel de Bajamar Media Inferior	-0.098 m	-0.081 m	
Bajamar Mínima Registrada	-0.770 m	-0.750 m	

1.7.5 SISTEMA HIDROLÓGICO

El principal sistema hidrológico que cubre la zona de estudio, es el sistema Grijalva-Usumacinta-Mezcalapa, que representa el 4.7% de la masa continental de la nación, y el 64% de la diversidad biológica nacional, habita dentro de este sistema (CONAGUA, 2010).

Los caudales del río Usumacinta-Grijalva, confluyen en su mayor parte dentro de los límites de las costas tabasqueñas, conformando el sistema fluvial de Tabasco. Estos ríos parcialmente navegables, desembocan en el Golfo de México, a través del Delta del río Grijalva, que ocupa la cuarta parte de los estados de Tabasco y parte de Campeche (*ibíd*).

La distribución hidrológica del sistema Grijalva-Usumacinta, se ilustra en el siguiente diagrama:

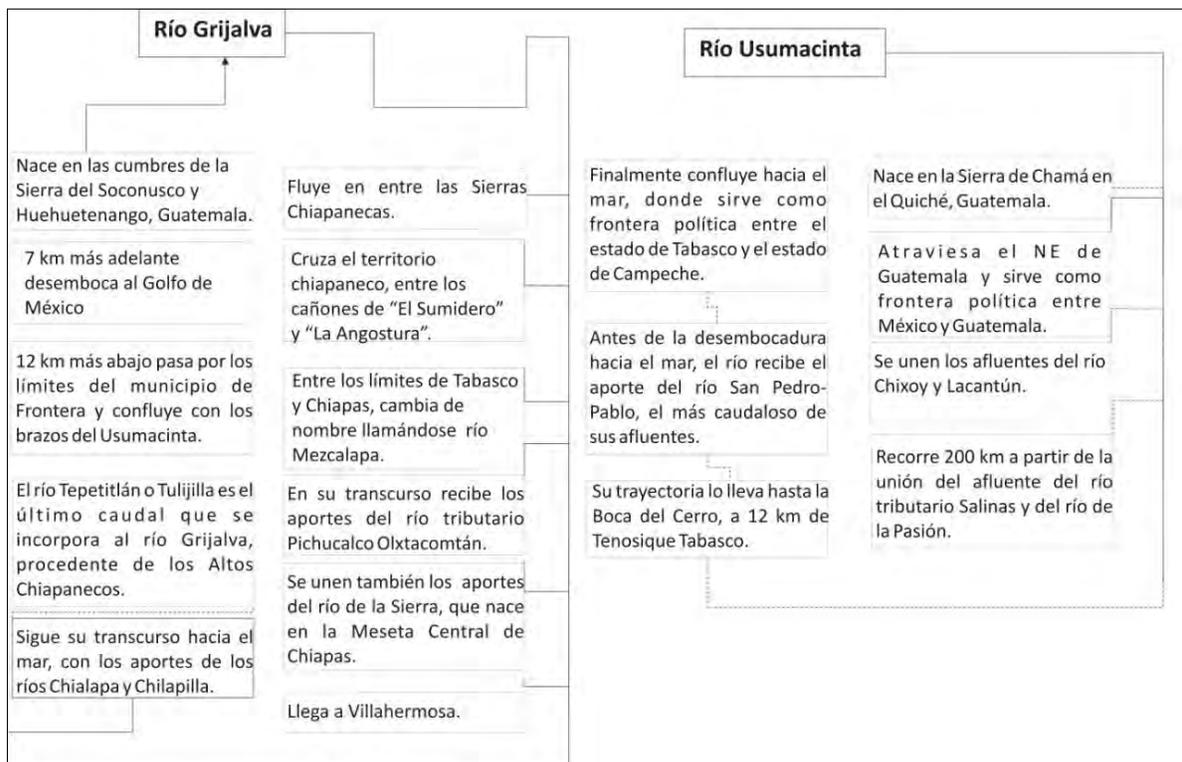


Fig.1.6 Sistema hidrológico Grijalva-Usumacinta.

Espacialmente se ha tratado de regular y controlar la energía de este sistema, siendo objeto de construcciones de presas en varios puntos de la cuenca alta del Grijalva-Usumacinta, cuya extensión abarca 83 553 km², de acuerdo a las estadísticas del agua en México 2010 de CONAGUA.

CAPÍTULO 2

2.1 LOS PERFILES TOPOGRÁFICOS COMO REGISTRO DEL ESTADO MORFODINÁMICO DE LA PLAYA

Con el fin de registrar las características morfológicas de la playa y su relación con los cambios en la posición relativa de la línea de costa, se determinó el perfil de playa, utilizando, principalmente, el método topográfico de transecto perpendicular a la playa.

El levantamiento de perfiles de playa, es un método totalmente aplicable, eficiente y práctico (Delgado and Lloyd, 2004; Larson and Kraus, 1994), del cual podemos desglosar y analizar los rasgos más representativos que nos permitan entender e interpretar cómo y de qué manera los cambios estacionales están teniendo incidencia en la morfología de la playa (Posada y Buitrago, 2009).

Una modalidad del método de los perfiles de playa, fue propuesto por Emery (1961), el principio de este método, está basado, principalmente, en el uso de dos varillas graduadas, cuya alineación y lectura tienen intersección con el horizonte, que determinan las elevaciones a lo largo del perfil.

Esta técnica, ha sido utilizada por los investigadores y los observadores voluntarios que monitorean la dinámica de dunas y playas costeras en los EE. UU. (Hill *et al.*, 2002; Jackson *et al.*, 2009 y Komar, 1998).

El monitoreo de los perfiles, utiliza básicamente, equipos topográficos cada vez más tecnificados, sin embargo, equipos como las estaciones totales o el geoposicionador satelital de precisión, están restringidos en su uso y disponibilidad para la mayoría de los usuarios interesados en estudios costeros (Komar, 1998).

Un método que posee simplicidad, portabilidad y, principalmente, un bajo costo sobre las técnicas tradicionales de medición, es el método de nivelación topográfica de segundo orden, (Andrade *et al.*, 2005), el cual consiste en calcular el desnivel, o diferencias de alturas, a lo largo de un transecto perpendicular a la playa, a determinados intervalos de distancia.

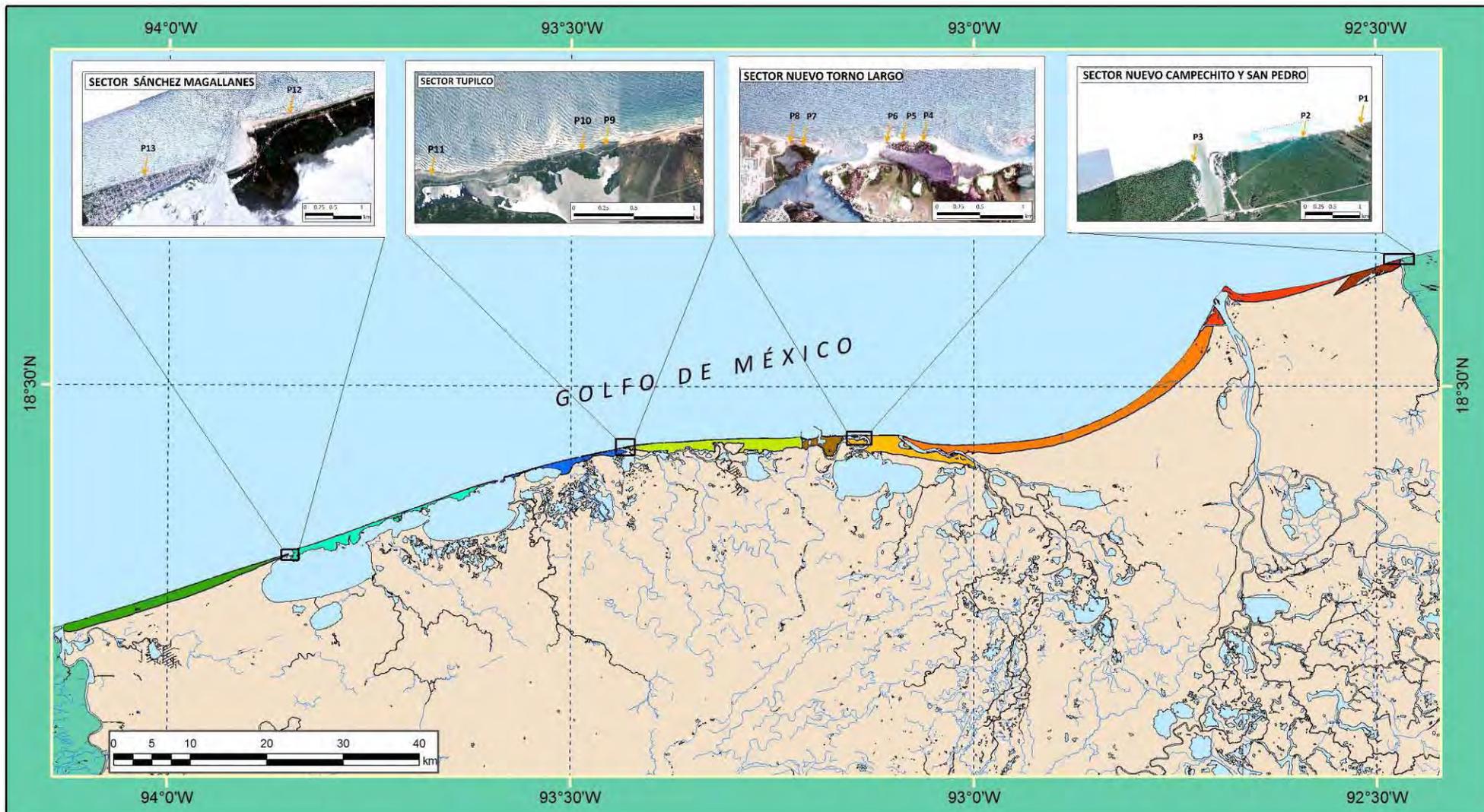
2.2 LOCALIZACIÓN DE LOS PERFILES DE PLAYA

Con el propósito de llevar a cabo un análisis comparativo en los perfiles de playa, se seleccionaron los sitios para las mediciones y observaciones, de acuerdo a los criterios y recomendaciones de Ortiz (1996), que están basados en la:

- a) Vulnerabilidad física en los sectores de la línea de costa expuestos a procesos de diversas magnitudes de erosión costera.
- b) Proximidad de las playas a las principales bocas, desembocaduras de ríos, estuarios y cuerpos lagunares.
- c) Accesibilidad para el monitoreo de las estaciones de los perfiles topográficos.

Los sectores de la costa donde se seleccionaron los sitios para el monitoreo de los cambios de la playa, se detallan en la siguiente. Tabla 2.1.

No. de perfil	Sitio	Sector
1	Nuevo Campechito	Sector 9. Del límite del flanco oriental del delta del Grijalva hasta Campeche
2	Nuevo Campechito	
3	Boca de San Pedro	
4	Nuevo Torno Largo 1	Sector 6. Del flanco del espigón oriental del Puerto de Dos Bocas al estuario del río González.
5	Nuevo Torno Largo 2	
6	Nuevo Torno Largo 3	
7	Nuevo Torno Largo 5	
8	Nuevo Torno Largo 4	
9	Barra de Tupilco 3	Sector 4. De la barra de Tupilco al Puerto de Dos Bocas (espigón occidental)
10	Barra de Tupilco 2	
11	Barra de Tupilco 1	
12	Sánchez Magallanes 2	Sector 2. De la "Boca Santana" a la "Boca Panteones", playa oriental de Sánchez Magallanes.
13	Sánchez Magallanes 1	Sector 1. De la boca del río Tonalá a "Boca Santana", playa occidental.



LOCALIZACIÓN DE SECTORES EN LA COSTA TABASQUEÑA

LEYENDA

- ríos
- agua

SECTORES

- | | | |
|---|---|---|
| 1 | 4 | 7 |
| 2 | 5 | 8 |
| 3 | 6 | 9 |

- Perfiles



Universidad Nacional Autónoma de México
 Facultad de Filosofía y Letras
 Colegio de Geografía
 Tesis de Licenciatura en Geografía



Elaboró: Magdiel Barrios Rodríguez

2.3 METODO DE LEVANTAMIENTO DE LOS PERFILES TOPOGRÁFICOS. DE PLAYA

Una vez seleccionados los sitios para las mediciones y observaciones de los perfiles topográficos, la secuencia del método utilizado para cada perfil de playa es la siguiente:

Método en Gabinete

1. Ubicación de los sitios seleccionados para realizar los perfiles topográficos de playa, en las cartas topográficas de INEGI. La descripción cartográfica de las cartas topográficas se detalla de la siguiente manera:

Escala 1:50,000 con esferoide WGS80, datum ITRF92 y proyección UTM, doble retícula ortogonal UTM impresa cada 1,000 m; líneas de cruces guía de longitud y latitud; cubrimiento aerofotográfico, y la equidistancia entre curvas de nivel de 120 m. Título al margen inferior derecho de las hojas correspondientes a la zona de estudio: FRONTERA E15B62, COCOHITAL E15A78, COMALCALCO E15A79 y SÁNCHEZ MAGALLANES E15A77.

2. Elaboración de formato para datos y observaciones en campo:

Coordenadas UTM BN	Rumbo del perfil	Sector/Localidad			Fecha/hora
φ :					
λ :					
Datum: ITRF 92 Esferoide: WGS 84	Perfil No._	Distancia vertical	Distancia horizontal	Zona de la playa	Observaciones
Altura-aparato: _____ (m)	punto 1				
	punto 2				
	punto 3				

Tabla 2.2 Formato de datos para campo.

3. Verificación del equipo y material utilizado en campo; nivel y trípode, estatal, cinta métrica, brújula de mano, cartas topográficas, geoposicionador satelital y material para la recolección de muestras de sedimento.

4. Organización de las rutinas de trabajo en campo y elección del itinerario a seguir en cada estación de monitoreo.

Método en Campo

5. Identificación de los indicadores visualmente perceptibles de la línea de costa (**ilc**), de los elementos morfológicos, de vegetación y antrópicos en los sitios correspondientes al área de estudio para una adecuada referencia en los perfiles.
6. Instalación y ajuste del equipo así como verificación de la altura del nivel para el resto de todas las lecturas posteriores.
7. Ubicación del banco de nivel para referenciar la posición de los perfiles de playa, con el fin de tener una posición fija para el posterior monitoreo en campo.
8. Orientación y rumbo de cada uno de los perfiles de playa a partir de la posición del banco de nivel establecido en cada sitio de muestreo.
9. Registro y medición de los cambios en la superficie de la playa, mediante el método de nivelación de segundo orden.
10. Recolección de muestras de arena, en cada uno de los perfiles topográficos, en la zona de posplaya, interplaya y anteplaya.
11. Seguimiento y registro de los perfiles de playa, al menos en la época seca y de lluvias, básicamente, con el fin de documentar cambios morfológicos de la playa, de una época a otra.

2.4 PROCESAMIENTO DE LOS DATOS DE PERFILES TOPOGRÁFICOS EN GABINETE

Los datos de los perfiles topográficos de playa, se procesaron mediante el método de nivelación simple. La distancia vertical medida de la superficie de referencia hasta un punto considerado, se denomina, nivelación (Montes de Oca, 1988), de esta manera, la nivelación determina las diferencias de elevación entre dos o más puntos del terreno (Jiménez, 1992).

El perfil topográfico es construido a partir de alturas obtenidas en cada lectura de la nivelación (Chaparría, 1995). Estas alturas están condicionadas al desnivel topográfico de la playa y a la altura del nivel, por lo que es importante que la altura del aparato sea constante y no varíe de un perfil de playa a otro (Jiménez, 1997).

Los ajustes en los datos de los perfiles topográficos buscan estandarizar las mediciones y la expresión real del terreno (Medina *et al.*, 1995), de esta manera, los cambios en las zonas morfológicas de la playa queden representados en los perfiles topográficos (Serta, 1994).

Posteriormente, el perfil topográfico es elaborado con el tratamiento de los datos en el software *Grapher™* versión 8.0, una útil herramienta para la creación de gráficas, en el cual, los datos son ingresados en un ambiente de hoja de trabajo, *worksheet manager*, y graficados en el submódulo de graficas, *Graph Wizard*, donde son seleccionados los diferentes *Plot Categories*, para una mejor representación del relieve, en el submódulo *Line* del software.

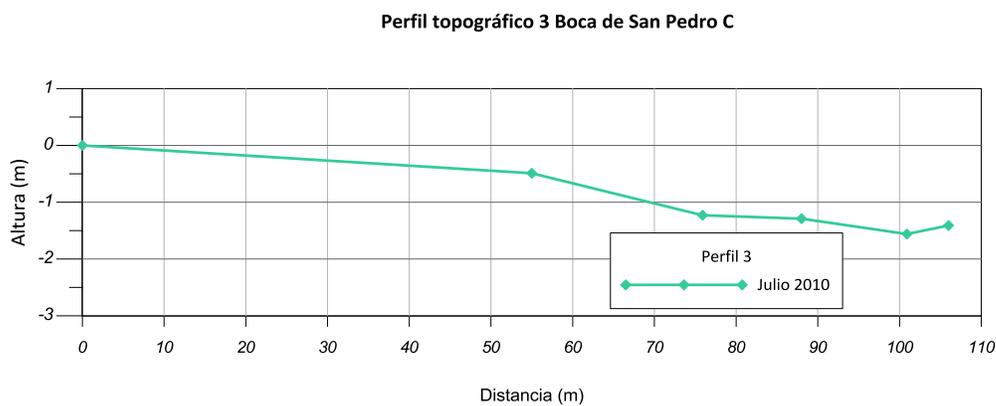


Fig.2.1 Ejemplo de perfil de playa realizado con *Grapher™* versión 8.0.

2.5 CARACTERIZACIÓN DEL ESTADO MORFODINÁMICO DE LAS PLAYAS

Los cambios de los perfiles de playa, revelan las características a una microescala, por lo que analizar los cambios mostrados en la configuración topográfica de la playa (Medina *et al.*, 1995), significa una aproximación interpretativa de las condiciones y variaciones en la dinámica de la costa deltaica de Tabasco, interpretada a un nivel mesoesalar.

Para fines de este estudio, se utilizó algunos criterios propuestos por Short (1996) para analizar los ajustes de la playa a las condiciones hidrodinámicas de cada sector en la costa, otros parámetros interpretativos importantes en la dinámica de la playa, son los propuestos por MacLachlan (1980), fundamentados en el grado de exposición de la playa a las condiciones del oleaje local.

A partir de elementos interpretativos se elaboró una tabla comparativa de las características más relevantes de la playa, los cuales dependen de la dinámica y de los parámetros que determinan la condición natural en los sitios donde se localizaron los perfiles topográficos a lo largo de cada sector de la costa, estos parámetros son:

- a) Altura y promedio de la ola.
- b) Tamaño de grano del material arenoso.
- c) Pendiente
- d) Grado de percolación
- e) Grado de exposición de la costa o “*abahiamiento*” (*embayment*).
- f) Intensidad y acción del oleaje

Las playas en cada sitio a lo largo de la costa fueron clasificadas de acuerdo a los parámetros anteriores. Estos parámetros están condicionados por las variaciones en las condiciones hidrodinámicas que juegan un papel importante en los cambios espaciales y temporales de cada playa (Masselink and Short, 1993).

En párrafos posteriores, se presentan las tablas comparativas de las propiedades de la playa, los perfiles topográficos y los esquemas de las zonas morfológicas de la playa, con el objeto de caracterizar el estado morfodinámico de cada playa.

El análisis puntual e interpretación de cada perfil topográfico de estación se aborda en el capítulo III.

2.6 CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS DE LA PLAYA

Perfil 1	Sistema Fisiográfico	Región natural	Sistema terrestre	Paisaje	Sitio
	Llanura costera del Golfo Tabasco-Campeche	Planicie deltaica	Planicie litoral abrasivo-acumulativa	Cordones	Nuevo Campechito 1

Tabla 2.3 Características fisiográficas del Perfil 1.

La playa de Nuevo Campechito está orientada al NE-NW, esta ubicada en una planicie de cordones litorales, donde inciden vientos dominantes de los Alisios, con oleaje de intensidad baja, menor a 1.5 m de altura y con un régimen micro mareal menor a 30 cm.

Este primer perfil, se ubicó a una distancia ~3 km de la desembocadura del río San Pedro-Pablo, con una orientación SE-NW, presenta parches de vegetación, donde se marcaron testigos topográficos y se tomaron las coordenadas UTM.

Tipo de playa		Tamaño promedio de ola	Tamaño promedio	Pendiente	Grado de percolación
PERFIL 1. NUEVO CAMPECHITO 1	Reflectiva	< 0.5 m	arena gruesa	7-10°	baja
	Intermedia	0.5-2 m	Arena fina a media	7-5°	intermedia
	Disipativa	2-3 m	Arena fina	< 5°	alta

Fig. 2.2 Esquema de comparación de las características de la playa del perfil P1.

Características cualitativas (%)	Cobertura natural en porcentaje de superficie (%)	Porcentaje de superficie con vegetación inundada	Perímetro de la playa en contacto con cuerpos de agua	Superficie ocupada por asentamientos humanos respecto a la superficie total de la playa (%)	Porcentaje de caminos con respecto a la playa
>80					
80-60	x				
60-40		x	x		
40-20					
20-10					
<10				x	x

Tabla 2.4 Interacción antrópica y natural P1.

	Grado de exposición	Intensidad	Acción del oleaje
PERFIL 1. NUEVO CAMPECHITO 1	playa sumamente expuesta	playas de alta energía	fuerte
	playa expuesta		moderado a fuerte
	(Transición)		
	playa protegida	playas de baja energía	poca

Fig. 2.3 Clasificación de la playa P1 basada en algunos de los parámetros de McLachlan (1980).

Nuevo Campechito 1, del perfil 1, es una playa intermedia con tendencia a una playa transitoria en exposición, por la oblicuidad de aproximación del oleaje e intensidad de energía, que en ella interactúa.

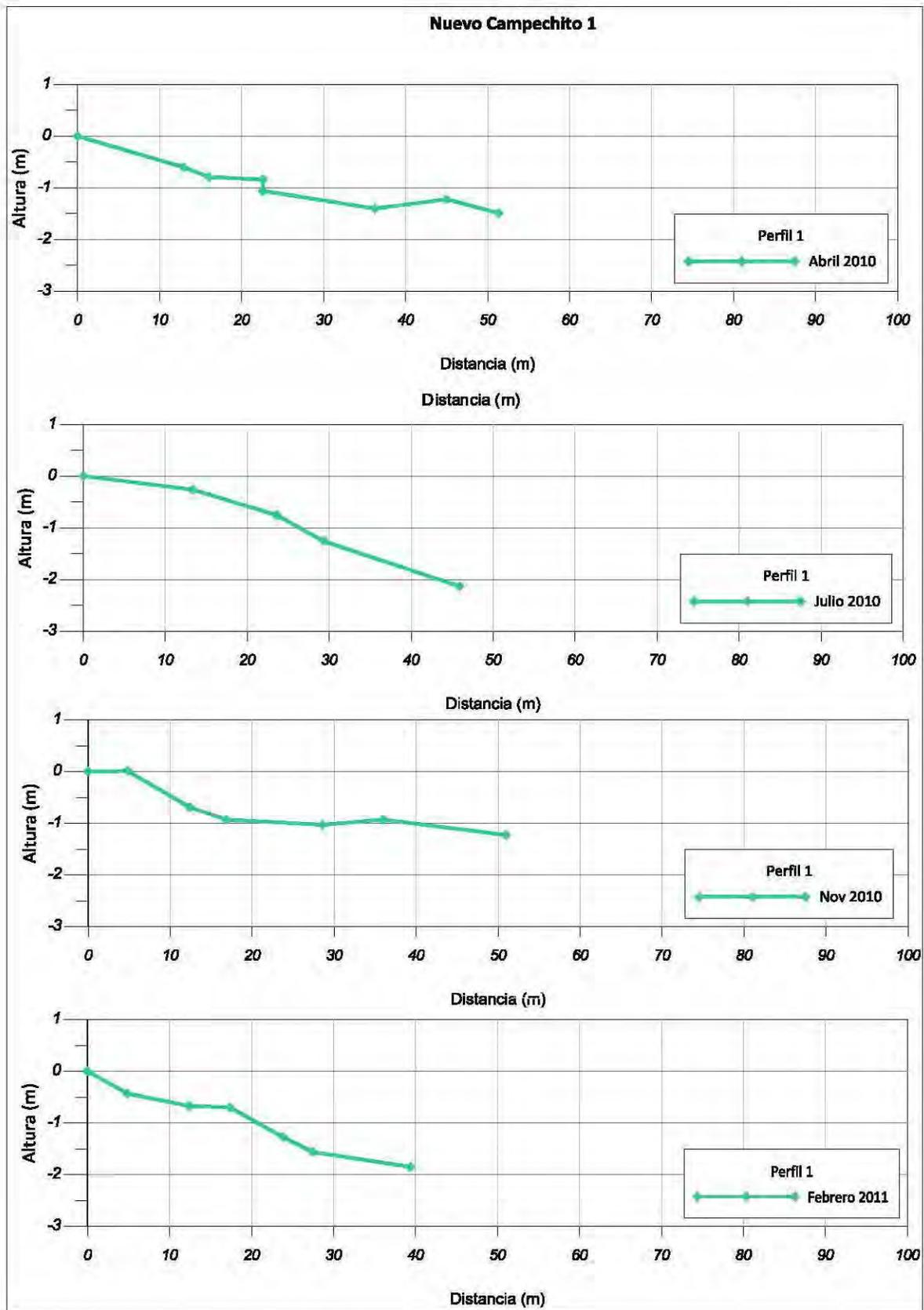


Fig. 2.4 Perfiles topográficos de estación del P1.

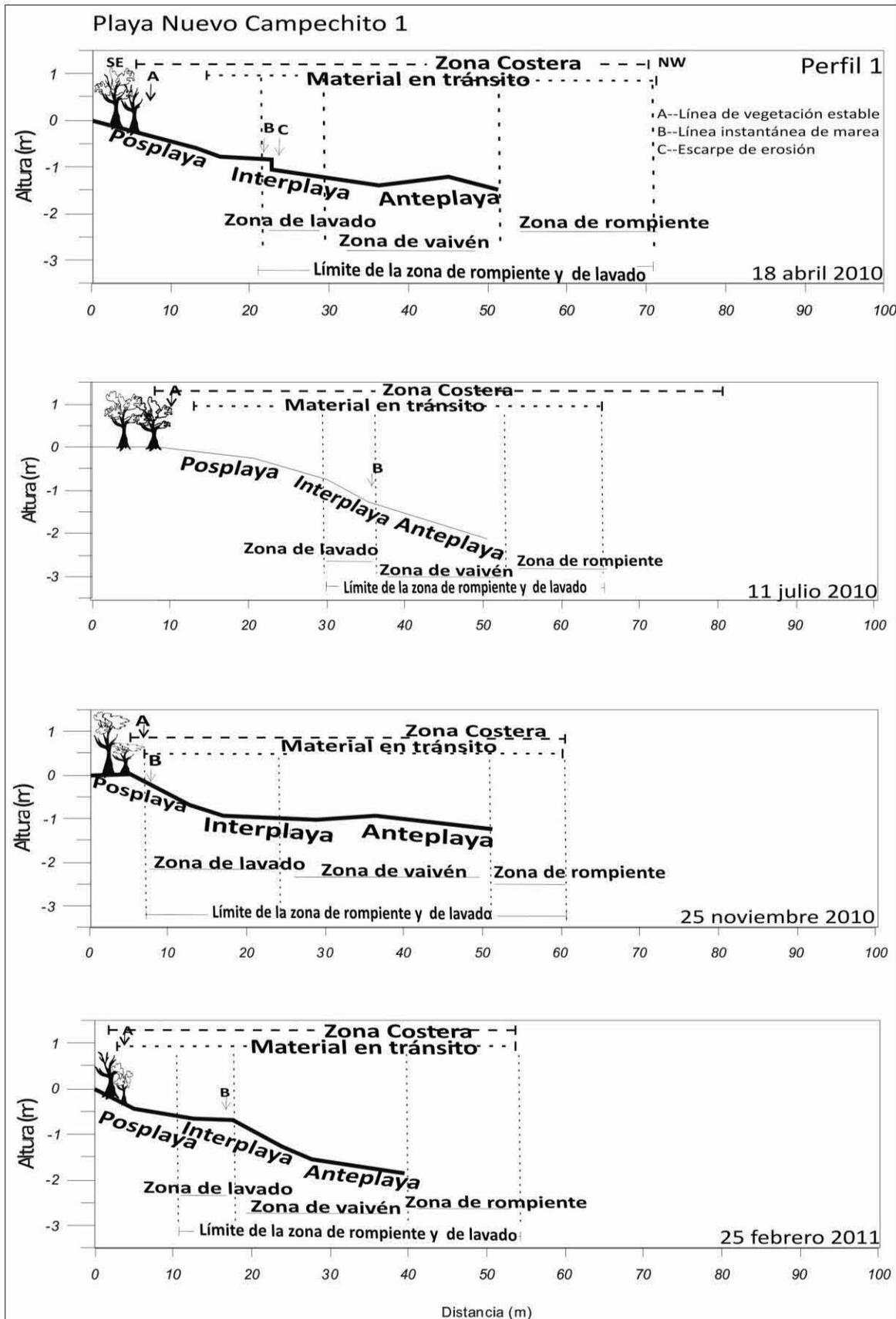


Fig. 2.5 Zonas morfológicas de la playa del P1.

Perfil 2	Sistema Fisiográfico	Región natural	Sistema terrestre	Paisaje	Sitio
	Llanura costera del Golfo Tabasco-Campeche	Planicie deltaica	Planicie litoral abrasivo-acumulativa	Cordones de playa	Nuevo Campechito 2

Tabla 2.5 Características fisiográficas del Perfil 2

La playa de Nuevo Campechito 2 tiene una orientación NE-NW. El perfil topográfico 2 se orientó cerca del margen oriental de la desembocadura del río San Pedro-Pablo al SW-NE.

	Tipo de playa	Tamaño promedio de ola	Tamaño promedio	Pendiente	Grado de percolación
PERFIL 2. NUEVO CAMPECHITO 2	Reflectiva	< 0.5 m	arena gruesa	7-10°	baja
	Intermedia	0.5-2 m	arena fina a media	7-5°	intermedia
	Disipativa	2-3 m	arena fina	< 5°	alta

Fig. 2.6 Esquema de comparación de las características de la playa del perfil P2.

Características cualitativas (%)	Cobertura natural en porcentaje de superficie (%)	Porcentaje de superficie con vegetación inundada	Perímetro de la playa en contacto con cuerpos de agua	Superficie ocupada por asentamientos humanos respecto a la superficie total de la playa (%)	Porcentaje de caminos con respecto a la playa
>80					
80-60					
60-40	x				
40-20		x	x		
20-10					
<10				x	x

Tabla 2.6 Interacción antrópica y natural P2.

PERFIL 2 NUEVO CAMPECHITO 2	Grado de exposición	Intensidad	Acción del oleaje
	playa sumamente expuesta	playas de alta energía	fuerte
	playa expuesta		moderado a fuerte
	playa protegida	playas de baja energía	poca

Transición

Fig.2.7 Clasificación de la playa P2 basada en algunos de los parámetros de McLachlan (1980).

Las características de la playa de Nuevo Campechito 2, del perfil 2, obedecen a una playa intermedia con sedimentos no consolidados, de tamaño promedio del grano fino a medio, con una percolación intermedia, que se refleja en la remoción continua del material a lo largo de la playa, siendo una playa expuesta.

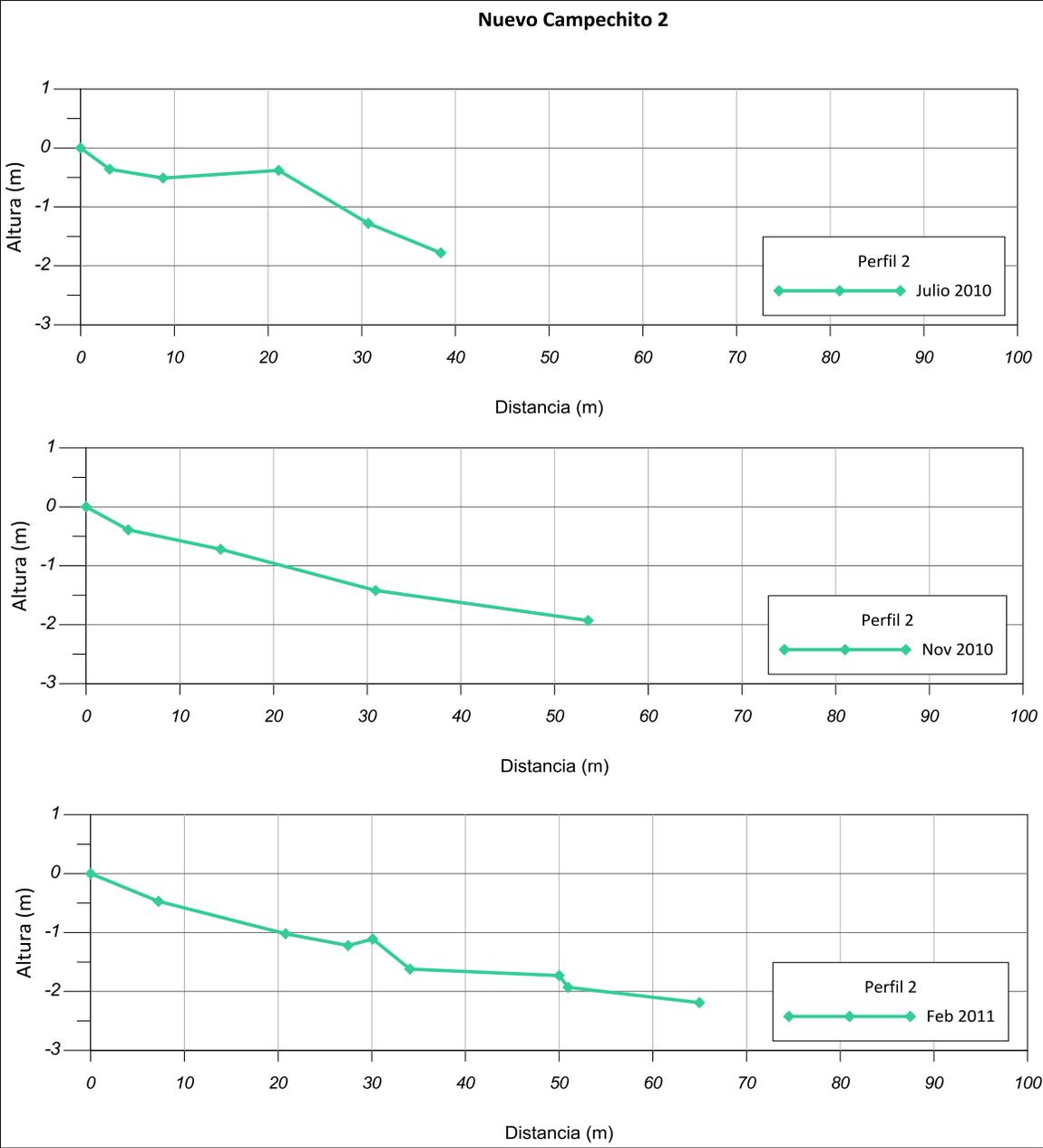


Fig.2.8 Perfiles topográficos de estación del P2.

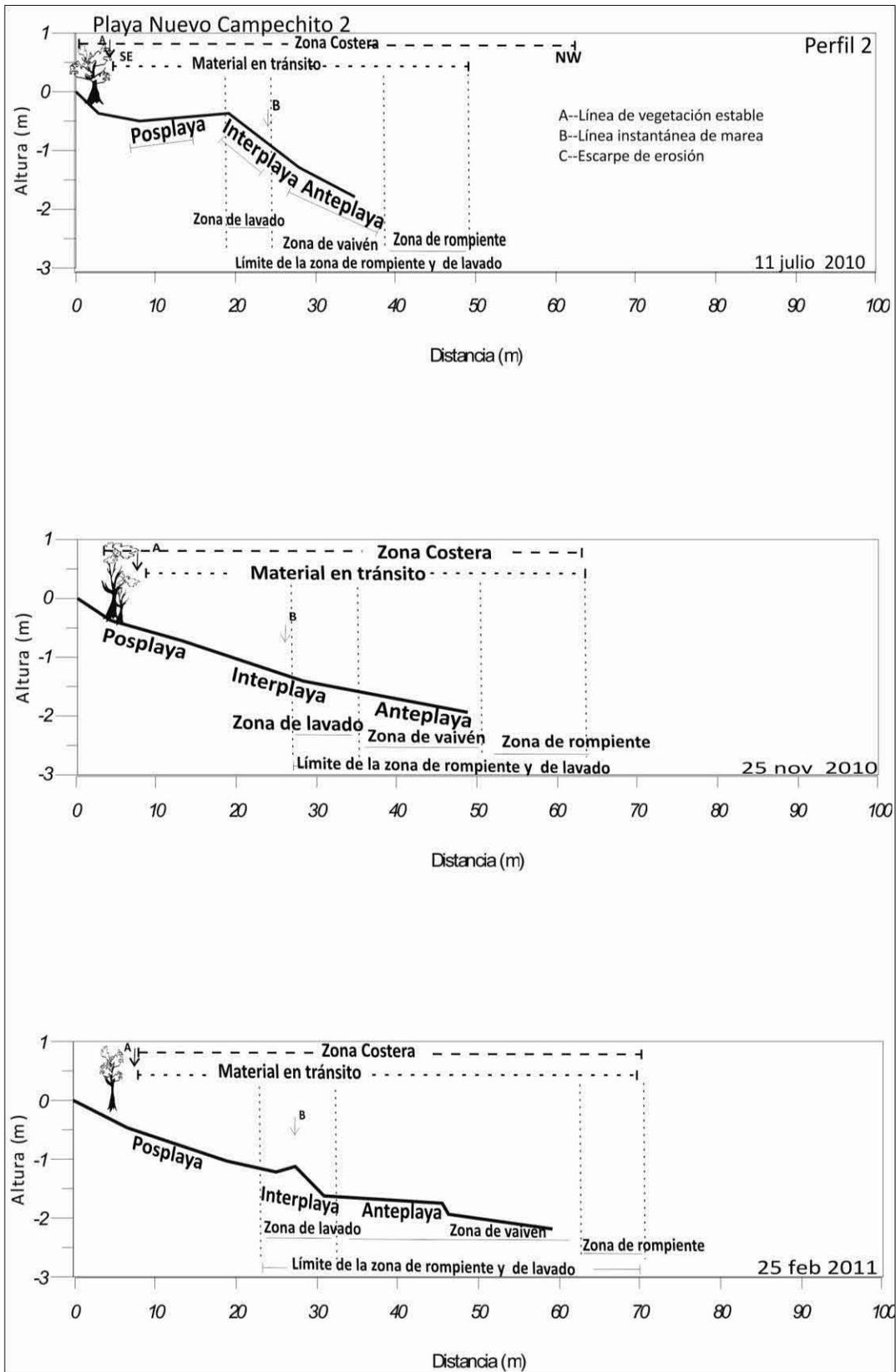


Fig. 2.9 Zonas morfológicas de la playa del P2.

Perfil 3	Región natural	Sistema terrestre	Paisaje	Sitio
	Llanura costera del Golfo Tabasco-Campeche	Planicie litoral acumulativa	Llanura en disposición baja con caños entre cordones	Playa de San Pedro

Tabla 2.7 Características fisiográficas del Perfil 3.

La playa de San Pedro tiene una orientación NE-NW, donde el perfil topográfico 3 se ubicó al SW-NE, cerca del margen occidental de la desembocadura del río San Pedro-Pablo.

	Tipo de playa	Tamaño promedio de ola	Tamaño promedio	Pendiente	Grado de percolación
PERFIL 3. SAN PEDRO	Reflectiva	< 0.5 m	arena gruesa	7-10°	baja
	Intermedia	0.5-2 m	arena fina a media	7-5°	intermedia
	Disipativa	2-3 m	arena fina	< 5°	alta

Fig. 2.10 Esquema de comparación de las características de la playa del perfil P3.

Características cualitativas (%)	Cobertura natural en porcentaje de superficie (%)	Porcentaje de superficie con vegetación inundada	Perímetro de la playa en contacto con cuerpos de agua	Superficie ocupada por asentamientos humanos respecto a la superficie total de la playa (%)	Porcentaje de caminos con respecto a la playa
>80					
80-60					
60-40	x	x	x		
40-20				x	x
20-10					
<10					

Tabla 2.8 Interacción antrópica y natural P3.

	Grado de exposición	Intensidad	Magnitud del oleaje
PERFIL 3.SAN PEDRO	playa sumamente expuesta	playas de alta energía	fuerte
	playa expuesta		moderado a fuerte
	Transición		
	playa protegida	playas de baja energía	poca

Fig. 2.11 Clasificación de la playa P3 basada en algunos de los parámetros de McLachlan (1980).

La playa de San Pedro, del perfil P3, es una playa semi-expuesta con una intensidad de oleaje moderada a fuerte.

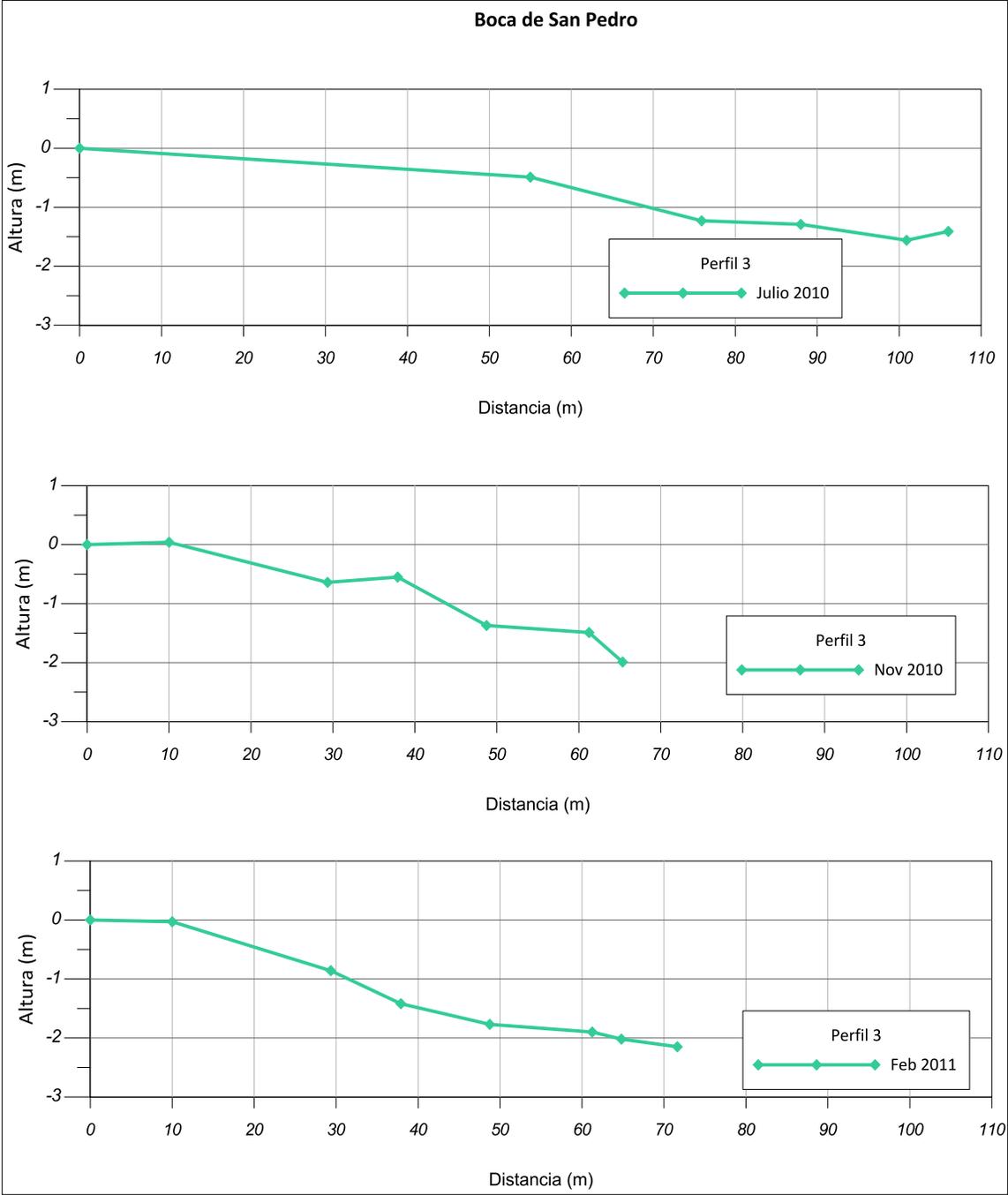


Fig. 2.12 Perfiles topográficos de estación del P3.

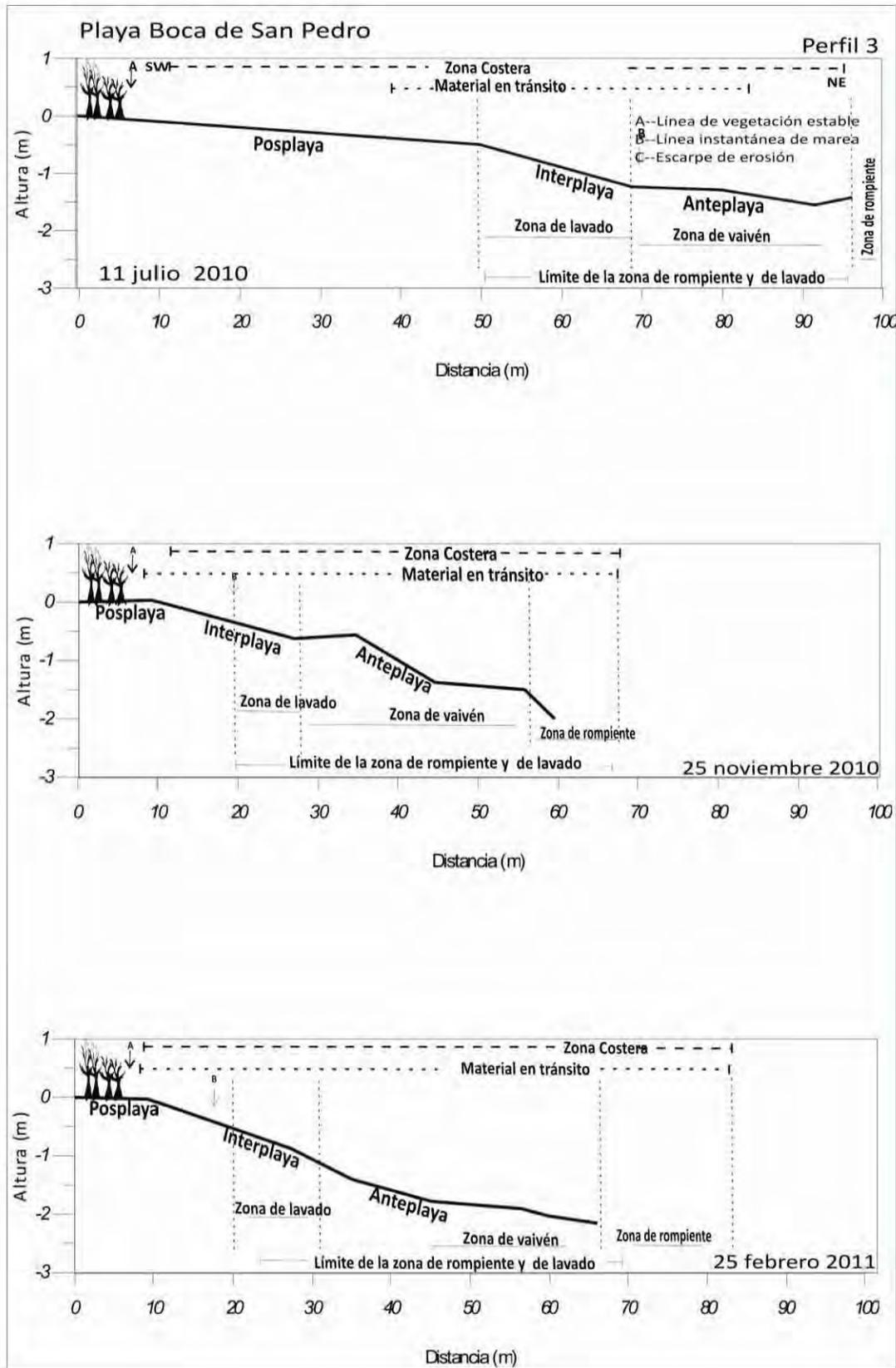


Fig.2.14 Zonas morfológicas de la playa del P3.

Perfil 4	Región natural	Sistema terrestre	Paisaje	Sitio
	Llanura costera del Golfo Tabasco-Campeche	Planicie costera de inundación con lagunas	Llanura en disposición baja con influencia de marea	Playa de Nuevo Torno Largo 1

Tabla 2.9 Características fisiográficas del Perfil 4.

La playa de Nuevo Torno Largo 1, denota una configuración espacial orientada NE-NW, y dista a 6 km aproximadamente de la desembocadura del río González.

El perfil 4 tiene una orientación SW-NE, a ~82 km en línea recta del cuerpo lagunar Mecoacán.

Tipo de playa		Tamaño promedio de ola	Tamaño promedio	Pendiente	Grado de percolación
PERFIL 4. NUEVO TORNO LARGO 1	Reflectiva	< 0.5 m	arena gruesa	7-10°	baja
	Intermedia	0.5-2 m	arena fina a media	7-5°	intermedia
	Disipativa	2-3 m	arena fina	< 5°	alta

Fig. 2.15 Esquema de comparación de las características de la playa del perfil P4.

Características cualitativas (%)	Cobertura natural en porcentaje de superficie (%)	Porcentaje de superficie con vegetación inundada	Perímetro de la playa en contacto con cuerpos de agua	Superficie ocupada por asentamientos humanos respecto a la superficie total de la playa (%)	Porcentaje de caminos con respecto a la playa
>80					
80-60	x		x		
60-40		x		x	x
40-20					
20-10					
<10					

Tabla 2.10 Interacción antrópica y natural P4.

PERFIL 4. NUEVO TORNO LARGO	Grado de exposición	Intensidad	Magnitud del oleaje
	playa sumamente expuesta	playas de alta energía	fuerte
	playa expuesta		moderado a fuerte
	Transición	playas de baja energía	
	playa protegida		poca

Fig.2.16 Clasificación de la playa P4 basada en algunos de los parámetros de McLachlan (1980).

La playa de Nuevo Torno Largo 1, del perfil P4, es una playa intermedia-expuesta de baja energía con poca intensidad del oleaje.

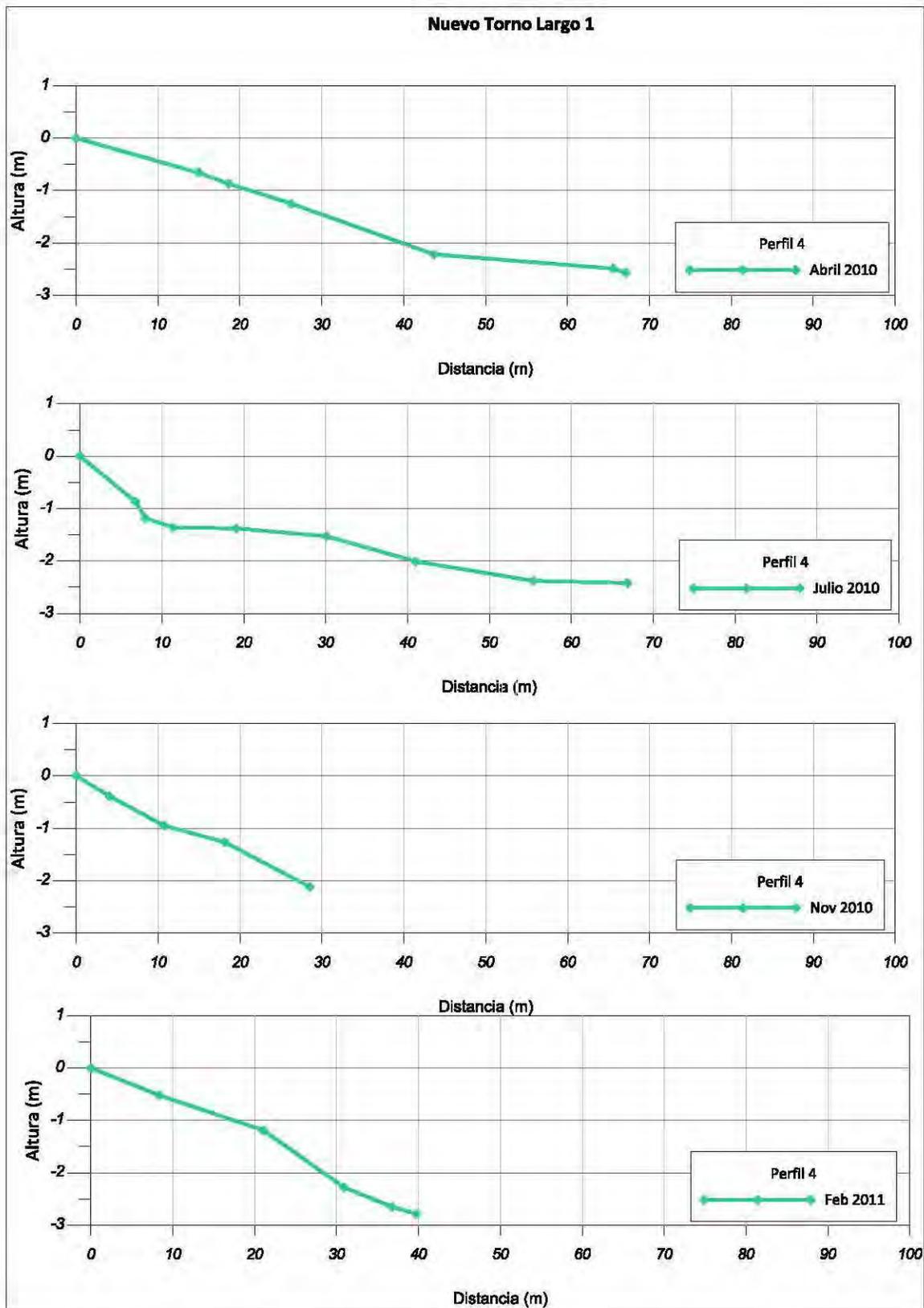


Fig. 2.17 Perfiles topográficos de estación del P4.

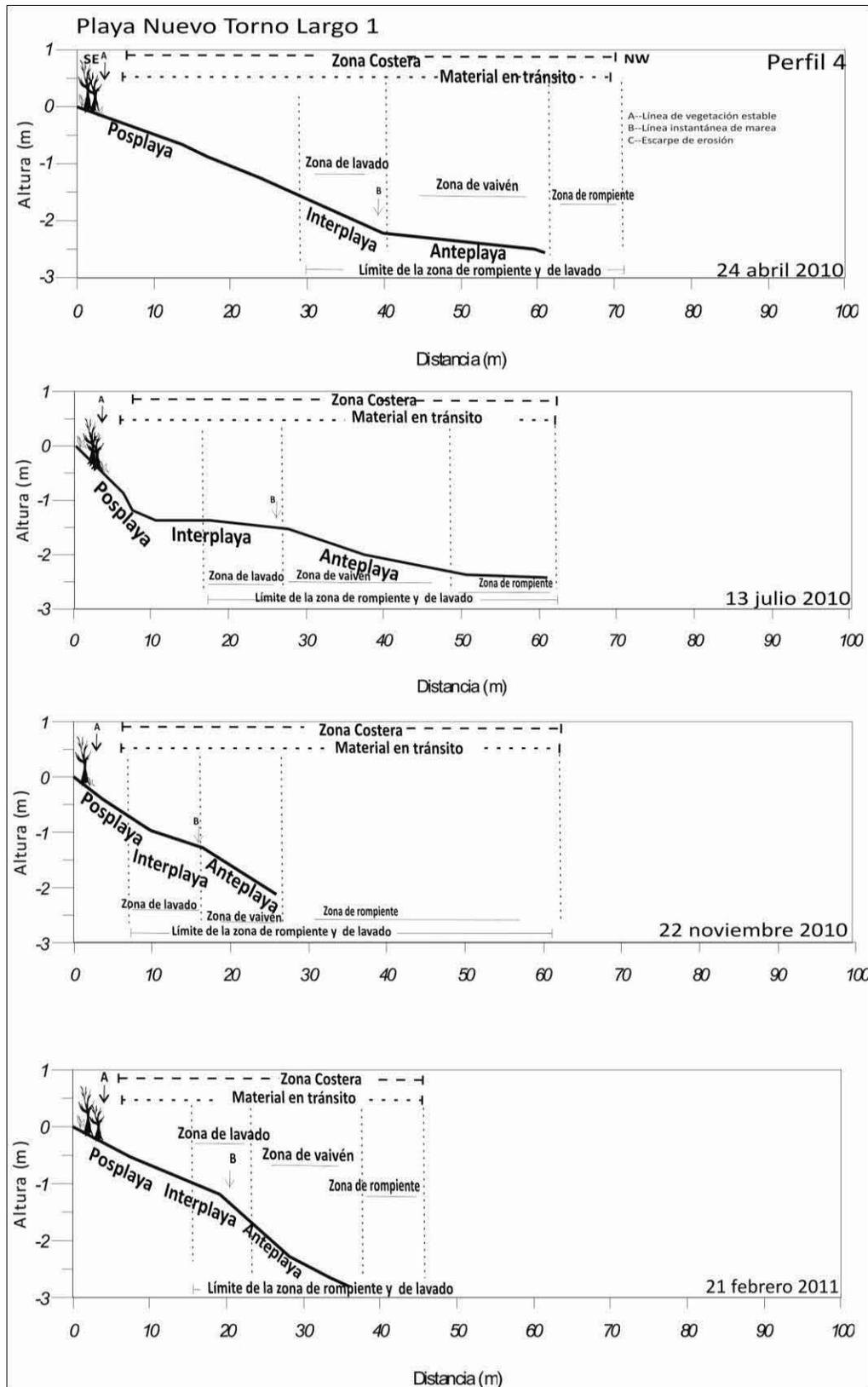


Fig 2.18 Zonas morfológicas de la playa del P4.

Perfil 5	Región natural	Sistema terrestre	Paisaje	Sitio
	Llanura costera del Golfo Tabasco-Campeche	Planicie costera de inundación con lagunas	Llanura en disposición baja con influencia de marea	Playa de Nuevo Torno Largo 2

Tabla 2.11 Características fisiográficas del Perfil 5.

La playa de Nuevo Torno Largo 2, tiene una configuración espacial orientada NE-NW, y dista ~6 km aproximadamente de la desembocadura del río González.

La separación del perfil 5 con el perfil 4 es de ~270 m; cerca del perfil 5 se encuentra el cuerpo lagunar Mecoacán a ~2.5 km en línea recta.

	Tipo de playa	Tamaño promedio de ola	Tamaño promedio	Pendiente	Grado de percolación
PERFIL 5. NUEVO TORNO LARGO 2	Reflectiva	< 0.5 m	arena gruesa	7-10°	baja
	Intermedia	0.5-2 m	arena fina a media	7-5°	intermedia
	Disipativa	2-3 m	arena fina	< 5°	alta

Fig. 2.19 Esquema de comparación de las características de la playa del perfil P5.

Características cualitativas (%)	Cobertura natural en porcentaje de superficie (%)	Porcentaje de superficie con vegetación inundada	Perímetro de la playa en contacto con cuerpos de agua	Superficie ocupada por asentamientos humanos respecto a la superficie total de la playa (%)	Porcentaje de caminos con respecto a la playa
>80					
80-60			x		
60-40	x				
40-20		x		x	x
20-10					
<10					

Tabla 2.12 Interacción antrópica y natural P5.

	Grado de exposición	Intensidad	Magnitud del oleaje
PERFIL 5. NUEVO TORNO LARGO 2	Playa sumamente expuesta	playas de alta energía	fuerte
	playa expuesta		moderado a fuerte
	playa protegida	playas de baja energía	poca

Fig.2.20 Clasificación de la playa P5 basada en algunos de los parámetros de McLachlan (1980).

La playa de Nuevo Torno Largo 2, del perfil P5, es una playa intermedia-protegida de alta energía con moderada acción del oleaje.

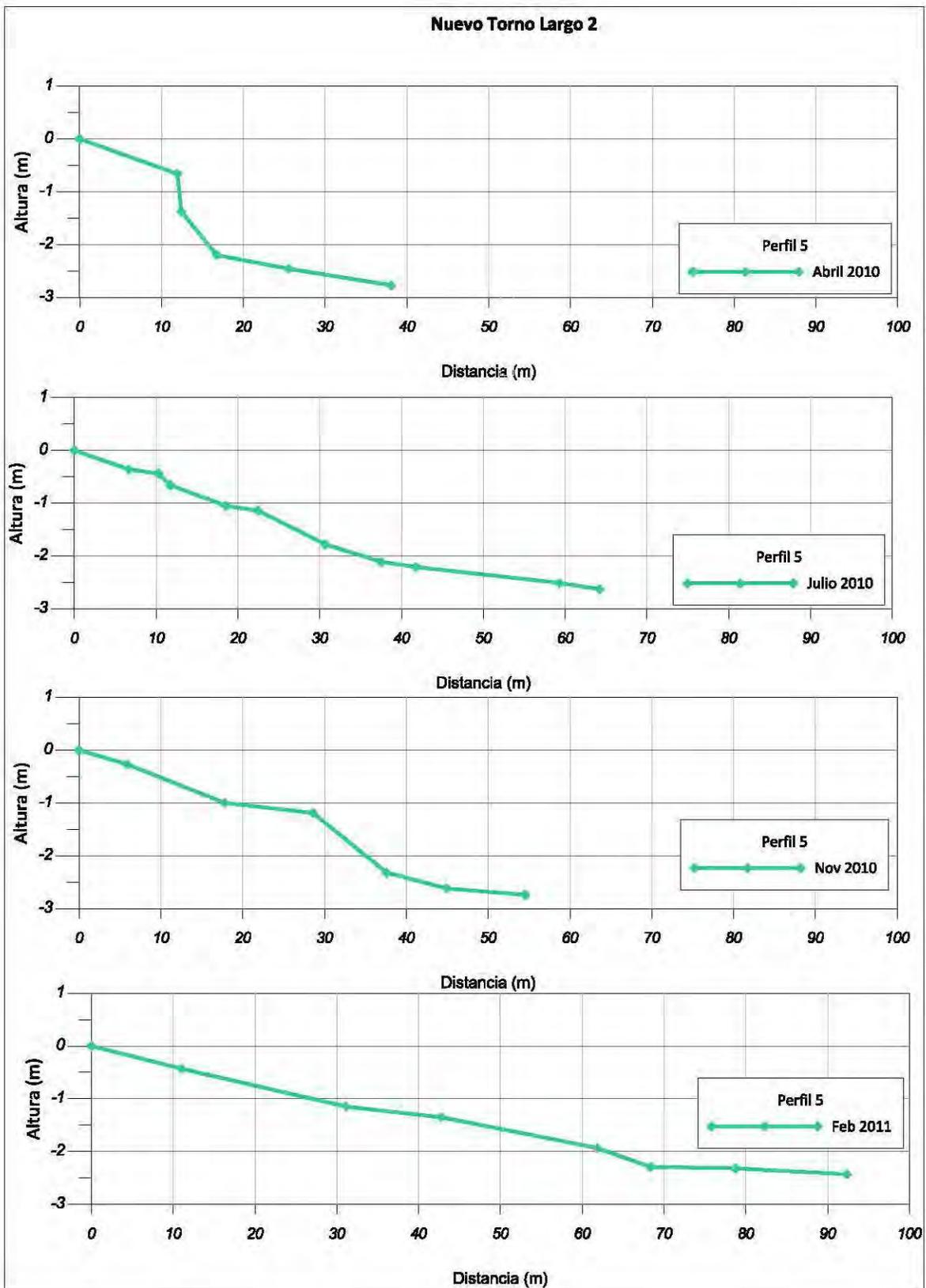


Fig. 2.21 Perfiles topográficos de estación del P5.

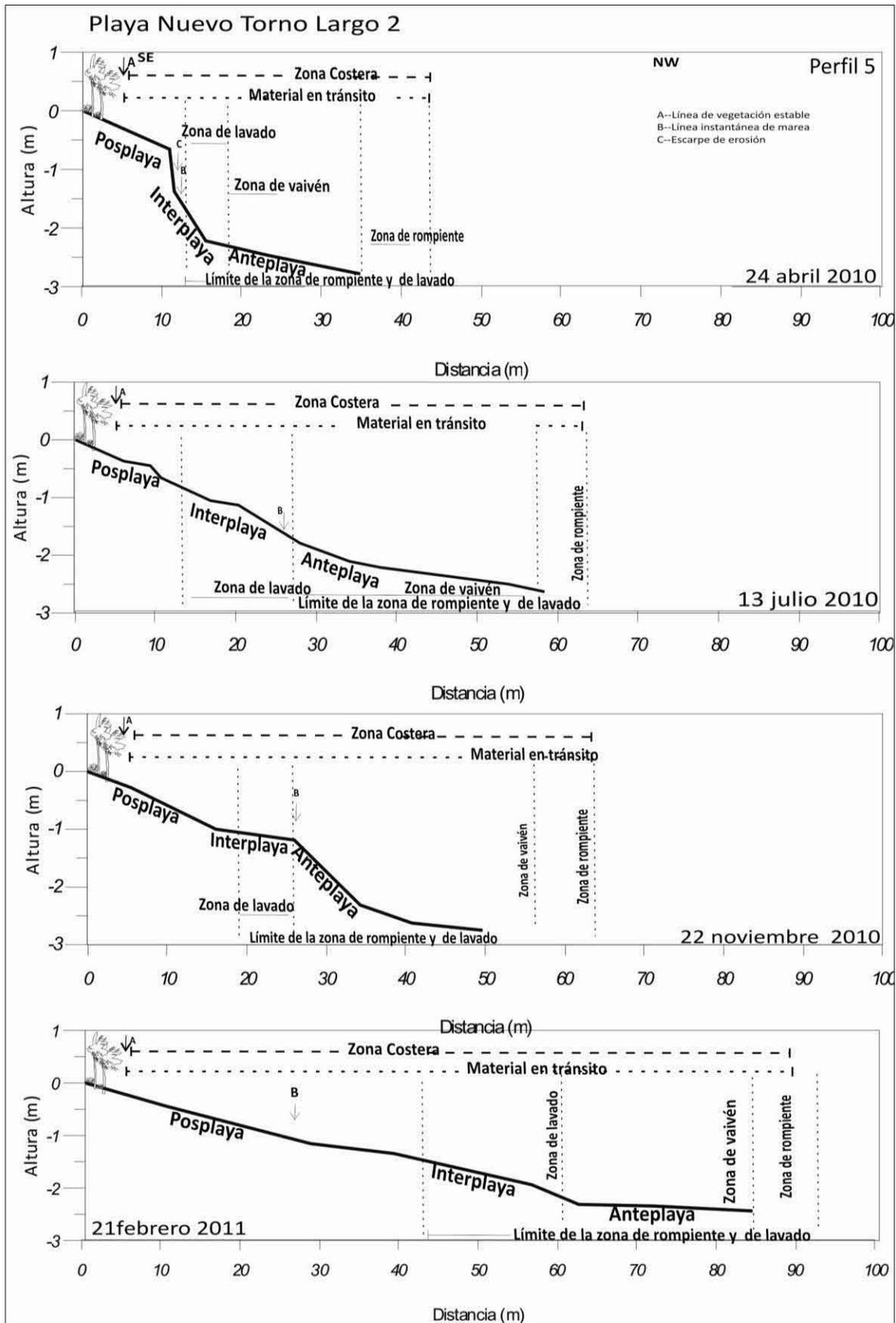


Fig.2.22 Zonas morfológicas de la playa del P5.

Perfil 6	Región natural	Sistema terrestre	Paisaje	Sitio
	Llanura costera del Golfo Tabasco-Campeche	Planicie costera de inundación con lagunas	Llanura en disposición baja con influencia de marea	Playa de Nuevo Torno Largo 3

Tabla 2.12 Características fisiográficas del Perfil 6.

La playa de Nuevo Torno Largo 3, tiene una orientación NE-NW, y dista ~6 km aproximadamente de la desembocadura del río González.

La separación del perfil 6 con el perfil 5, es ~180 m, cerca del perfil 5 se encuentra el cuerpo lagunar Mecoacán a ~2.5 km en línea recta.

	Tipo de playa	Tamaño promedio de ola	Tamaño promedio	Pendiente	Grado de percolación
PERFIL 6. NUEVO TORNO LARGO 3	Reflectiva	< 0.5 m	arena gruesa	7-10°	baja
	Intermedia	0.5-2 m	arena fina a media	7-5°	intermedia
	Disipativa	2-3 m	arena fina	< 5°	alta

Figura. 2.23 Esquema de comparación de las características de la playa del perfil P6.

Características cualitativas (%)	Cobertura natural en porcentaje de superficie (%)	Porcentaje de superficie con vegetación inundada	Perímetro de la playa en contacto con cuerpos de agua	Superficie ocupada por asentamientos humanos respecto a la superficie total de la playa (%)	Porcentaje de caminos con respecto a la playa
>80					
80-60			x		
60-40					
40-20				x	x
20-10	x				
<10		x			

Tabla 2.13 Interacción antrópica y natural P6.

	Grado de exposición	Intensidad	Magnitud del oleaje
PERFIL 6. NUEVO TORNO LARGO 3	playa sumamente expuesta	playas de alta energía	fuerte
	playa expuesta		moderado a fuerte
	playa protegida	playas de baja energía	poca

Transición

Fig.2.24 Clasificación de la playa P6 basada en algunos de los parámetros de McLachlan (1980).

La playa de Nuevo Torno Largo 3, del perfil P6, representa una playa intermedia-protegida de alta energía, con moderada acción del oleaje.

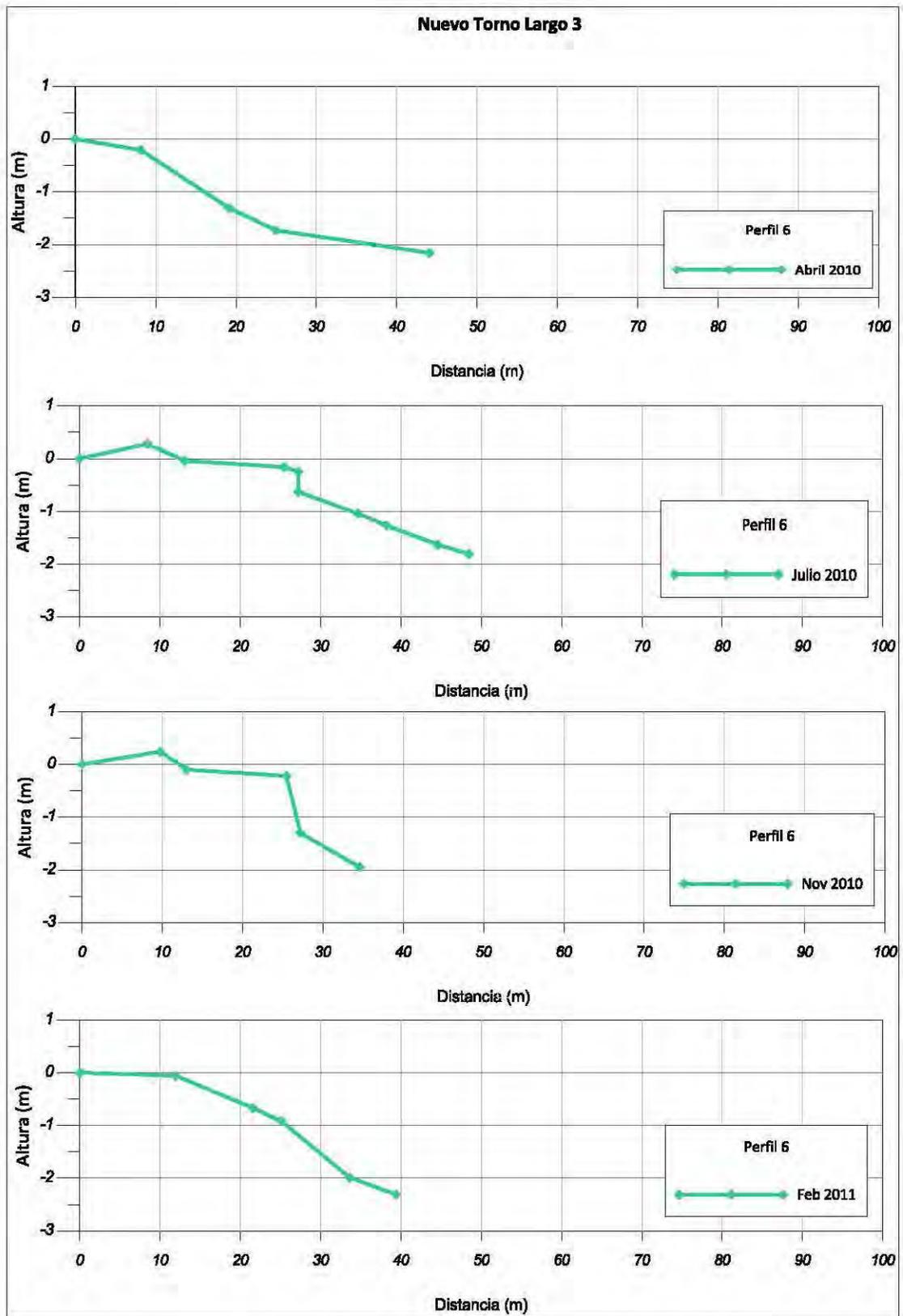


Fig. 2.25 Perfiles topográficos de estación del P6.

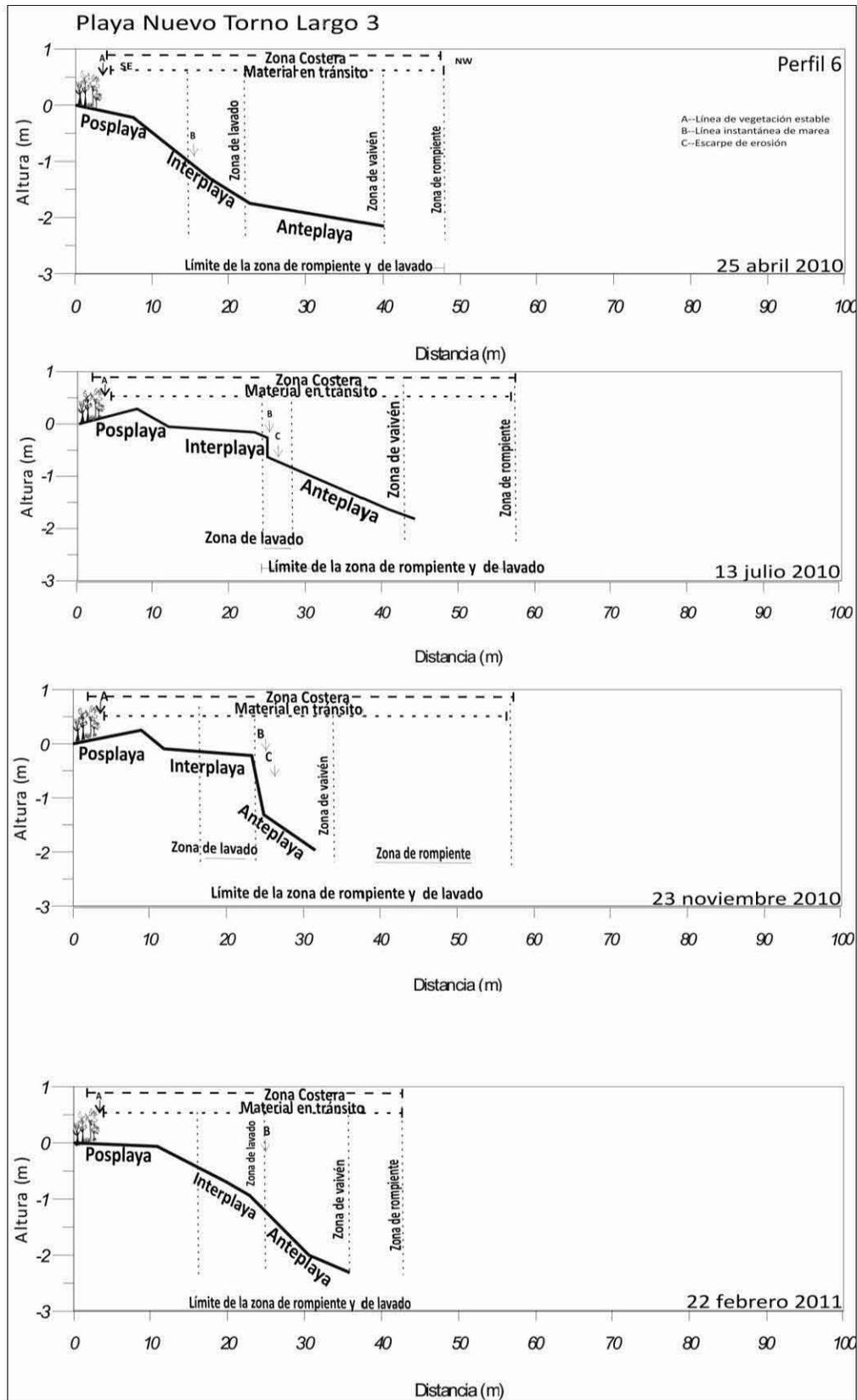


Fig. 2.26 Zonas morfológicas de la playa del P6.

Perfil 7	Región natural	Sistema terrestre	Paisaje	Sitio
	Llanura costera del Golfo Tabasco-Campeche	Planicie costera de inundación con lagunas	Llanura en disposición baja con influencia de marea	Playa de Nuevo Torno Largo 5

Tabla 2.14 Características fisiográficas del Perfil 7.

La playa de Nuevo Torno Largo 5 tiene una orientación NE-NW., se encuentra en el margen occidental de Dos Bocas, y dista ~200 m del cuerpo lagunar, Dos Bocas.

	Tipo de playa	Tamaño promedio de ola	Tamaño promedio	Pendiente	Grado de percolación
PERFIL 7. NUEVO TORNO LARGO 5	Reflectiva	< 0.5 m	arena gruesa	7-10°	baja
	Intermedia	0.5-2 m	arena fina a media	7-5°	intermedia
	Disipativa	2-3 m	arena fina	< 5°	alta

Fig.2.27 Esquema de comparación de las características de la playa del perfil P7.

Características cualitativas (%)	Cobertura natural en porcentaje de superficie (%)	Porcentaje de superficie con vegetación inundada	Perímetro de la playa en contacto con cuerpos de agua	Superficie ocupada por asentamientos humanos respecto a la superficie total de la playa (%)	Porcentaje de caminos con respecto a la playa
>80					
80-60					
60-40					
40-20			x	x	x
20-10	x	x			
<10					

Tabla 2.15 Interacción antrópica y natural P7.

	Grado de exposición	Intensidad	Magnitud del oleaje
PERFIL 7. NUEVO TORNO LARGO 5	playa sumamente expuesta	playas de alta energía	fuerte
	playa expuesta		moderado a fuerte
	playa protegida	playas de baja energía	poca

Fig. 2.28 Clasificación de la playa P7 basada en algunos de los parámetros de McLachlan (1980).

La playa de Nuevo Torno Largo 5, del perfil P7, presenta una playa intermedia con un grado de exposición alto, con una alta intensidad del oleaje.

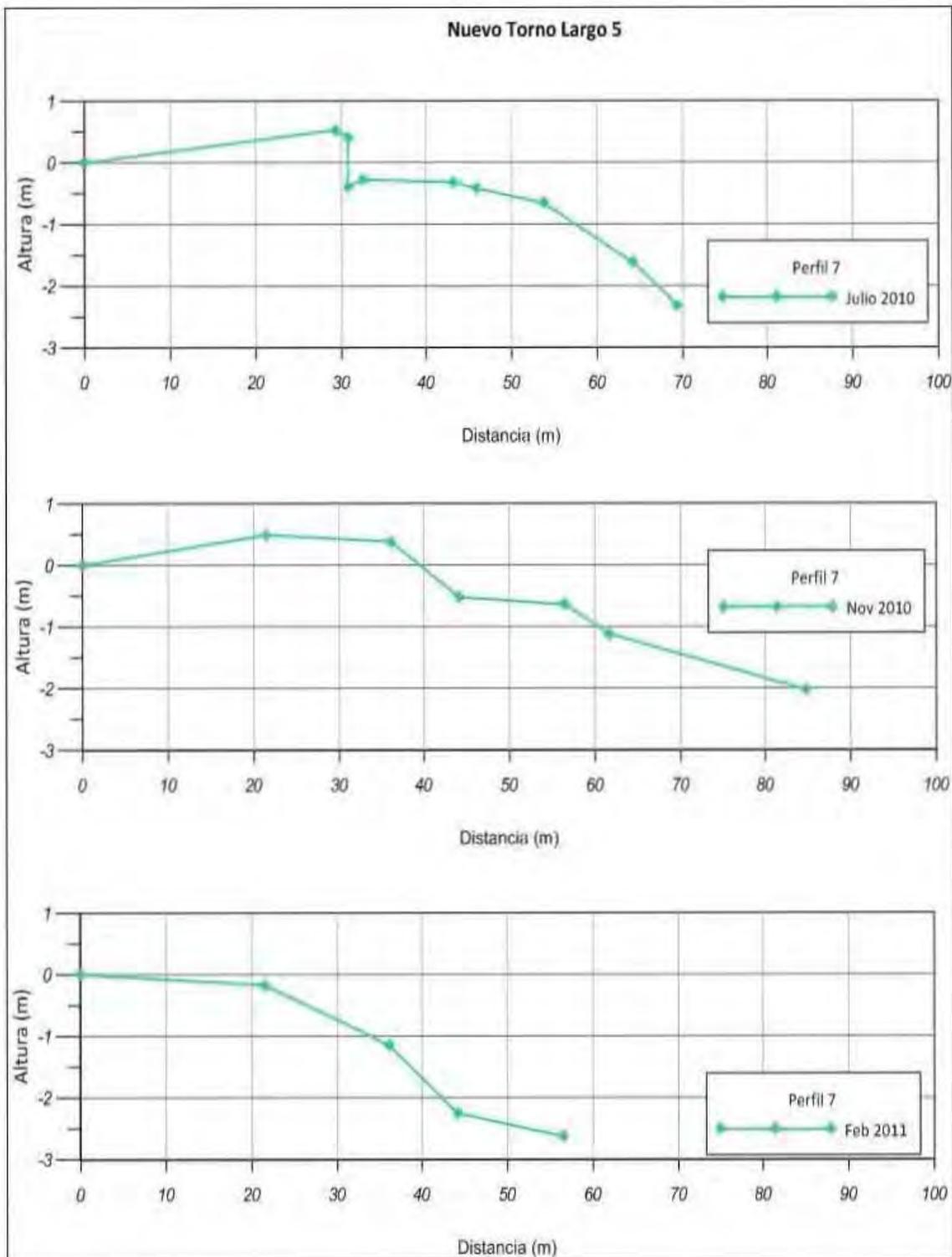


Fig. 2.29 Perfiles topográficos de estación del P7.

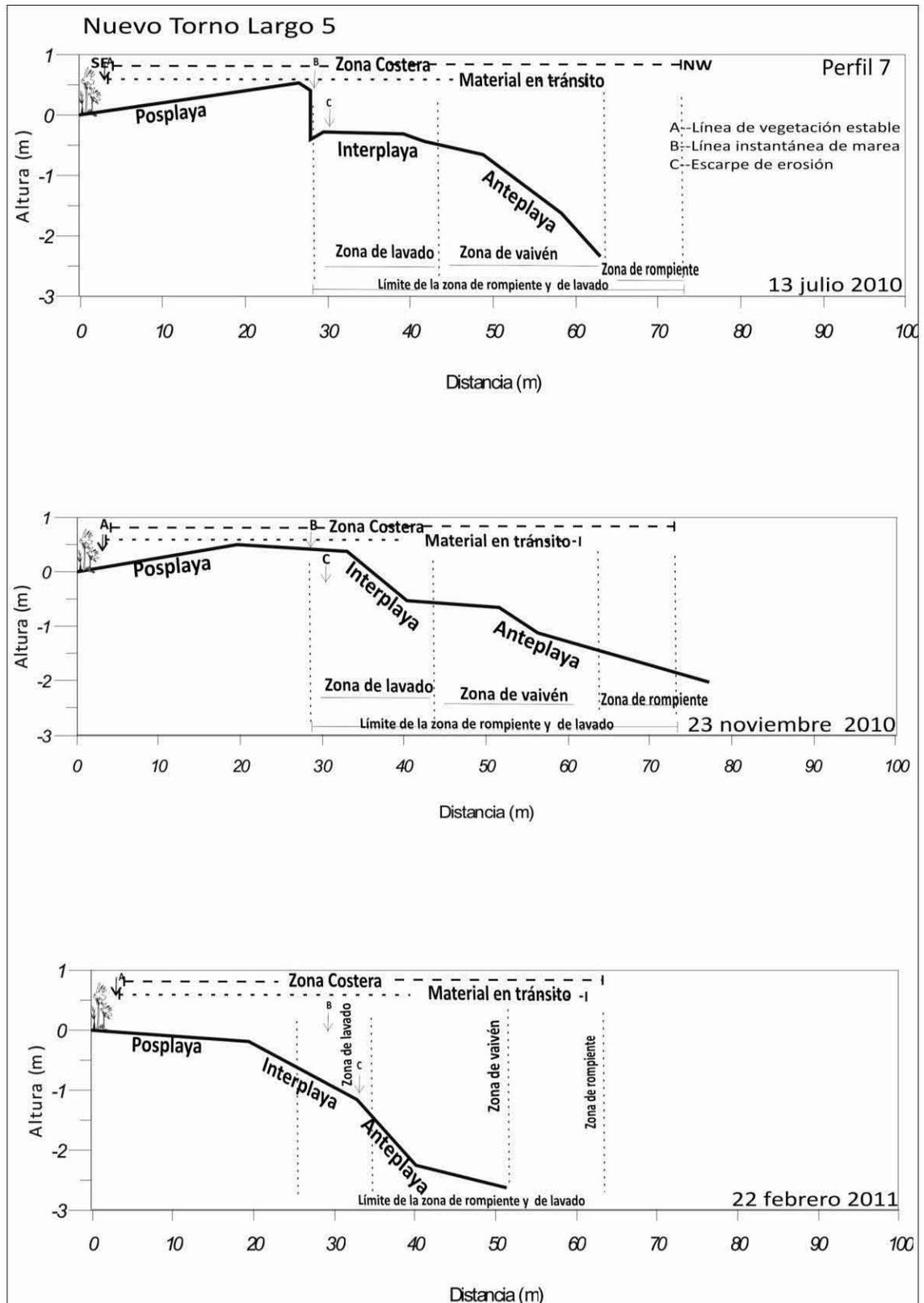


Fig. 2.30 Zonas morfológicas de la playa del P7.

Perfil 8	Región natural	Sistema terrestre	Paisaje	Sitio
	Llanura costera del Golfo Tabasco-Campeche	Planicie costera de inundación con lagunas	Llanura en disposición baja con influencia de marea	Playa de Nuevo Torno Largo 4

Tabla 2.16 Características fisiográficas del Perfil 8.

La playa de Nuevo Torno Largo 4, se encuentra en el margen occidental de Dos Bocas, y dista a ~360 m del cuerpo lagunar, Dos Bocas, con una orientación NE-NW.

La separación del perfil 8 con el perfil 6 es ~1 km.

	Tipo de playa	Tamaño promedio de ola	Tamaño promedio	Pendiente	Grado de percolación
PERFIL 8. NUEVO TORNO LARGO 4	Reflectiva	< 0.5 m	arena gruesa	7-10°	baja
	Intermedia	0.5-2 m	arena fina a media	7-5°	intermedia
	Disipativa	2-3 m	arena fina	< 5°	alta

Fig. 2.31 Esquema de comparación de las características de la playa del perfil P8.

Características cualitativas (%)	Cobertura natural en porcentaje de superficie (%)	Porcentaje de superficie con vegetación inundada	Perímetro de la playa en contacto con cuerpos de agua	Superficie ocupada por asentamientos humanos respecto a la superficie total de la playa (%)	Porcentaje de caminos con respecto a la playa
>80					
80-60					
60-40					
40-20			x	x	x
20-10	x	x			
<10					

Tabla 2.17 Interacción antrópica y natural P8.

	Grado de exposición	Intensidad	Magnitud del oleaje
PERFIL 8. NUEVO TORNO LARGO 4	playa sumamente expuesta	playas de alta energía	fuerte
	playa expuesta		moderado a fuerte
	playa protegida	playas de baja energía	poca

Fig. 2.32 Clasificación de la playa P8 basada en algunos de los parámetros de McLachlan (1980).

La playa de Nuevo Torno Largo 4, del perfil P8, presenta una playa intermedia, con un grado de exposición alto e intensidad del oleaje relativamente alta.

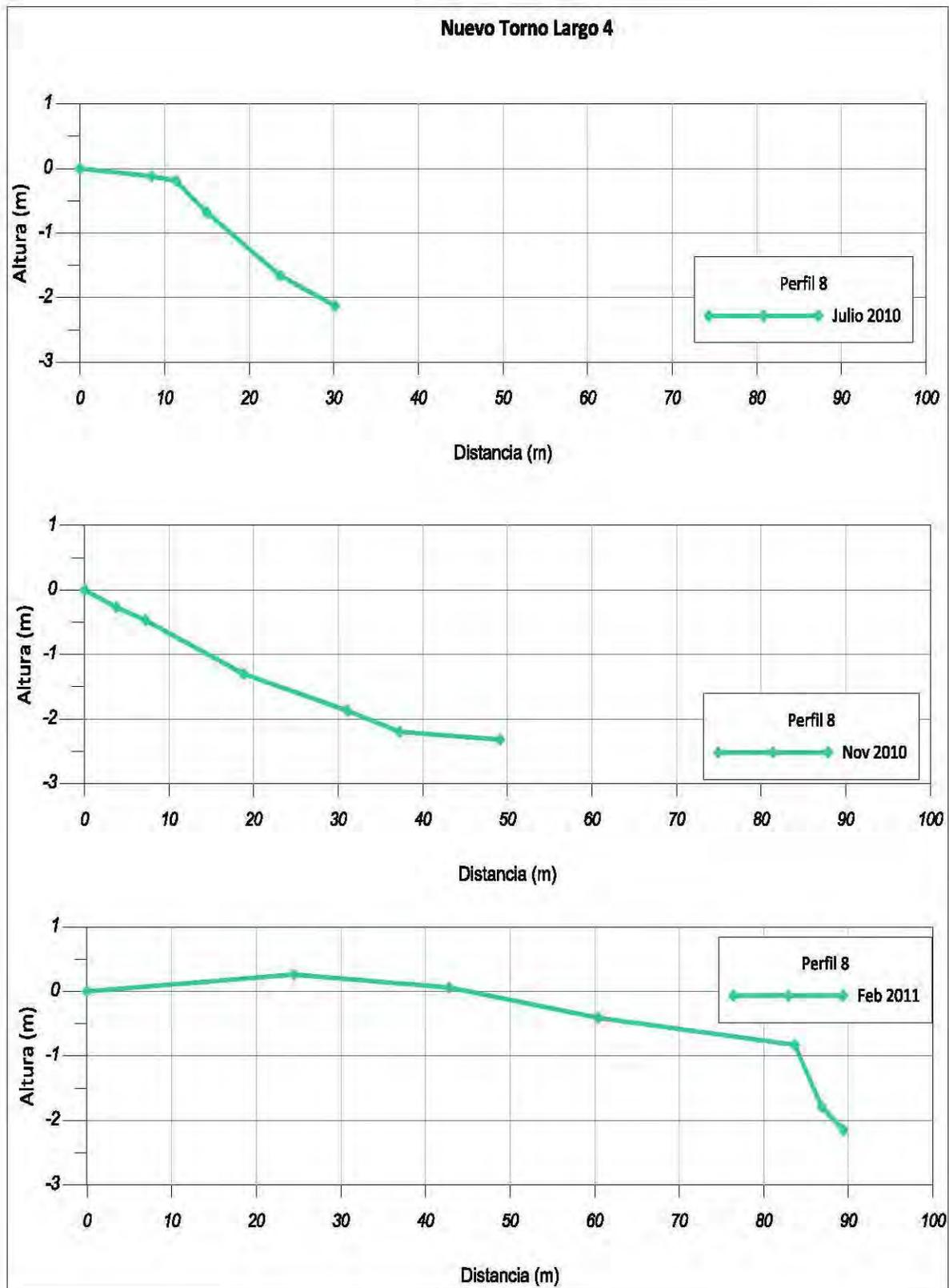
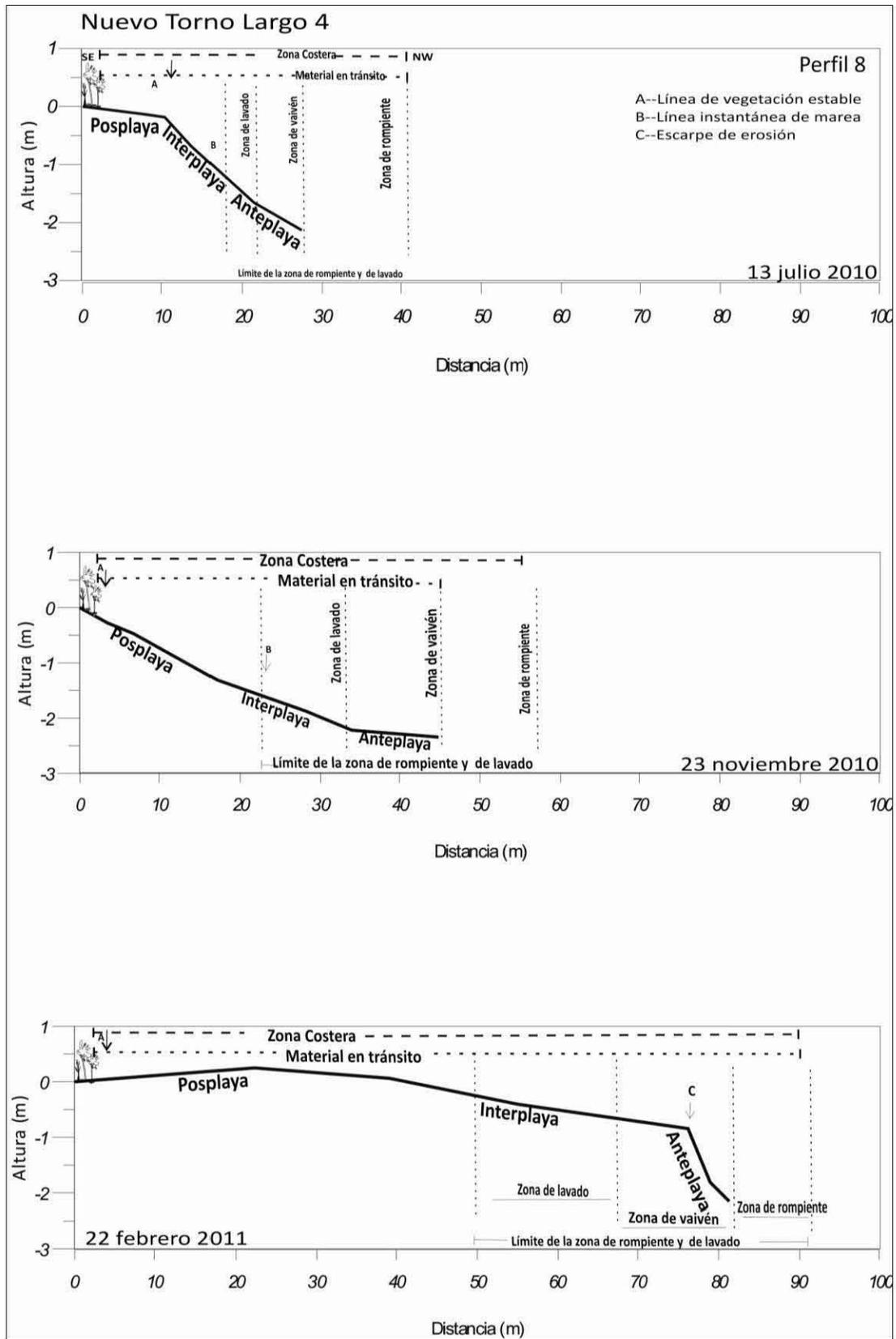


Fig. 2.33 Perfiles topográficos de estación del P8.



Fig

2.34 Zonas morfológicas de la playa del P8.

Perfil 9	Región natural	Sistema terrestre	Paisaje	Sitio
	Llanura costera del Golfo Tabasco-Campeche	Planicie aluvial deltáica del Grijalva-Usumacinta	Llanura en disposición baja con influencia de marea	Barra de Tupilco 3

Tabla 2.18 Características fisiográficas del Perfil 9.

La playa de Tupilco 3, presenta una configuración NE-SW, el perfil 9 tiene una orientación SW-NE.

	Tipo de playa	Tamaño promedio de ola	Tamaño promedio	Pendiente	Grado de percolación
PERFIL 9.	Reflectiva	< 0.5 m	arena gruesa	7-10°	baja
	Intermedia	0.5-2 m	arena fina a media	7-5°	intermedia
	Disipativa	2-3 m	arena fina	< 5°	alta

Fig. 2.35 Esquema de comparación de las características de la playa del perfil P9.

Características cualitativas (%)	Cobertura natural en porcentaje de superficie (%)	Porcentaje de superficie con vegetación inundada	Perímetro de la playa en contacto con cuerpos de agua	Superficie ocupada por asentamientos humanos respecto a la superficie total de la playa (%)	Porcentaje de caminos con respecto a la playa
>80					
80-60					
60-40					
40-20			x	x	x
20-10	x	x			
<10					

Tabla 2.19 Interacción antrópica y natural P9.

	Grado de exposición	Intensidad	Magnitud del oleaje
PERFIL 9. BARRA DE TUPILCO 3	playa sumamente expuesta	playas de alta energía	fuerte
	playa expuesta		moderado a fuerte
	playa protegida	playas de baja energía	poca

Fig. 2.36 Clasificación de la playa P1 basada en algunos de los parámetros de McLachlan (1980).

La playa de Tupilco 3, del perfil P9, presenta una playa intermedia-expuesta, la intensidad de la energía del oleaje es moderada a fuerte.

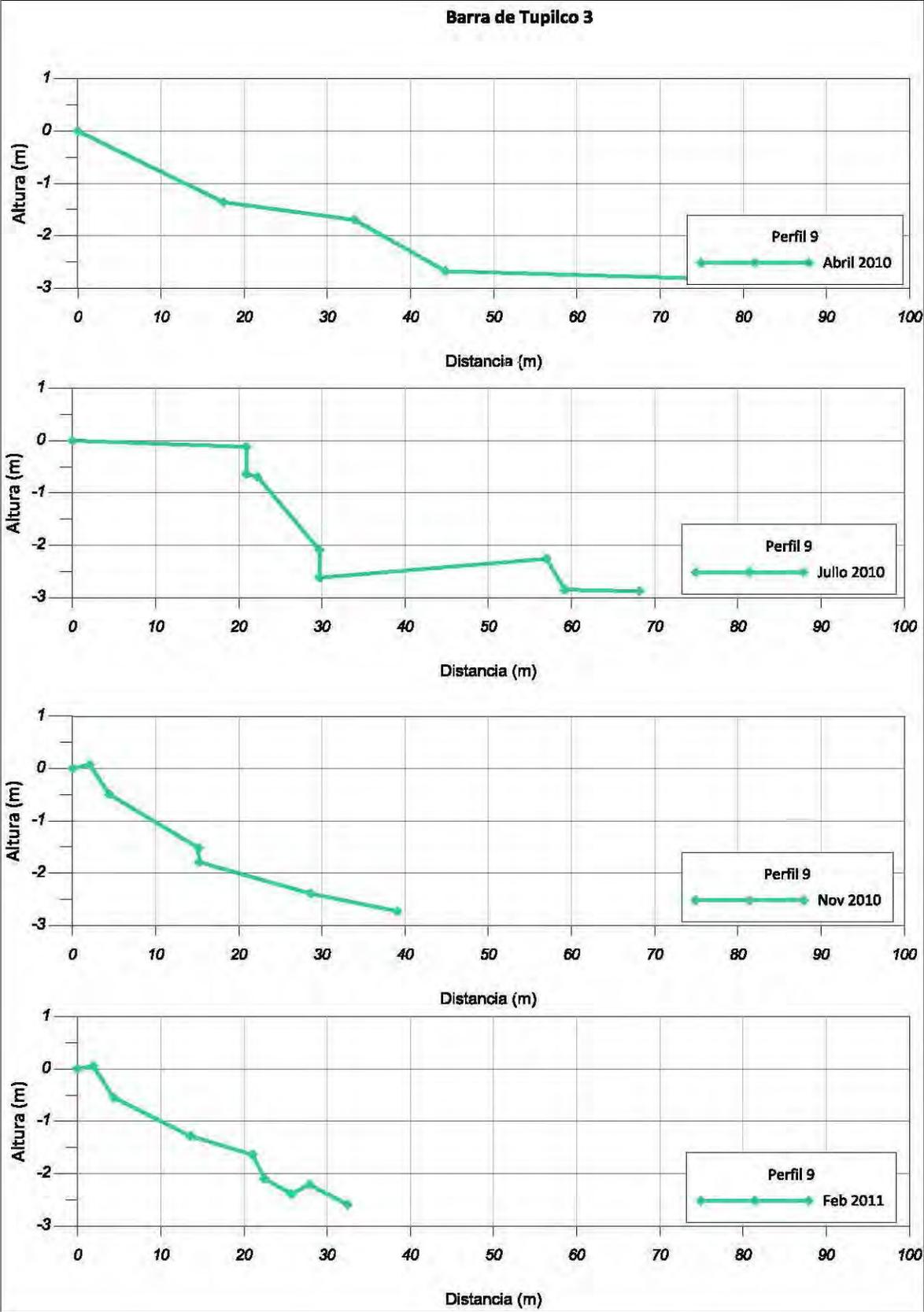


Fig 2.37 Perfiles topográficos de estación del P9.

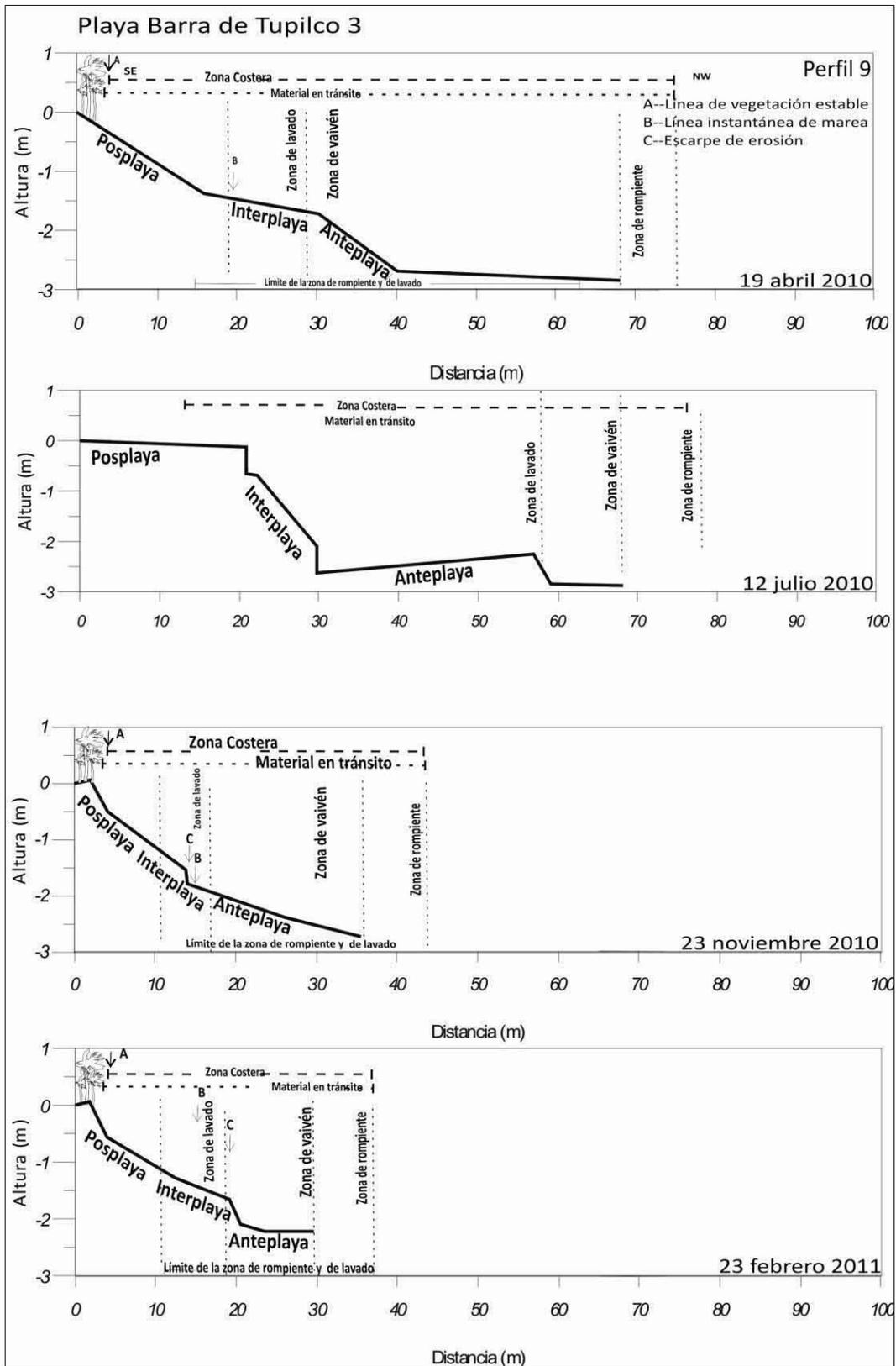


Fig. 2.38 Zonas morfológicas de la playa del P9.

Perfil 10	Región natural	Sistema terrestre	Paisaje	Sitio
	Llanura costera del Golfo Tabasco-Campeche	Planicie aluvial deltáica del Grijalva-Usumacinta	Llanura en disposición baja con influencia de marea	Barra de Tupilco 2

Tabla 2.20 Características fisiográficas del Perfil 10.

La playa de Tupilco 2, presenta una orientación NE-SW, y dista a ~181m del perfil 10 en línea recta del cuerpo lagunar El Cocal.

	Tipo de playa	Tamaño promedio de ola	Tamaño promedio	Pendiente	Grado de percolación
PERFIL 10. BARRA DE TUPILCO 2	Reflectiva	< 0.5 m	arena gruesa	7-10°	baja
	Intermedia	0.5-2 m	arena fina a media	7-5°	intermedia
	Disipativa	2-3 m	arena fina	< 5°	alta

Fig. 2.39 Esquema de comparación de las características de la playa del perfil P10.

Características cualitativas (%)	Cobertura natural en porcentaje de superficie (%)	Porcentaje de superficie con vegetación inundada	Perímetro de la playa en contacto con cuerpos de agua	Superficie ocupada por asentamientos humanos respecto a la superficie total de la playa (%)	Porcentaje de caminos con respecto a la playa
>80					
80-60					
60-40			x		
40-20	x				x
20-10				x	
<10		x			

Tabla 2.21 Interacción antrópica y natural P10.

	Grado de exposición	Intensidad	Magnitud del oleaje
PERFIL 10. BARRA DE TUPILCO 2	playa sumamente expuesta	playas de alta energía	fuerte
	playa expuesta		moderado a fuerte
	playa protegida	playas de baja energía	poca

Fig. 2.40 Clasificación de la playa P10 basada en algunos de los parámetros de McLachlan (1980).

Las características de la playa de Tupilco 2, del perfil P10, obedecen a una playa tipo intermedia, sumamente expuesta con una alta intensidad de energía del oleaje.

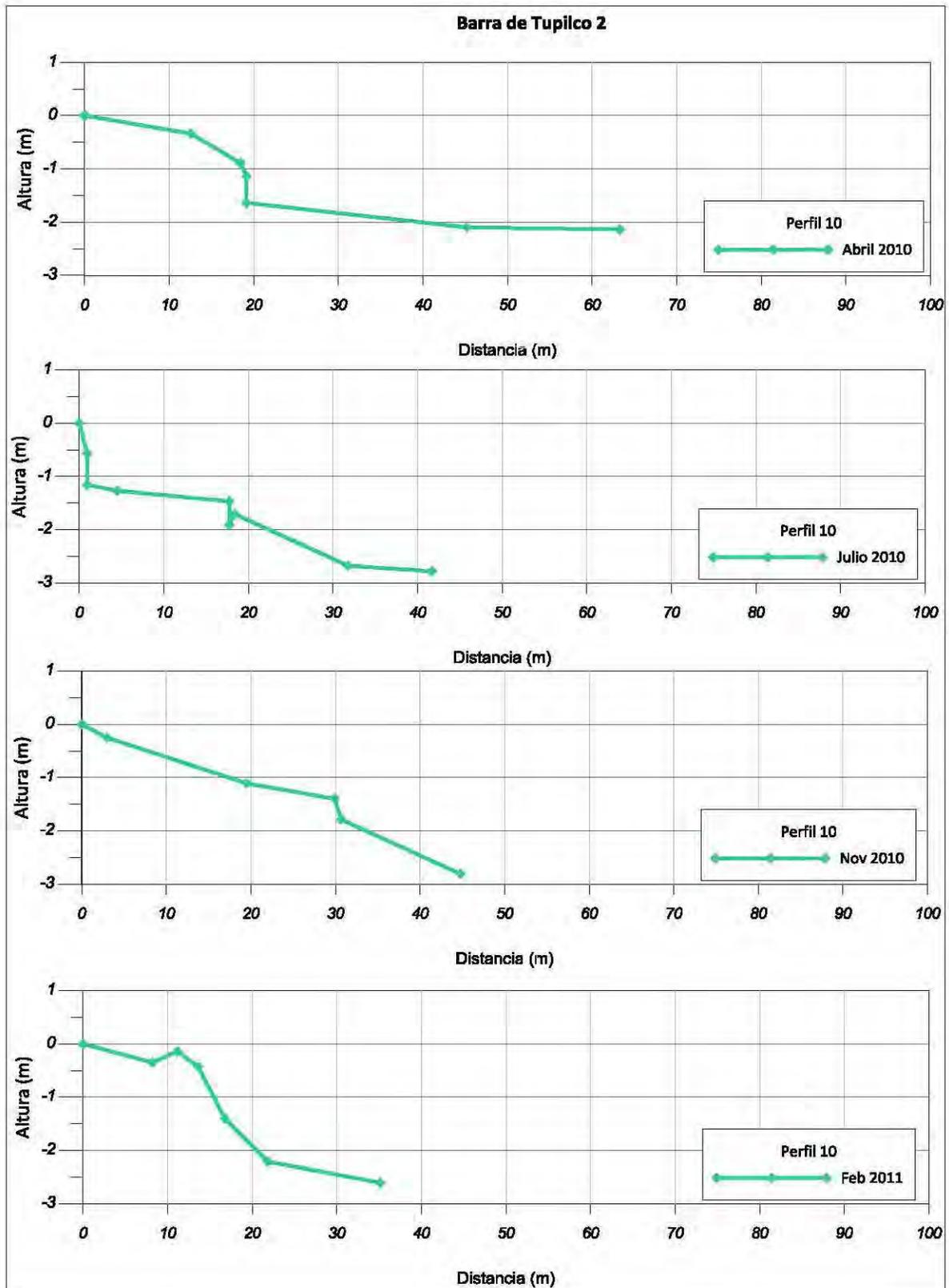


Fig. 2.41 Perfiles topográficos de estación del P10.

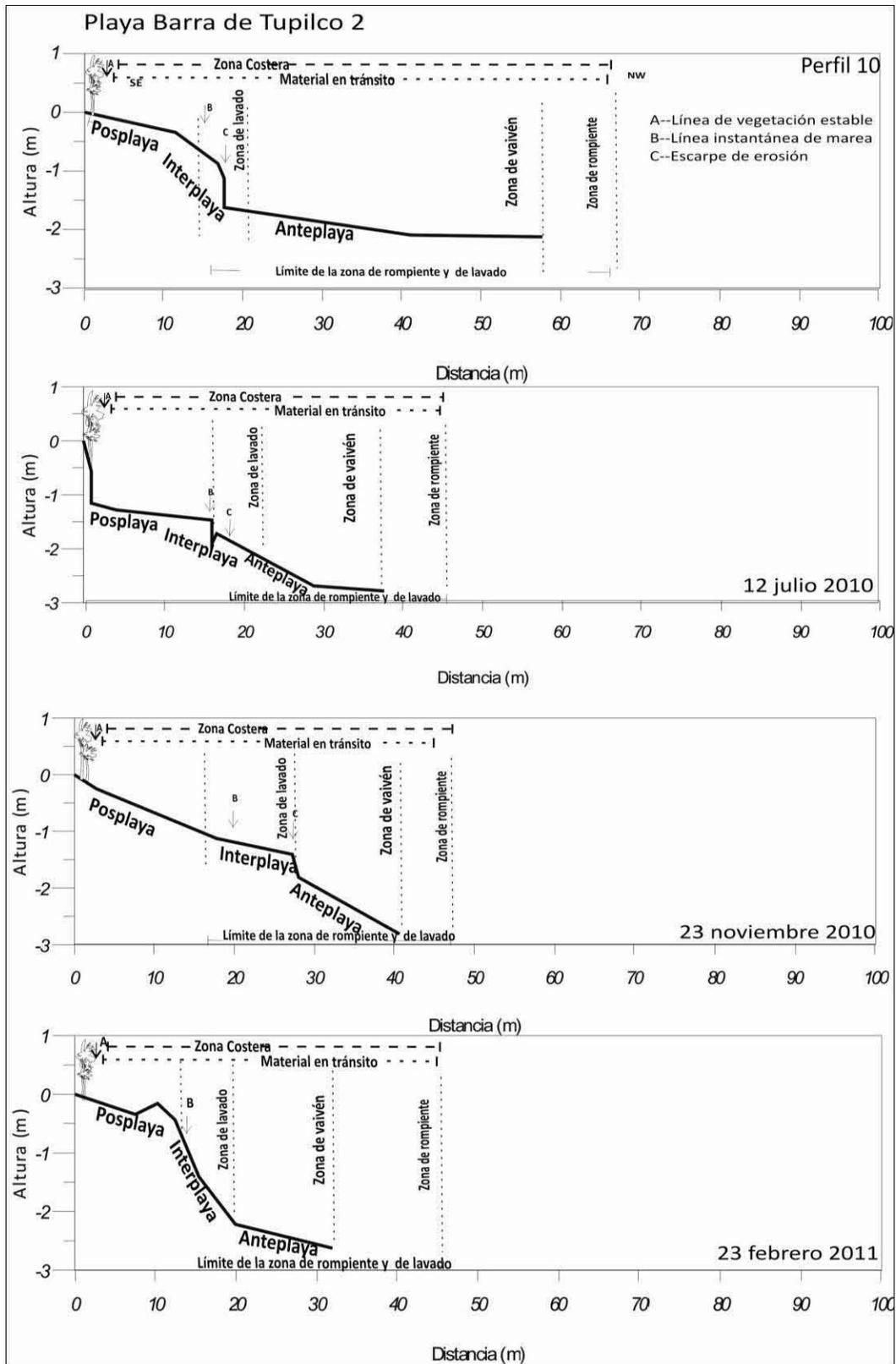


Fig. 2.42 Zonas morfológicas de la playa del P10.

Perfil 11	Región natural	Sistema terrestre	Paisaje	Sitio
	Llanura costera del Golfo Tabasco-Campeche	Planicie aluvial deltaica del Grijalva-Usumacinta	Llanura en disposición baja con influencia de marea	Barra de Tupilco 1

Tabla 2.22 Características fisiográficas del Perfil 11.

La distancia del perfil 11 con el perfil 10 es ~1.30 km, y dista a ~181 m del cuerpo lagunar más cercano.

	Tipo de playa	Tamaño promedio de ola	Tamaño promedio (M _z)	Pendiente	Grado de percolación
PERFIL 11. BARRA DE TUPILCO 1	Reflectiva	< 0.5 m	arena gruesa	7-10°	baja
	Intermedia	0.5-2 m	arena fina a media	7-5°	intermedia
	Disipativa	2-3 m	arena fina	< 5°	alta

Fig. 2.43 Esquema de comparación de las características de la playa del perfil P11.

Características cualitativas (%)	Cobertura natural en porcentaje de superficie (%)	Porcentaje de superficie con vegetación inundada	Perímetro de la playa en contacto con cuerpos de agua	Superficie ocupada por asentamientos humanos respecto a la superficie total de la playa (%)	Porcentaje de caminos con respecto a la playa
>80					
80-60					
60-40			x		
40-20	x				x
20-10				x	
<10		x			

Tabla 2.23 Interacción antrópica y natural P11.

	Grado de exposición	Intensidad	Magnitud del oleaje
PERFIL 11. BARRA DE TUPILCO 1	playa sumamente expuesta	playas de alta energía	fuerte
	playa expuesta	Transición	moderado a fuerte
	playa protegida	playas de baja energía	poca

Fig. 2.44 Clasificación de la playa P 11 basada en algunos de los parámetros de McLachlan (1980).

Las características de la playa de Tupilco 1, del perfil P11, obedecen a una playa tipo intermedia, sumamente expuesta con un oleaje moderado a fuerte.

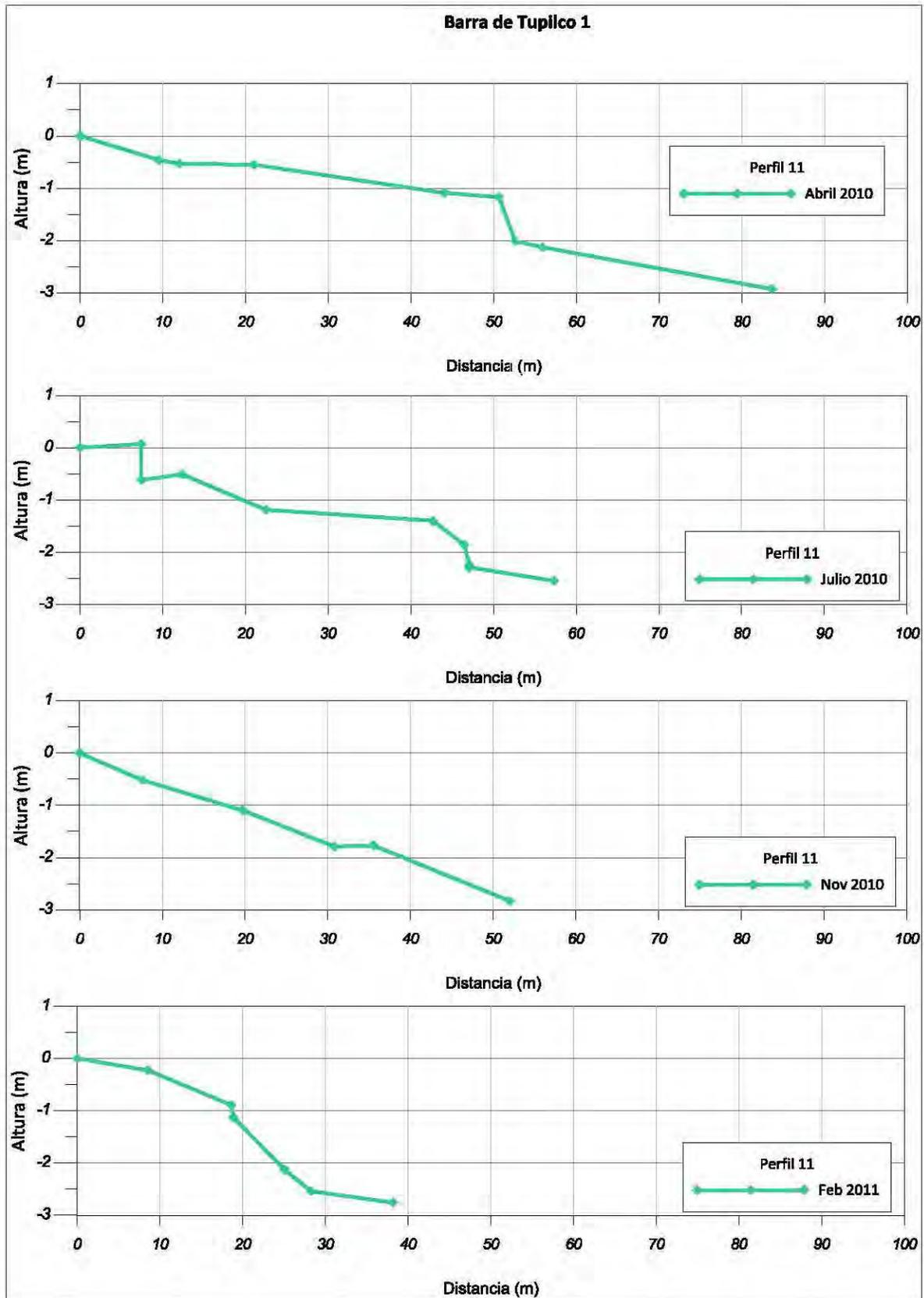


Fig. 2.45 Perfiles topográficos de estación del P11.

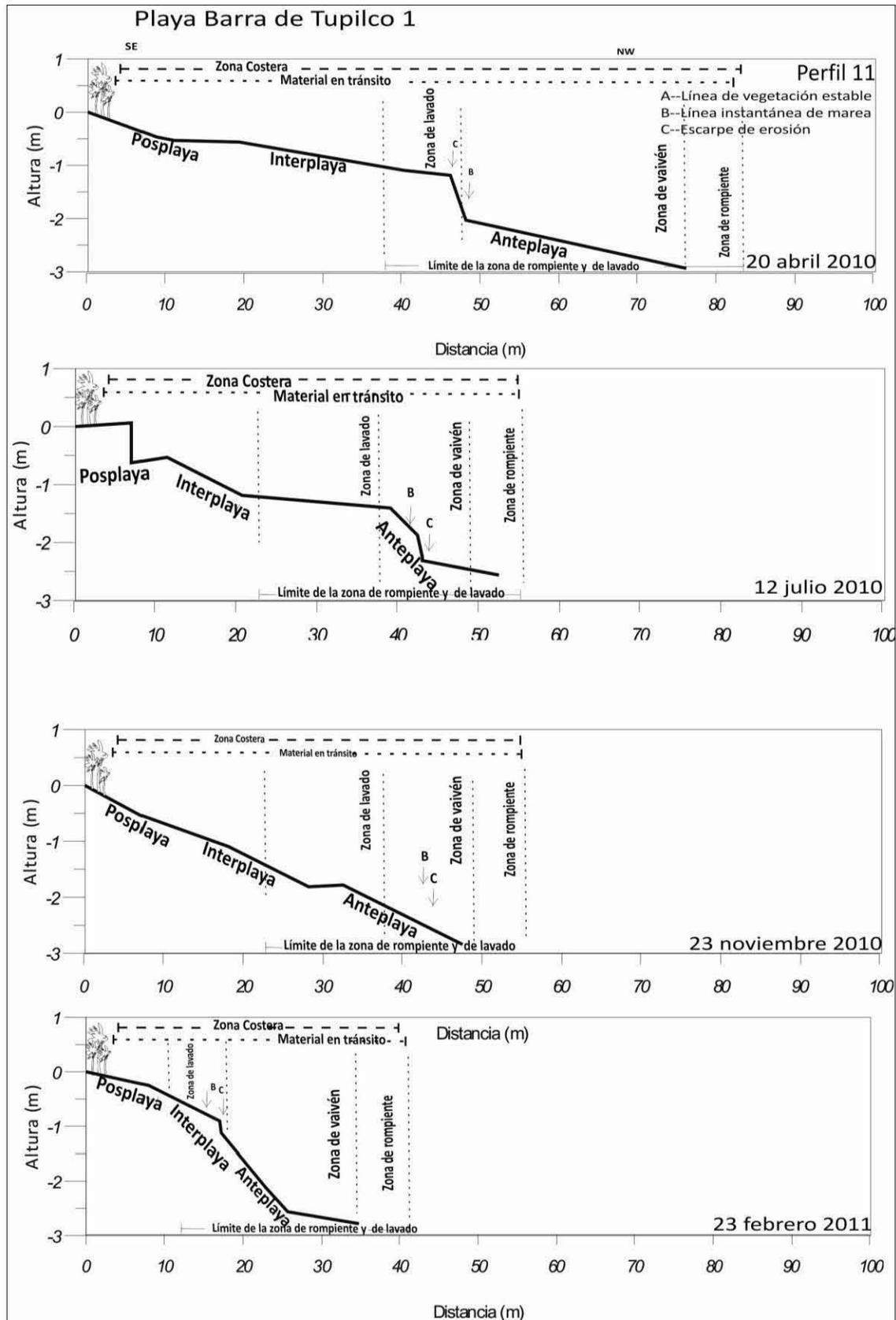


Fig. 2.46 Zonas morfológicas de la playa del P11

Perfil 12	Región natural	Sistema terrestre	Paisaje	Sitio
	Llanura costera del Golfo Tabasco- Campeche	Planicie aluvial deltaica del Grijalva- Usumacinta	Llanura en disposición baja con influencia de marea	Playa de Sánchez Magallanes 2

Tabla 2.24 Características fisiográficas del Perfil 12.

La orientación del perfil 12 es NE-SW, dista a ~1.10 km en línea recta del cuerpo lagunar Del Carmen.

	Tipo de playa	Tamaño promedio de ola	Tamaño promedio	Pendiente	Grado de percolación
PERFIL 12. PLAYA DE SÁNCHEZ MAGALLANES 2	Reflectiva	< 0.5 m	arena gruesa	7-10°	baja
	Intermedia	0.5-2 m	arena fina a media	7-5°	intermedia
	Disipativa	2-3 m	arena fina	< 5°	alta

Fig. 2.47 Esquema de comparación de las características de la playa del perfil P12.

Características cualitativas (%)	Cobertura natural en porcentaje de superficie (%)	Porcentaje de superficie con vegetación inundada	Perímetro de la playa en contacto con cuerpos de agua	Superficie ocupada por asentamientos humanos respecto a la superficie total de la playa (%)	Porcentaje de caminos con respecto a la playa
>80					
80-60					
60-40					
40-20	x				x
20-10			x	x	
<10		x			

Tabla 2.25 Interacción antrópica y natural P12.

	Grado de exposición	Intensidad	Magnitud del oleaje
PERFIL 12. PLAYA DE SÁNCHEZ MAGALLANES 2	playa sumamente expuesta	playas de alta energía	fuerte
	playa expuesta		moderado a fuerte
	playa protegida	playas de baja energía	poca

Fig. 2.48 Clasificación de la playa P12 basada en algunos de los parámetros de McLachlan (1980).

Las características de la playa de Sánchez Magallanes, del perfil P12, obedecen a una playa tipo intermedia, sumamente expuesta con una alta intensidad de energía del oleaje.

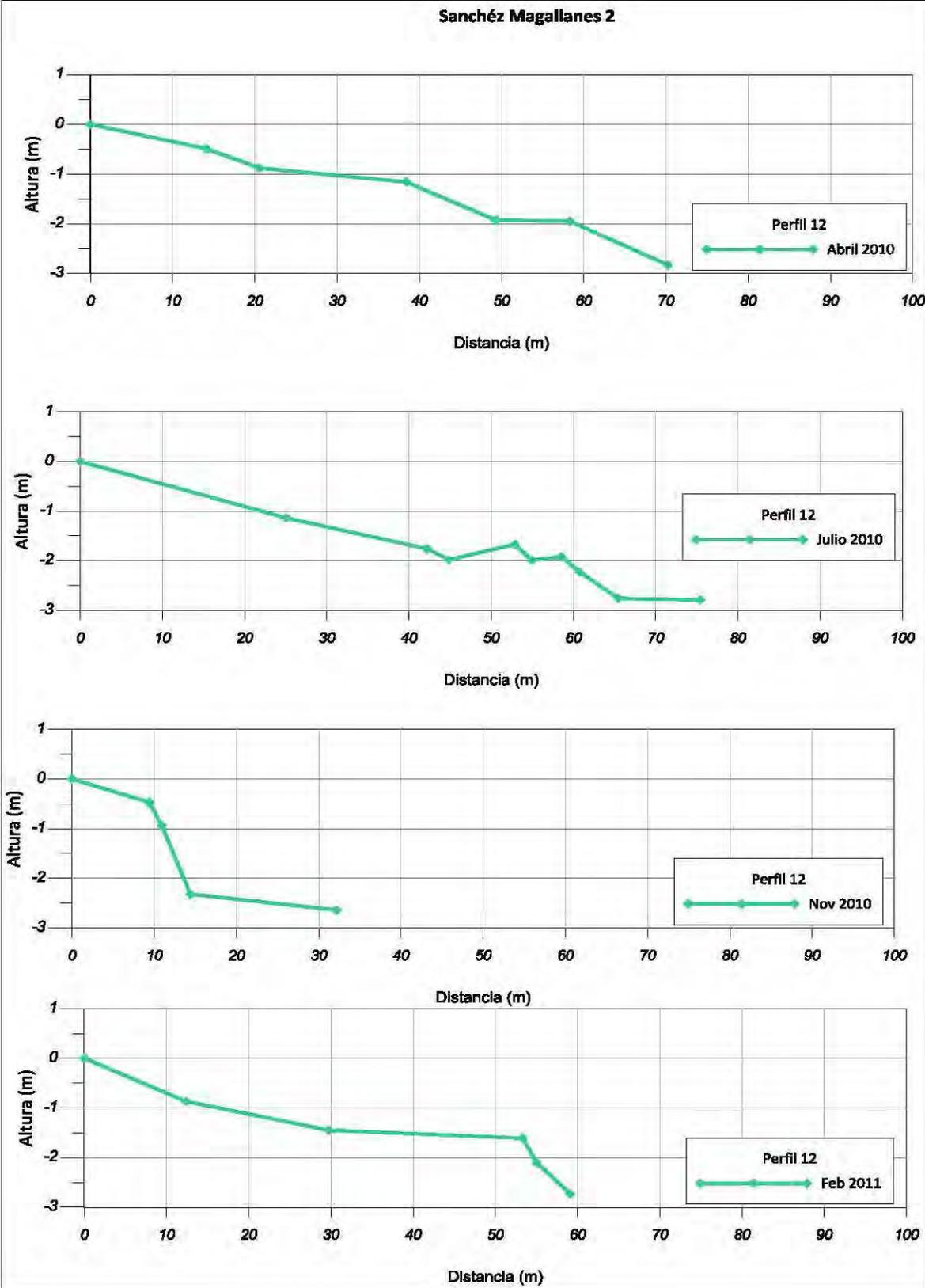


Fig. 2.49 Perfiles topográficos de estación del P12.

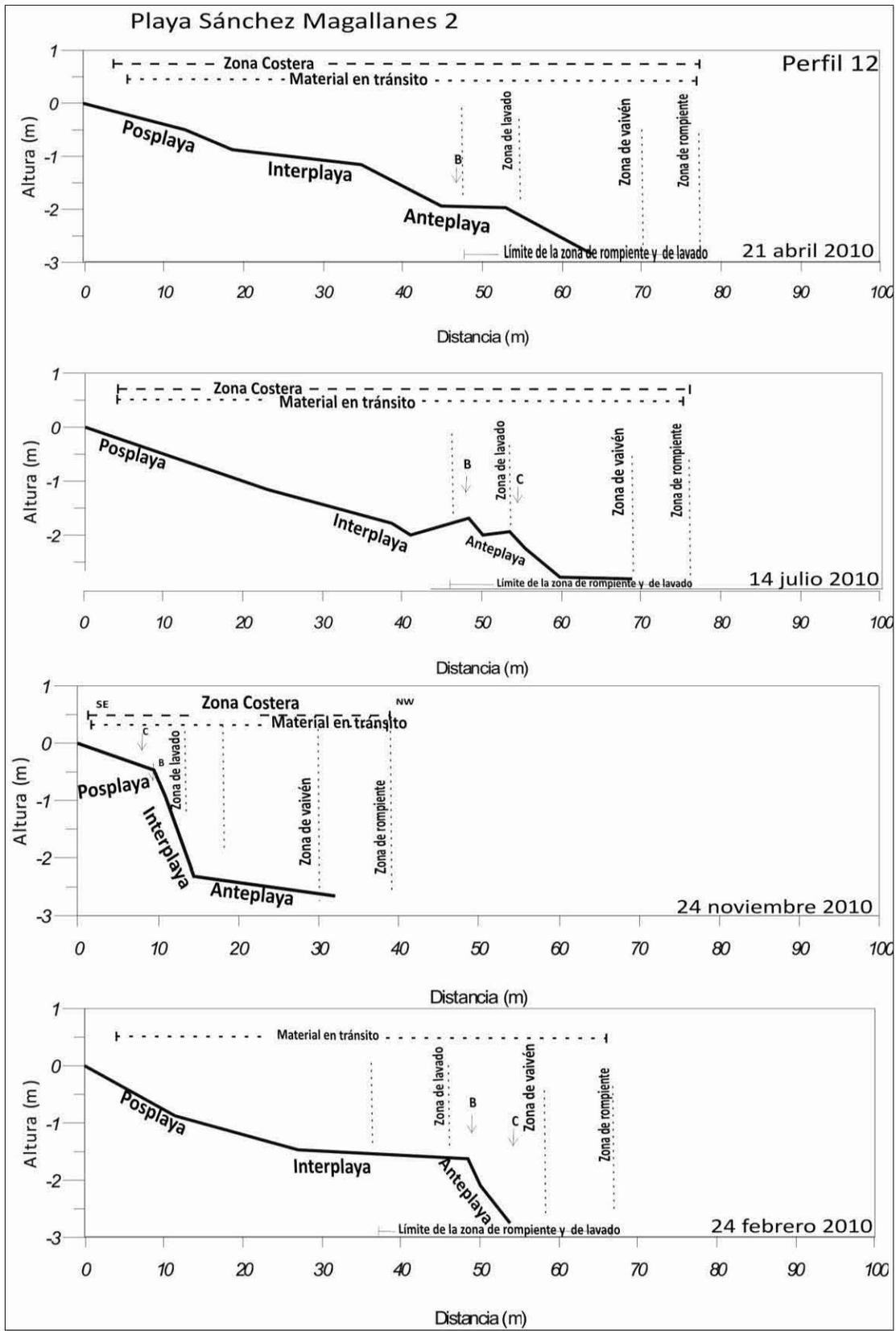


Fig.

2.50 Zonas morfológicas de la playa del P12.

Perfil 13	Región natural	Sistema terrestre	Paisaje	Sitio
	Llanura costera del Golfo Tabasco-Campeche	Planicie aluvial deltaica del Grijalva-Usumacinta	Llanura en disposición baja con influencia de marea	Playa de Sánchez Magallanes 1

Tabla 2.26 Características fisiográficas del Perfil 13.

La playa de Sánchez Magallanes, tiene una orientación NE-SW.

	Tipo de playa	Tamaño promedio de ola	Tamaño promedio	Pendiente	Grado de percolación
PERFIL 13. PLAYA DE SÁNCHEZ MAGALLANES 1	Reflectiva	<0.5 m	arena gruesa	7-10°	baja
	Intermedia	0.5-2 m	arena fina a media	7-5°	intermedia
	Disipativa	2-3 m	arena fina	< 5°	alta

Fig. 2.51 Esquema de comparación de las características de la playa del perfil P13.

Características cualitativas (%)	Cobertura natural en porcentaje de superficie (%)	Porcentaje de superficie con vegetación inundada	Perímetro de la playa en contacto con cuerpos de agua	Superficie ocupada por asentamientos humanos respecto a la superficie total de la playa (%)	Porcentaje de caminos con respecto a la playa
>80					
80-60					
60-40				x	x
40-20					
20-10			x		
<10	x	x			

Tabla 2.27 Interacción antrópica y natural P13.

PERFIL 13. PLAYA DE SÁNCHEZ MAGALLANES 1	Grado de exposición	Intensidad	Magnitud del oleaje
	playa sumamente expuesta	playas de alta energía	fuerte
	playa expuesta		moderado a fuerte
	playa protegida	playas de baja energía	poca

Fig. 2.52 Clasificación de la playa P13 basada en algunos de los parámetros de McLachlan (1980).

Las características de la playa de Sánchez Magallanes, del perfil P13, obedecen a una playa tipo intermedia, sumamente expuesta con una alta intensidad de energía del oleaje.

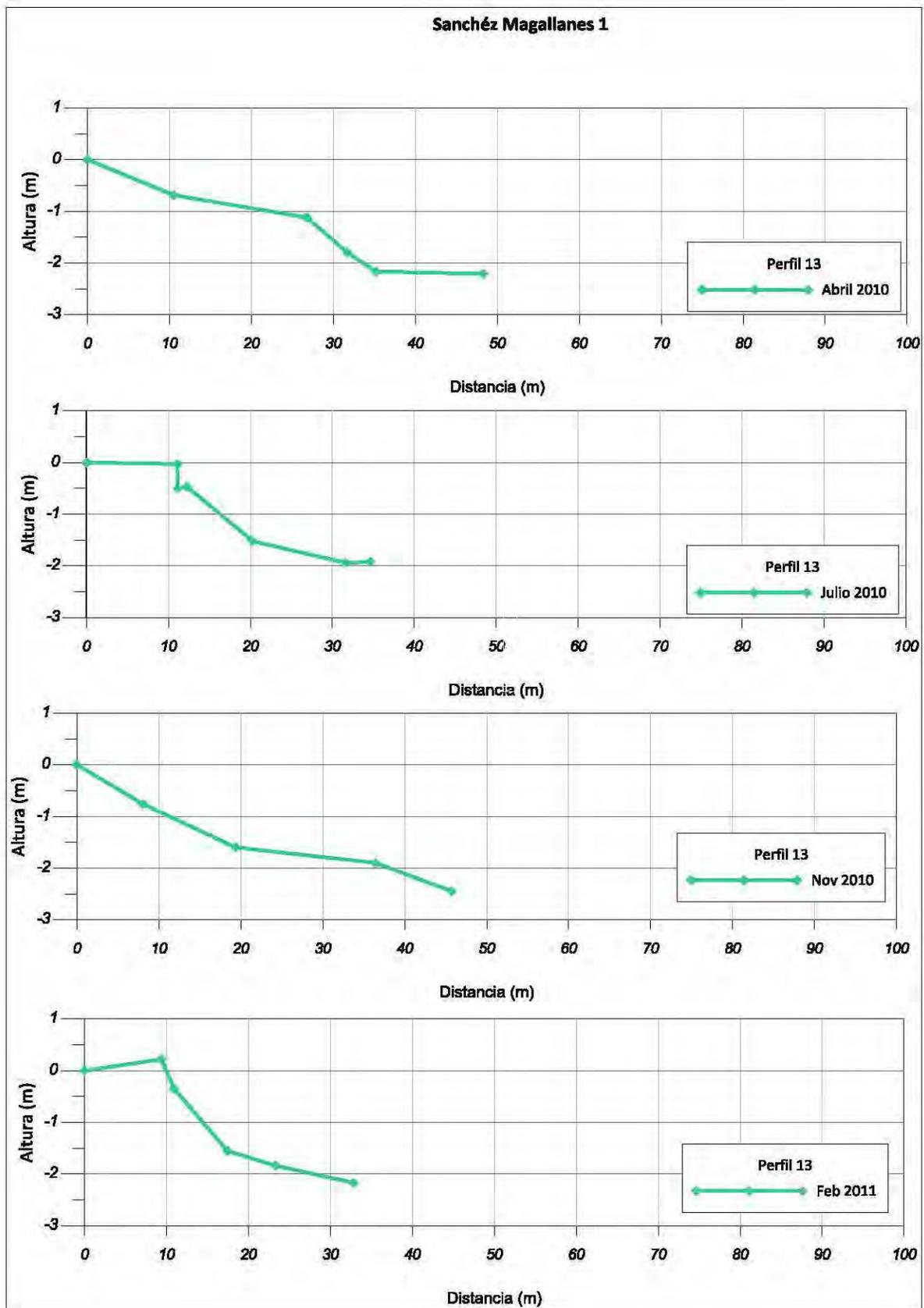


Fig. 2.57 Perfiles topográficos de estación del P13.

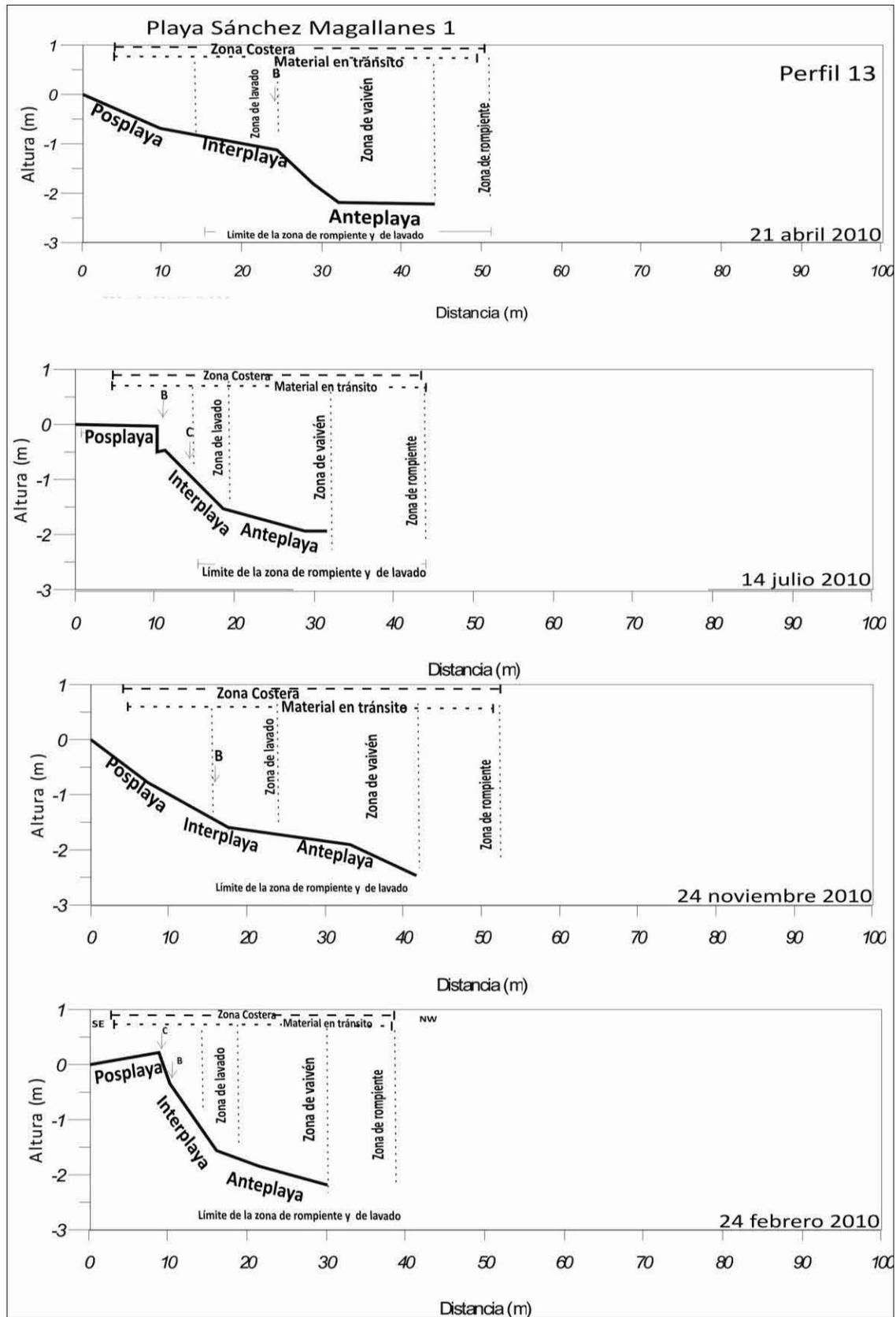


Fig. 2.58 Zonas morfológicas de la playa del P13.

2.7 VARIACIÓN ESPACIAL Y TEMPORAL EN LA LÍNEA DE COSTA DE TABASCO

En este estudio, la variación de la línea de costa, es analizada a través de los cambios históricos de la posición relativa de la costa (Domínguez *et al.*, 2004), empleando la herramienta del SIG, en el que se sobreponen las líneas de costa en diferentes años (Camfield and Morang, 1996), resaltando los cambios más significativos en cada sector y obteniendo las superficies de avance y retroceso de la línea de costa de 1995 a 2011.

El escaneo y digitalización, de las fotos aéreas de 2008 y el manejo de la base cartográfica digital de INEGI, de 1995, proporcionan, básicamente, el mosaico sobre el cual, se sobreponen las diferentes fechas de la posición relativa de la línea de costa, recurriendo también, a información actual y disponible (Catalán *et al.*, 2006), generada por las imágenes de *Google Earth™*(2011). La utilización de este método, básicamente responde a la falta de datos disponibles e información histórica de la posición relativa de la línea de costa del estado de Tabasco.

En el análisis de los cambios de la línea de costa, se delimitó nueve sectores a lo largo de la costa. Los criterios geomorfológicos, para la delimitación de los sectores, fueron:

- a) Proximidad a los márgenes de las bocas y desembocaduras de los principales ríos.
- b) Adyacencia a los cuerpos lagunares.
- c) Conexión con esteros.
- d) Configuración espacial y orientación de la costa.

Los resultados de las superficies de acreción y erosión, por cada sector, así como, los sectores con cambios significativos, que se traduce en una alta vulnerabilidad física para los sistemas costeros, son abordados con mayor detalle en el tercer capítulo.

2.8 LOCALIZACIÓN DE LOS SECTORES DE LA LÍNEA DE COSTA

Para fines de este estudio, la línea de costa de Tabasco se dividió en nueve sectores, en función de su modelamiento fisiográfico, morfológico; cercanía a los márgenes principales de las bocas y desembocaduras de los ríos y proximidad con cuerpos de agua (lagunas o esteros).

De acuerdo con Ortiz *et al.*, (2011), los sectores en los que se dividió la línea de costa de Tabasco, se muestran en la Tabla 2.55.

Tabla 2.55 Sectores de la costa de Tabasco.

orientación W-E		
Sector	Límite	Longitud en (km)
1	De la boca del río Tonalá a boca Santa Ana Bocana de la Laguna del Carmen localidad de Sánchez Magallanes	31
2	De la boca Santa Ana a la boca Panteones Isla barrera de las lagunas del Carmen y Machona	28
3	De la boca Panteones a la boca de la barra de Tupilco	16
4	De la barra de Tupilco al Puerto de Dos Bocas (espigón occidental)	23
5	Trecho del Puerto de Dos Bocas (abarca ambos flancos de los espigones (oriental y occidental))	4
6	Del flanco del espigón oriental del Puerto de Dos Bocas al estuario del río González (barra de Chiltepec)	8
7	Del estuario del río González (barra de Chiltepec) hasta el brazo occidental del delta del río Grijalva	45
8	Del primer brazo del delta del río Grijalva hasta el límite del flanco oriental del delta	27
9	Del límite del flanco oriental del delta del Grijalva hasta Campeche (al oriente de la desembocadura del río San Pedro-Pablo)	22

2.9 CRITERIOS METODOLÓGICOS EN EL ESTUDIO DE LA MORFODINÁMICA DE LA LÍNEA DE COSTA

La variación temporal, se obtiene mediante la posición de la línea de costa en diferentes fechas (Crowell *et al.*, 1993; Hanson *et al.*, 2010), para fines de este estudio, se estimaron los cambios del año 1995 a 2011, a partir de la construcción de la base cartográfica en el submódulo *Arc Map*, de *ArcGis™*.

Los diferentes materiales cartográficos considerados para este análisis son:

Material	Año	Escala	
Base cartográfica digital de INEGI utilizada para georreferenciar las fotografías aéreas a color	1995	1:50,000	Datum horizontal : ITR 92
			Esferoide : WGS 89
			Proyección : UTM
35 fotografías aéreas a color	2008	1:40,000	Fecha de vuelo: 2008
			Resolución Dpi: 600
Imágenes <i>Google Earth</i>	2011	1:40,000	Comparable con la escala de las fotos aéreas

Tabla 2.56 Material para el trazado de la línea de costa.

La metodología empleada, se resume en el esquema siguiente:

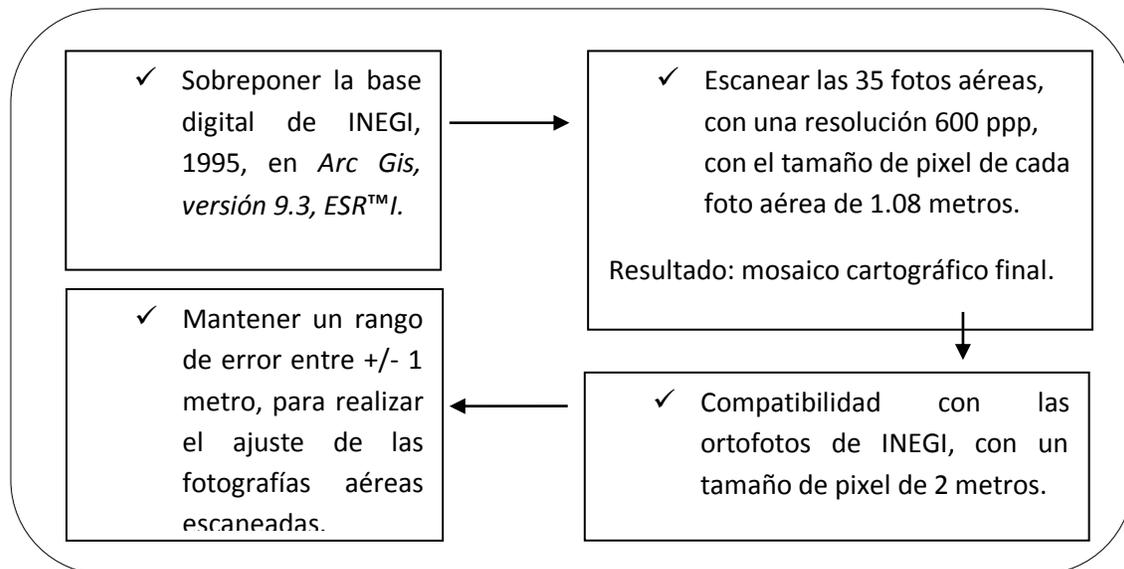


Fig. 2.28 Construcción de la base digital de la línea de costa.

2.10 PROCESAMIENTO EN *ARCGIS*[™] PARA DETERMINAR LOS CAMBIOS EN LA POSICIÓN RELATIVA DE LA LÍNEA DE COSTA DE TABASCO

Los pasos llevados a cabo, para estimar los valores de los cambios relativos de la línea de costa, son principalmente:

1. Escaneo de las 35 fotografías aéreas del 2008, a escala 1:40,000, con resolución de 600 dpi. La utilización de fotografías aéreas para los propósitos este estudio, se apoyan en que:
 - facilitan información a gran detalle, con una alta resolución en las imágenes.
 - comparan, mediante las herramientas del SIG, fotogramas aéreos tomados en una misma zona en distintas fechas.
 - adquieren accesibilidad, por el precio relativamente bajo, en comparación con otras imágenes de alta resolución (*Spot* e *Ikonos*, *Landsat ETM*, entre otros).

Escala	Resolución escaneo (dpi)	Características
1:40,000	600	Los objetos tienen una mayor frecuencia por unidad de espacio lineal en la foto y por tanto se requiere de una mayor resolución de escaneo

2. Georreferenciación efectuada con 13 a 30 puntos de control, en promedio, para cada fotografía aérea. En esta operación se utilizó la base digital INEGI de 1995, con una escala 1:50,000, y la herramienta *georeferencing* del submódulo *Arc Map* de *Arc Gis*, v.9.3.
3. Rectificación y resguardo, de las imágenes de *Google Earth Pro 2011* (servidor de acceso libre que permite obtener información geográfica virtual).

Algunos beneficios de esta herramienta cartográfica en el estudio, básicamente, son:

- Costos asequibles en comparación con otras imágenes.
 - Fácil acceso y periodicidad de la información en tiempo reciente.
 - Maleabilidad de las propiedades de las imágenes (resolución, tamaño, entre otras propiedades).
4. Elaboración del mosaico de imágenes de *Google Earth* utilizando como base el mosaico armado de las fotografías aéreas *georreferenciadas* con escala 1:40,000, en el submódulo *Arc Map*.
 5. Digitalización de la línea de costa de :
 - Fotografías aéreas georreferenciadas del 2008.
 - Imágenes *Google Earth* del 2011.
 6. Detección de testigos topográficos o indicadores sobre la línea de costa (ilc), como elementos morfológicos, cobertura natural o infraestructuras antrópicas.
 7. Empalme de los mosaicos (1995-2008-2011), en el submódulo *Arc Map*, cargando las bases cartográficas correspondientes, para identificar los cambios en las diferentes fechas de toda la línea de costa de Tabasco.
 8. Digitalización de los polígonos que representan las superficies de erosión y acreción.
 9. Obtención de valores positivos y negativos, como resultado del cruce de las diversas fechas de la posición de la línea de costa, que son traducidos en áreas de acreción y erosión de cada sector de la línea de costa de Tabasco.
 10. Elaboración de mapas, como recurso de comparación gráfica, entre cada sector de los cambios más representativos en la línea de costa de Tabasco.

CAPÍTULO 3

3.1 SECUENCIA DE LOS RESULTADOS

El orden de presentación de los resultados obtenidos en esta investigación es presentado en los siguientes apartados con la finalidad de retomar elementos que guiaron la investigación y que su discusión puede contribuir a entender mejor la dinámica de la línea de costa.

- Apartado 3.2 *El perfil como instrumento de evaluación del estado morfodinámico de la playa.*
- Apartado 3.3 *Análisis de cada perfil de playa.*
- Apartado 3.4 *Discusión y análisis de la variación de los perfiles de playa.*
- Apartado 3.5 *Discusión y análisis de la dinámica de la línea de costa de 1995 a 2011; estimación del avance y retroceso de la posición relativa de la línea de costa para cada sector de la zona de estudio.*
- Apartado 3.6 *Integración de los resultados finales de las tasas de avance y retroceso de la posición relativa de la línea de costa de Tabasco de 1995 a 2011.*
- Apartado 3.7 *Conclusiones.*

3.2 EL PERFIL COMO INSTRUMENTO DE EVALUACIÓN DEL ESTADO MORFODINÁMICO DE LA PLAYA

El primer apartado de este capítulo plantea el análisis e interpretación de los perfiles de playa realizados en abril, julio, noviembre de 2010 y febrero de 2011.

El objetivo principal, en este apartado, se ha centrado en la interpretación de los perfiles topográficos, que representan, fundamentalmente, el comportamiento dinámico de la playa y una importante herramienta en la caracterización geomorfológica de la línea de costa.

Interpretar el comportamiento morfológico de la playa a través del perfil topográfico permite:

- Reconocer la zonación típica de la playa en cada sitio a lo largo de la costa.
- Caracterizar las zonas morfológicas de la playa.
- Monitorear y comparar la evolución morfológica de la playa.
- Comparar en planta y en perfil, los cambios de las zonas morfológicas de la playa.
- Cuantificar los cambios de las zonas morfológicas de playa, principalmente, estos cambios obedecen a la variación de las condiciones de marea, a la variación estacional y a la variabilidad en la posición relativa de la línea de costa.

El levantamiento topográfico de las características de las zonas morfológicas de la playa, fundamentalmente, de la posplaya, interplaya y anteplaya constituye la base sobre la que se asienta los estudios de seguimiento de playas, la valoración y la interpretación de los fenómenos sujetos a las condiciones hidrodinámicas.

El seguimiento de los cambios de la playa es esencial para los objetivos de este trabajo, por lo que se exponen conceptos de interpretación y parámetros de análisis, básicamente, para caracterizar la morfología del frente de playa, de acuerdo con los datos que significan cuatro aspectos centrales y distinguibles en los perfiles:

3.2.1 La migración y cambio en dimensiones de las zonas morfológicas de la playa.

3.2.2 El cambio de la pendiente del perfil topográfico.

3.2.3 La intersección entre cada perfil de playa.

3.2.4 El porcentaje del volumen relativo de acreción y erosión.

3.2.1 La migración y cambio en dimensiones de las zonas morfológicas de la playa (posplaya, interplaya y anteplaya).

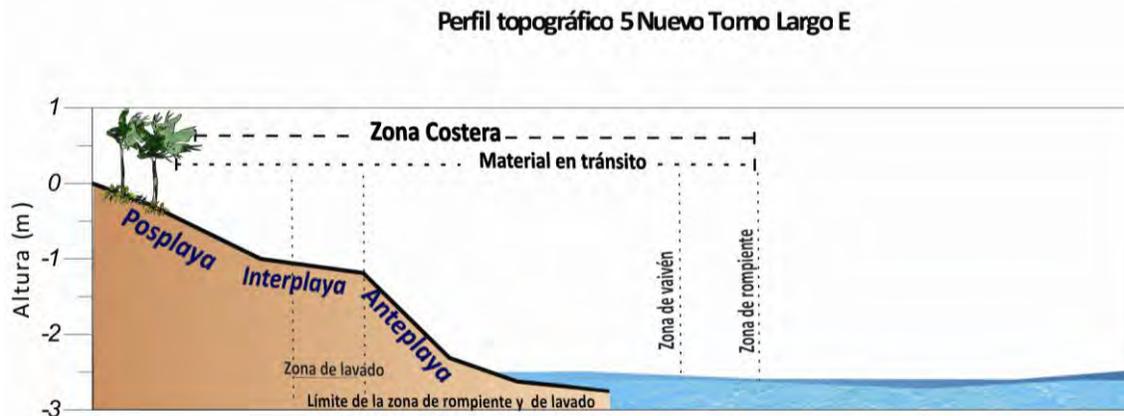
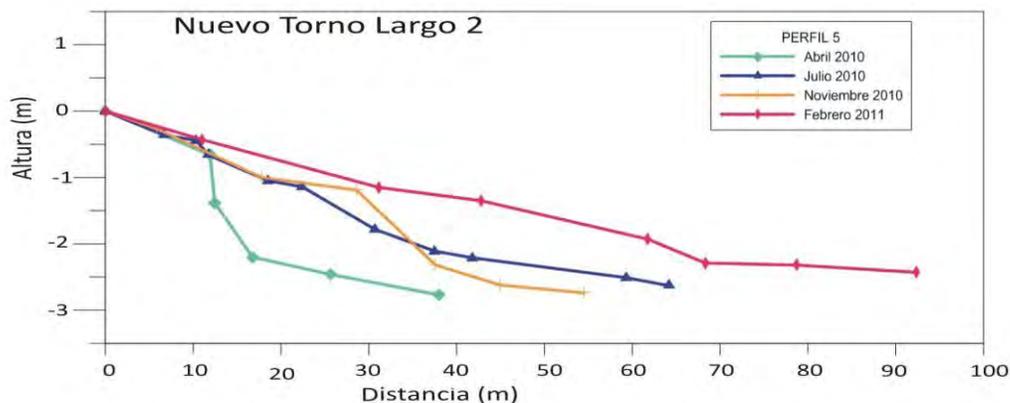


Fig.3.1 Zonas morfológicas de la playa.

Los cambios en las zonas morfológicas de la playa son resultado, principalmente, de las condiciones dinámicas de la playa, como el oleaje derivado de las mareas que por si mismo tienen gran influencia en la capacidad de remoción y deposición del material arenoso, la pendiente de la playa y el impacto de fenómenos meteorológicos extremos, son elementos que también influyen en los cambios y migración de las zonas de la playa.

3.2.2 El cambio de la pendiente del perfil topográfico.



El concepto de *cambio en la pendiente*, para fines de este trabajo, se refiere a la inclinación respecto al plano horizontal. Los factores que controlan, principalmente, la pendiente, son el régimen de las mareas, las corrientes locales que generan el oleaje, la topografía submarina y la remoción del sedimento.

3.2.3 La intersección entre cada perfil de playa. (P_{ABR} VS P_{JUL} , P_{JUL} VS P_{NOV} , P_{NOV} VS P_{FEB}).

La noción *intersección entre cada perfil de playa*, para fines de esta disertación, se refiere al resultado de la sobreposición gráfica entre un perfil de playa y otro, de la cual se definen intersecciones o polígonos que corresponden a áreas de acreción y erosión.

Este método de comparación gráfica entre perfiles de un mismo sitio pero en diferente fecha, resume los cambios topográficos entre cada una de las fechas en la que fueron realizados los perfiles.

Los conceptos utilizados como un recurso para interpretar la intersección entre cada perfil de playa son:

- P_{ABR} VS P_{JUL} ilustra la comparación gráfica entre el perfil de abril, 2010 y el perfil de julio, 2010.
- P_{JUL} VS P_{NOV} ilustra la comparación gráfica entre el perfil de noviembre, 2010 y el perfil de julio, 2010.
- P_{NOV} VS P_{FEB} ilustra la comparación gráfica entre el perfil de noviembre, 2010 y el perfil de julio, 2010.

El siguiente esquema muestra las categorías de intersección entre un perfil de playa y otro:

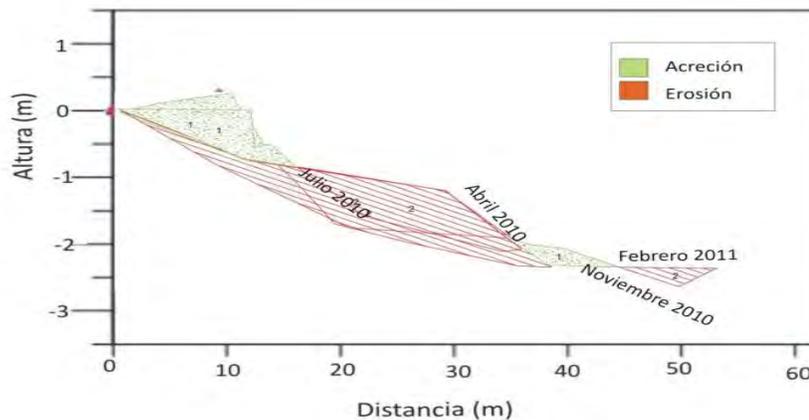
Perfil	Baja Intersección	Moderada Intersección	Alta Intersección
P_{ABR} VS P_{JUL}	0-2	2-4	4-6
P_{JUL} VS P_{NOV}	0-2	2-4	4-6
P_{NOV} VS P_{FEB}	0-2	2-4	4-6

El término *baja intersección*, básicamente, refiere de 0-2 veces en la que el perfil de playa se sobrepone a otro (P_{ABR} VS P_{JUL} ; P_{JUL} VS P_{NOV} ; P_{NOV} VS P_{FEB}). El término *moderada intersección* refiere de 2-4 veces en la que el perfil de playa se sobrepone a otro y el término *alta intersección* refiere de 4-6 veces en la que el perfil de playa se sobrepone a otro.

3.2.4 El porcentaje del volumen relativo de acreción y erosión.

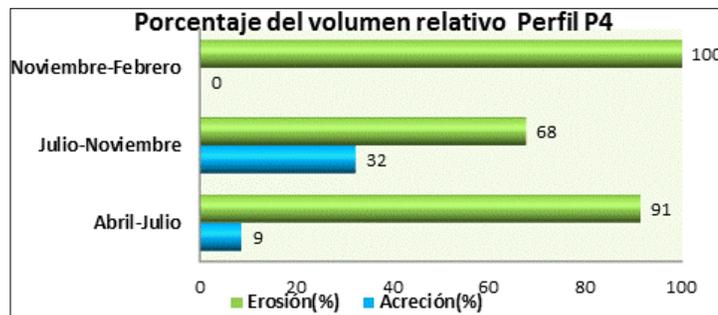
El porcentaje del volumen de erosión y acreción se refiere, principalmente, al área obtenida de los polígonos de la comparación entre un perfil de playa y otro. Como recurso

interpretativo, se utilizó una franja hipotética de un metro, para convertir a volumen los los valores obtenidos de las áreas de acreción y erosión.



¿Por qué utilizar la sobreposición gráfica entre un perfil de playa y otro ?

Este método permite el análisis comparativo entre los perfiles de playa y expresa la caracterización morfológica de las zonas de la playa, derivada de las condiciones hidrodinámicas de cada sitio.



¿Qué papel juegan los perfiles topográficos del frente de playa en la variabilidad de la posición relativa de la línea de costa?

Los perfiles topográficos del frente de playa, relacionan las condiciones hidrodinámicas de cada sitio en un corto plazo (micro escala), con los cambios en la posición relativa de la línea de costa (meso y macro escala).

La sobreposición gráfica y el análisis de los perfiles de playa que se presentan a continuación, guían la modalidad seguida en las comparaciones morfológicas entre cada perfil de playa y los conceptos desarrollados en párrafos anteriores

3.3 ANÁLISIS DE CADA PERFIL DE PLAYA.

3.3.1 PERFIL 1, localizado al oriente de la playa de Nuevo Campechito 1.

Los desplazamientos más significativos de las zonas morfológicas en este perfil se representan y analizan en la figura siguiente:

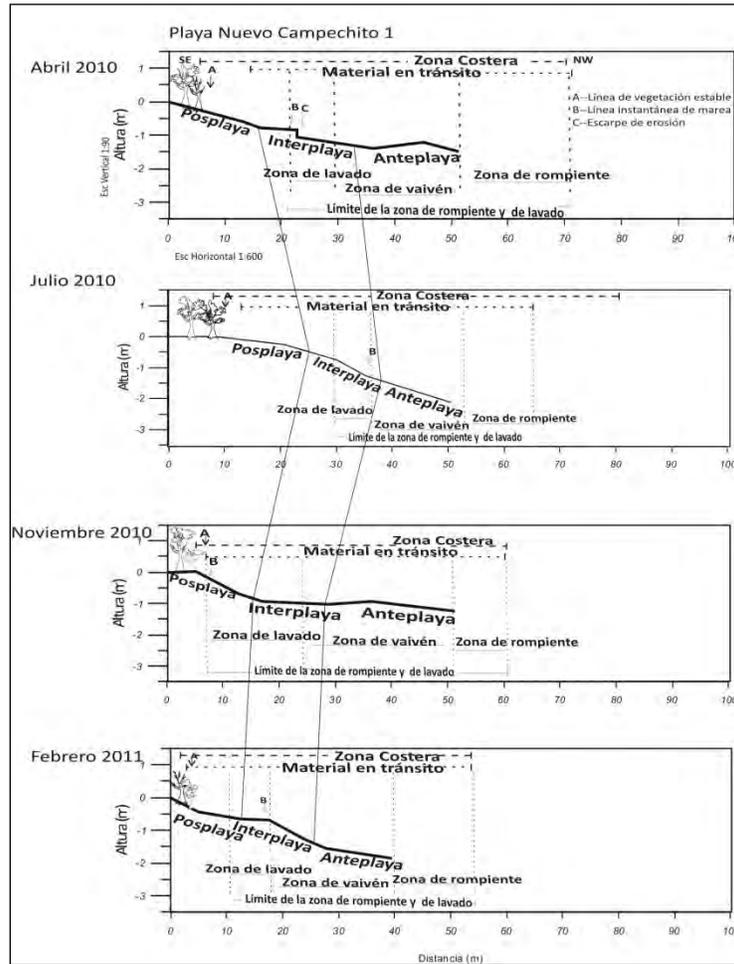


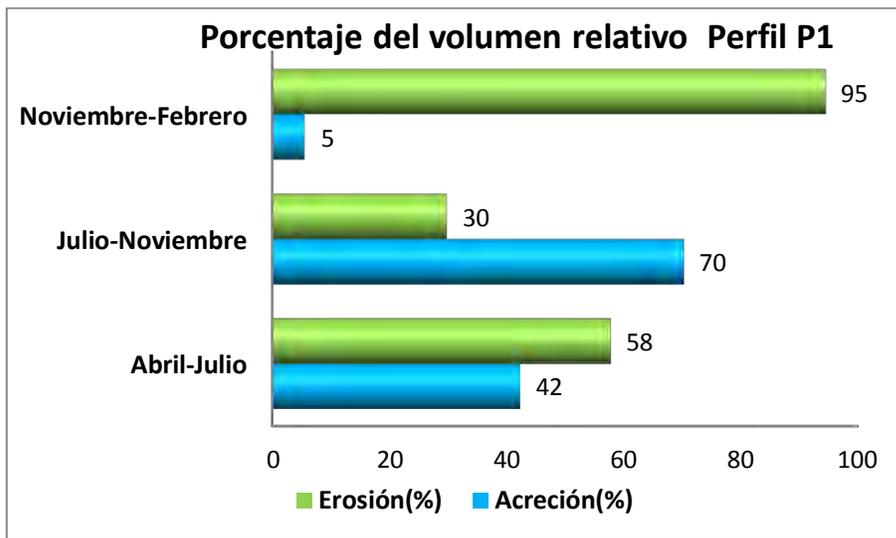
Fig.3.2 Migración de las zonas morfológicas del perfil topográfico P1.

En la zona de la Posplaya (ZP), la mayor extensión de la playa se presenta en julio > 20 m, reduciéndose en noviembre \leq 15 m, finalmente en febrero, ésta zona tiene \leq 13 m, en la zona de la Interplaya (ZI), los mayores cambios se presentan en julio < 15 m, seguido de abril \leq 10 m, noviembre \leq 10 m, y de febrero \leq 15 m, la zona de la Anteplaya (ZA), porción frontal de la playa, presenta los mayores cambios morfológicos durante noviembre \leq 20 m, y en abril con \leq 15 m.

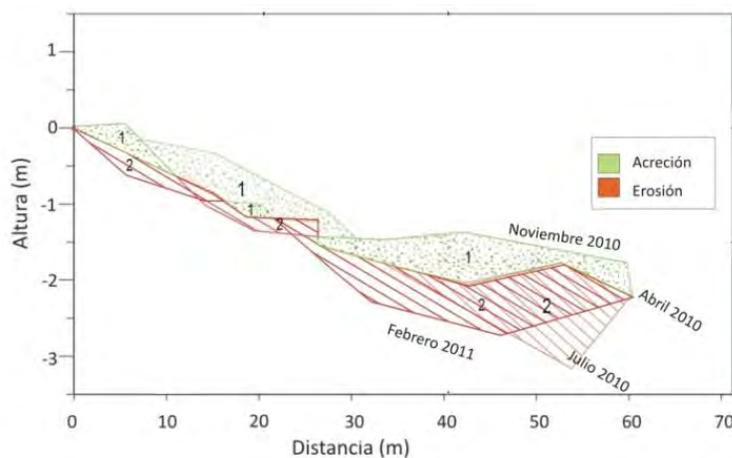
En el caso de las intersecciones entre cada perfil de playa se observa que P_{ABR} vs P_{JUL} y P_{NOV} vs P_{FEB} presentan cambios menos abruptos, básicamente, con una baja intersección 0-2 y P_{JUL} vs P_{NOV} tiene una moderada intersección.

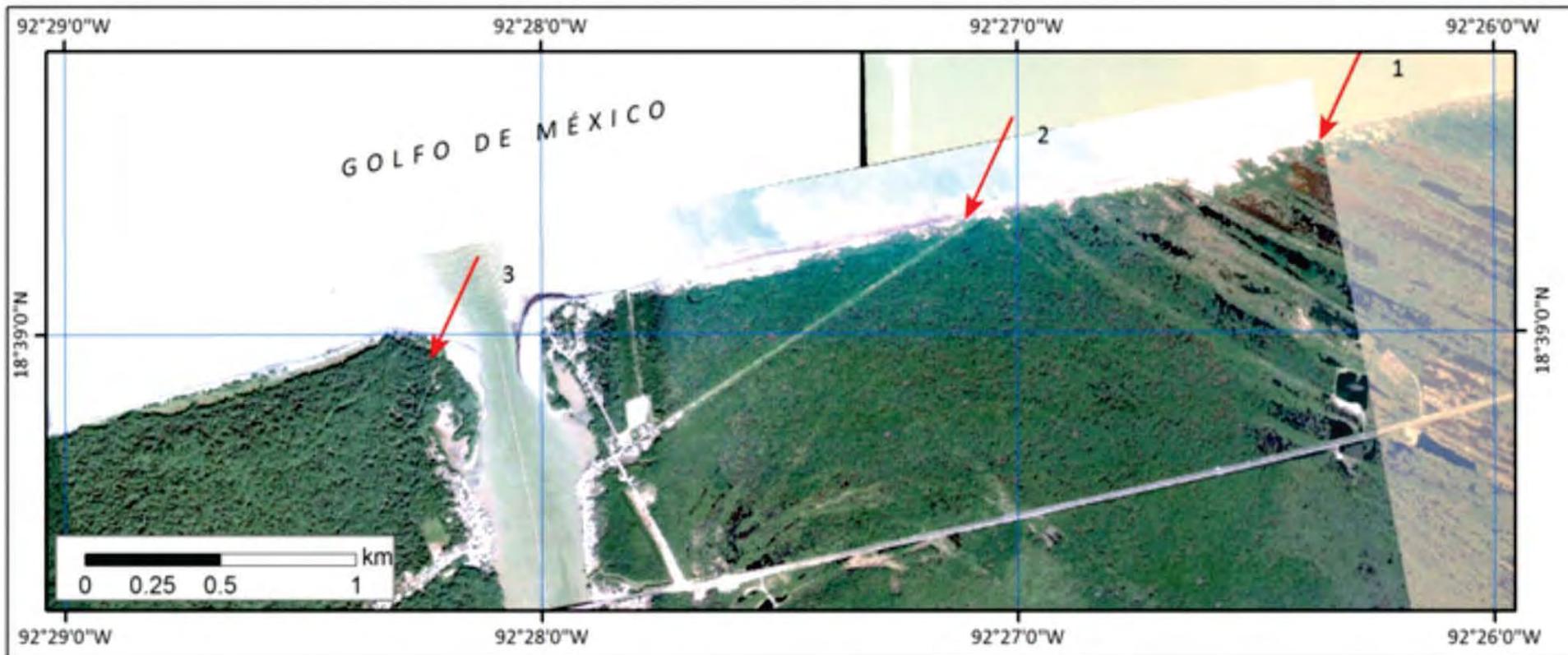
Perfil	Baja Intersección	Moderada Intersección	Alta Intersección
P_{ABR} vs P_{JUL}	0-2	2-4	4-6
P_{JUL} vs P_{NOV}	0-2	2-4	4-6
P_{NOV} vs P_{FEB}	0-2	2-4	4-6

¿Qué ilustra la sobreposición de los perfiles de playa del Perfil 1?

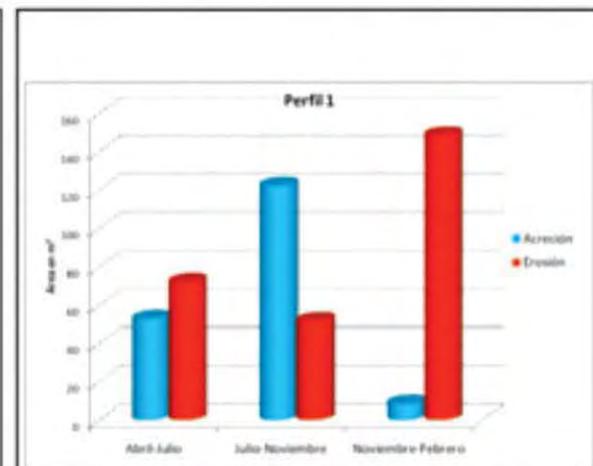
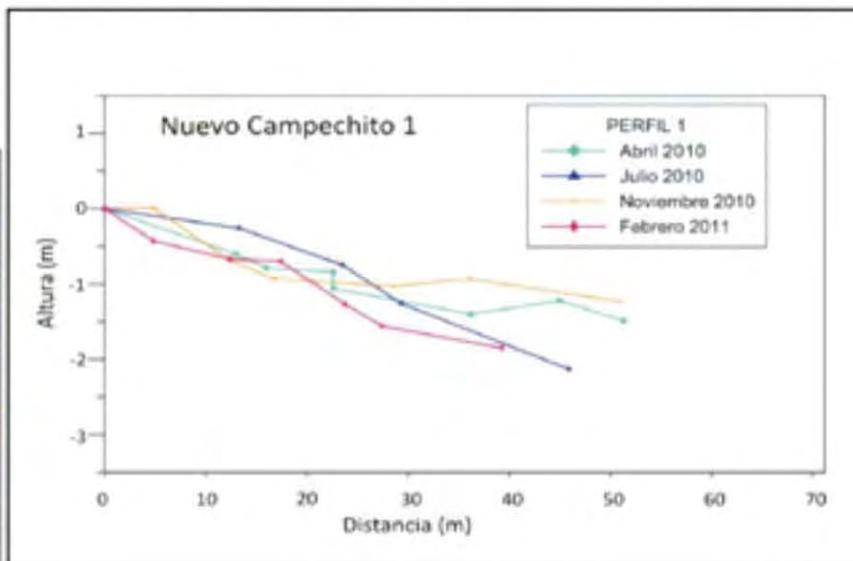


En los resultados de P_{JUL} vs P_{NOV} se tiene un 70% del volumen relativo de la acreción total (174 m^3), mientras que en P_{NOV} vs P_{FEB} se tiene un 5% del volumen relativo de la erosión total (157 m^3) y P_{ABR} vs P_{JUL} 58% del volumen relativo de la erosión (125 m^3).





PERFIL 1



Elaboró: Magdiel Barrios Rodríguez

3.3.2 PERFIL 2, localizado al oriente de la playa de Nuevo Campechito A.

Los desplazamientos más significativos de las zonas morfológicas en este perfil se representan y analizan en la figura siguiente:

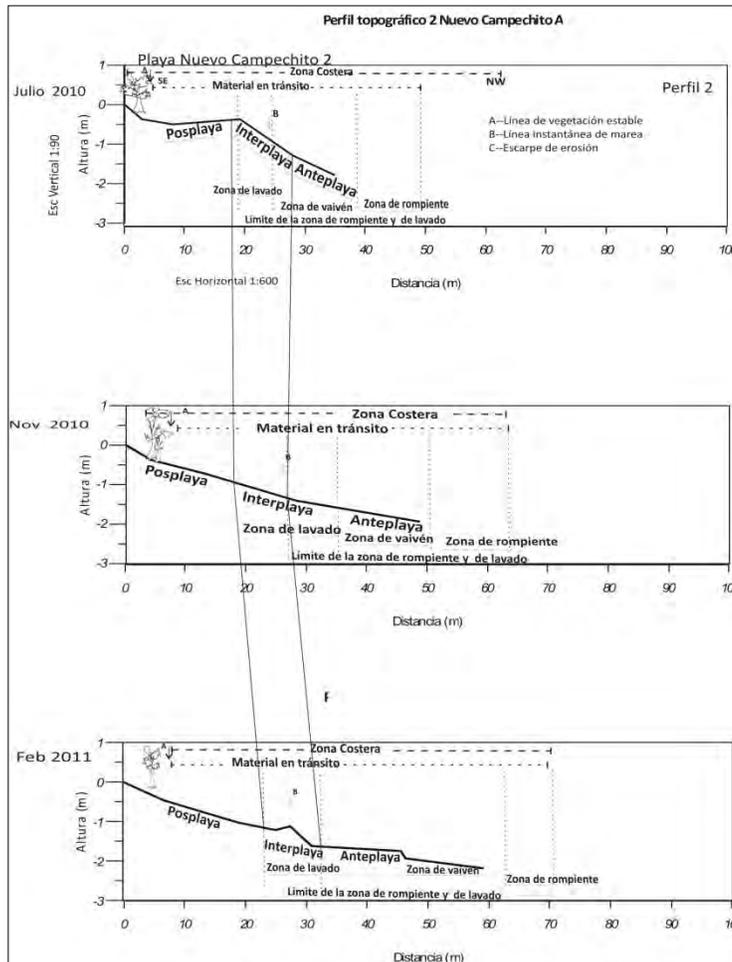
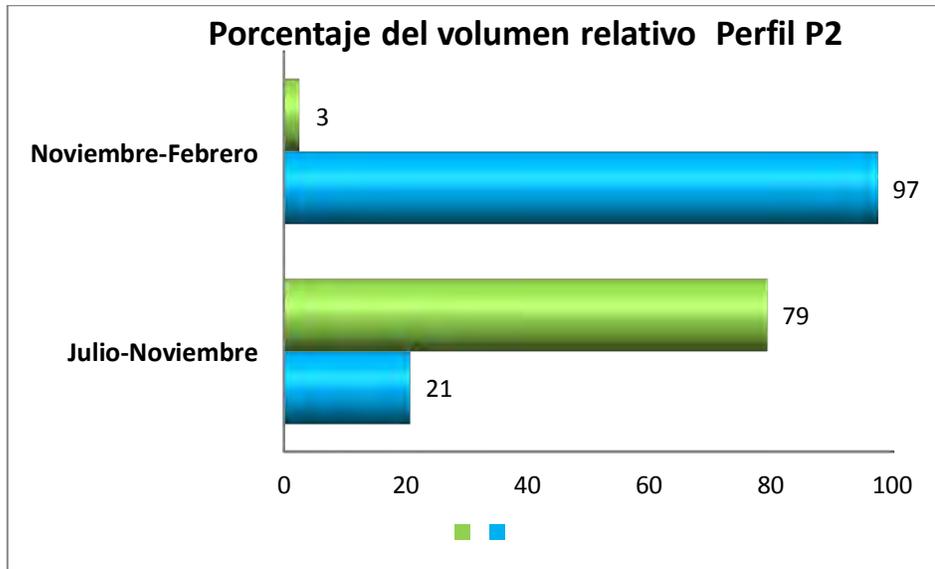


Fig.3.3 Migración de las zonas morfológicas del perfil topográfico P2.

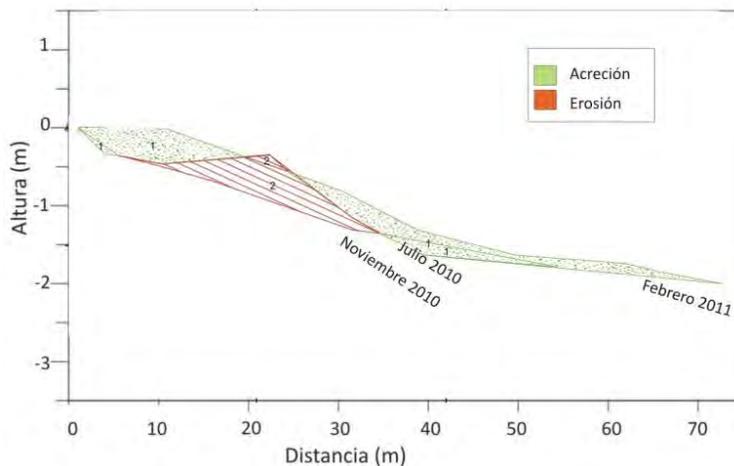
En la ZP la mayor extensión es en febrero ≥ 20 m, reduciéndose relativamente en noviembre ≤ 19 m y en julio ≤ 19 m, la ZI presenta una extensión en febrero de < 10 m, seguido de julio ≥ 10 m, y durante noviembre tiene < 9 m, la ZA exhibe mayores cambios morfológicos en febrero ≥ 20 m, y cambios abruptos de pendiente en abril con una longitud ≤ 10 m.

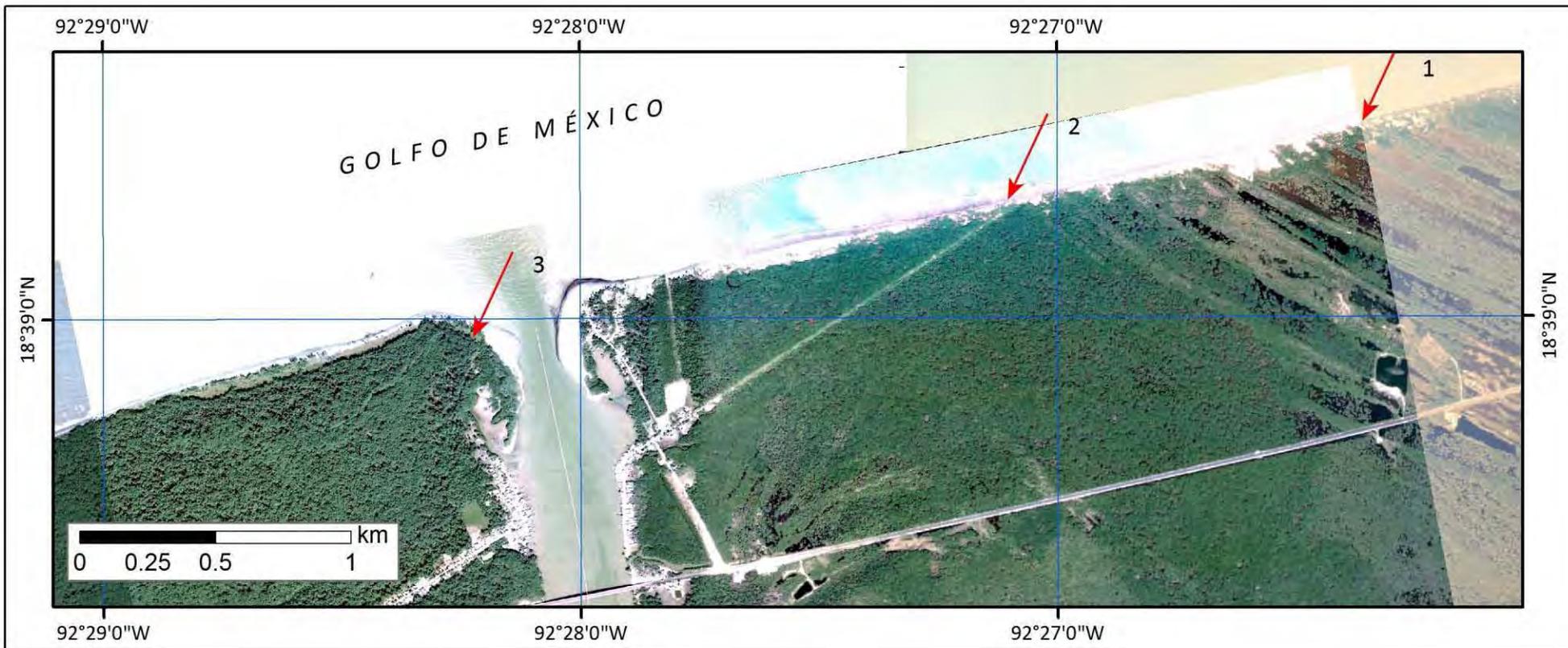
En el caso de las intersecciones entre cada perfil de playa se observa que P_{JUL} vs P_{NOV} y P_{NOV} vs P_{FEB} presentan cambios similares, básicamente, una moderada intersección 2-4.

Perfil	Baja Intersección	Moderada Intersección	Alta Intersección
P_{JUL} vs P_{NOV}	0-2	2-4	4-6
P_{NOV} vs P_{FEB}	0-2	2-4	4-6

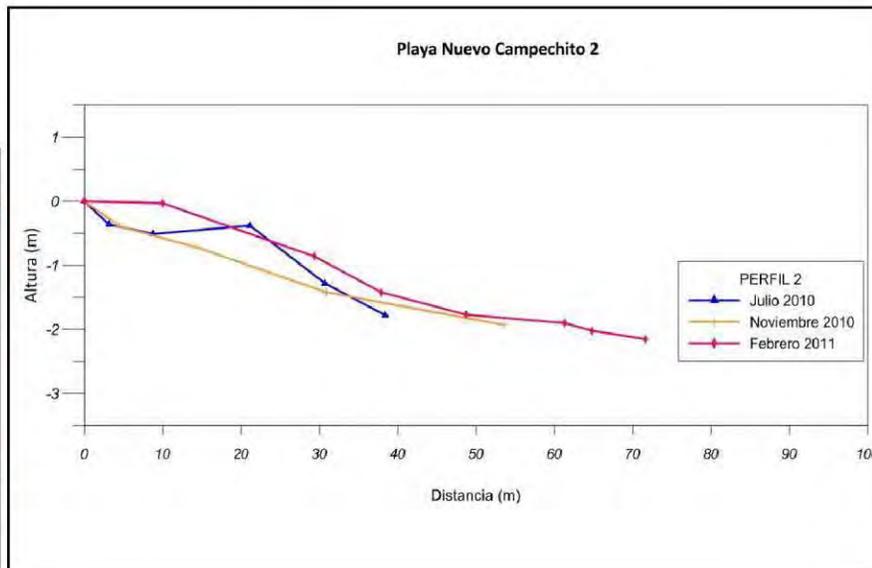
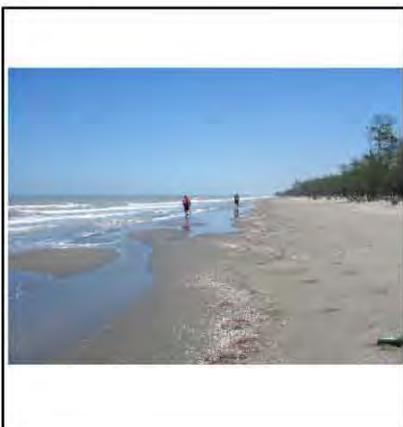


En los resultados de P_{JUL} vs P_{NOV} se presenta un predominio de la remoción de sedimento, un 79% del volumen relativo de la erosión total (82 m^3), mientras que en P_{NOV} vs P_{FEB} domina la depositación de arenas, con 97% del volumen relativo de la acreción total (115 m^3).





PERFIL 2



3.3.3 PERFIL 3, localizado en la playa de San Pedro.

Los desplazamientos más significativos de las zonas morfológicas en este perfil se representan y analizan en la figura siguiente:

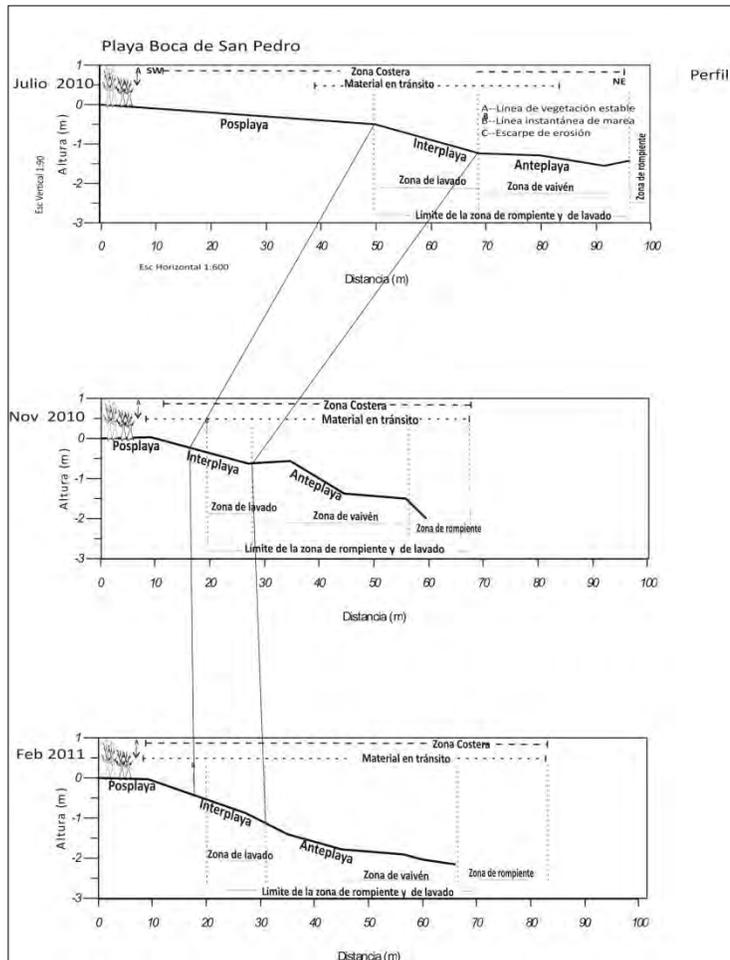
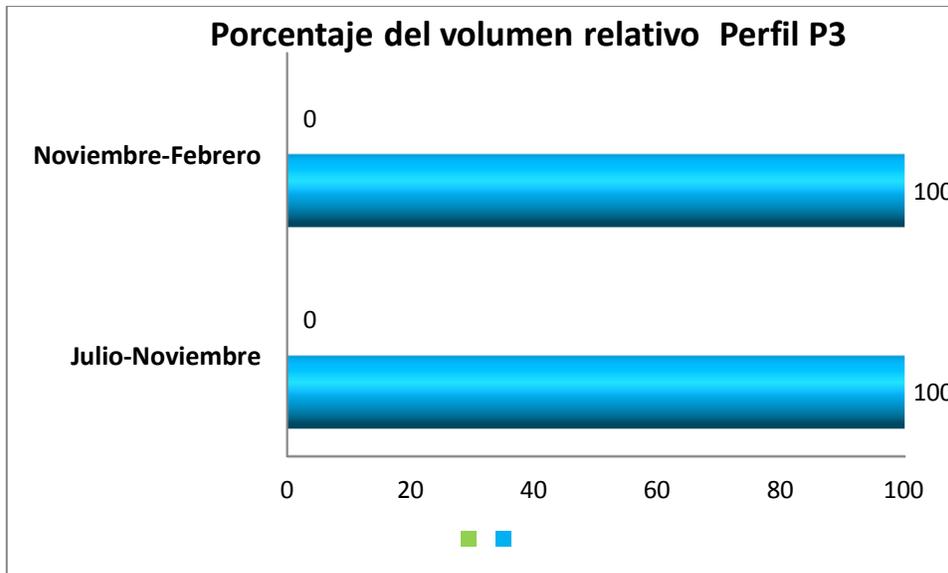


Fig.3.4 Migración de las zonas morfológicas del perfil topográfico P3.

En la ZP los mayores cambios morfológicos se presentan en julio ≥ 39 m, reduciéndose ligeramente en febrero ≤ 19 m, y en noviembre ≤ 16 m, en la ZI los cambios morfológicos más representativos son en julio < 20 m, seguido de noviembre ≥ 10 m, finalmente en febrero < 9 m, en la ZA los mayores cambios morfológicos son en noviembre ≥ 29 m, expresado por el cambio abrupto de pendiente, julio presenta una longitud ≤ 30 m, finalmente febrero ≤ 30 m.

En el caso de las intersecciones entre cada perfil de playa se observa que P_{JUL} vs P_{NOV} y P_{NOV} vs P_{FEB} presentan cambios menos abruptos, básicamente, con una baja intersección 0-2.

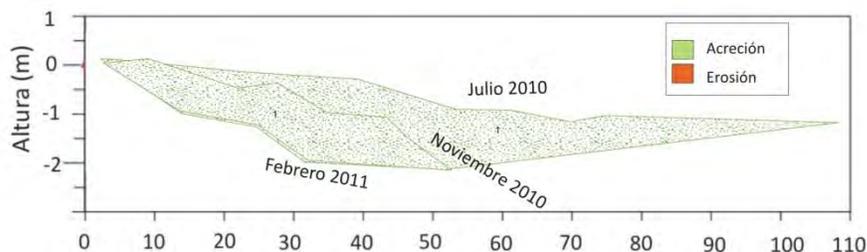
Perfil	Baja Intersección	Moderada Intersección	Alta Intersección
P_{JUL} vs P_{NOV}	0-2	2-4	4-6
P_{NOV} vs P_{FEB}	0-2	2-4	4-6

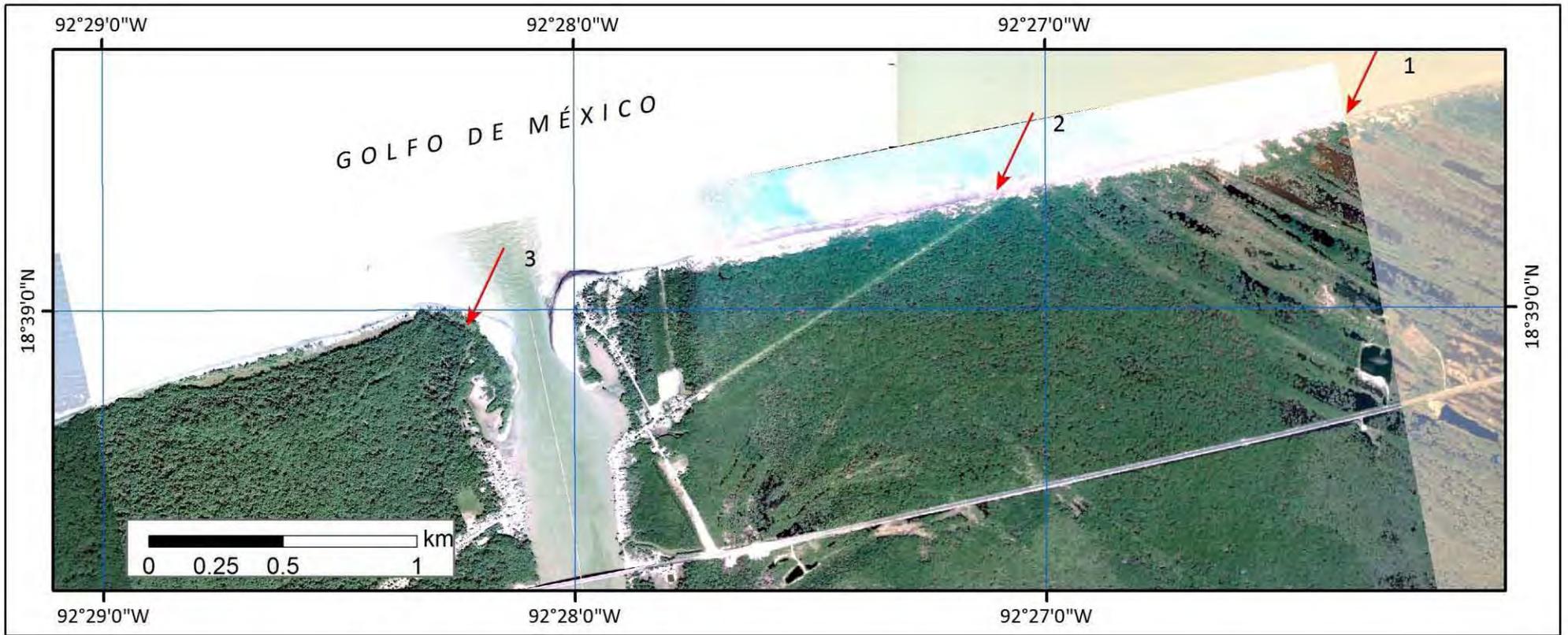


Los volúmenes relativos de acumulación para P_{JUL} vs P_{NOV} y P_{NOV} vs P_{FEB} representan el 100%, el socavamiento del material representa 0%.

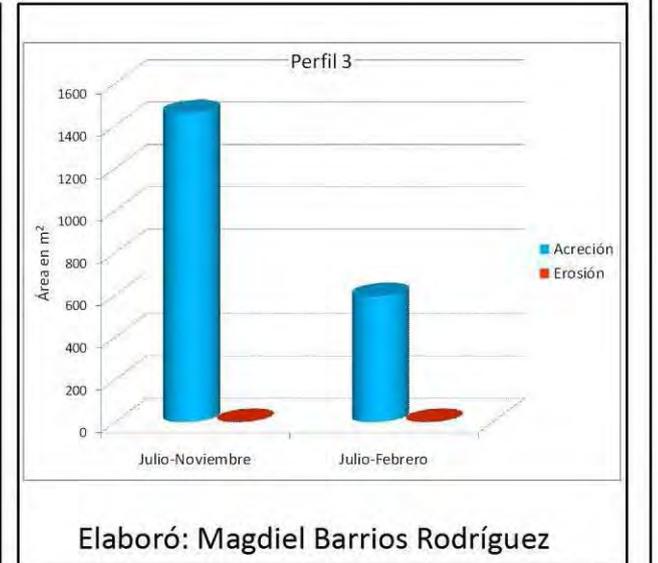
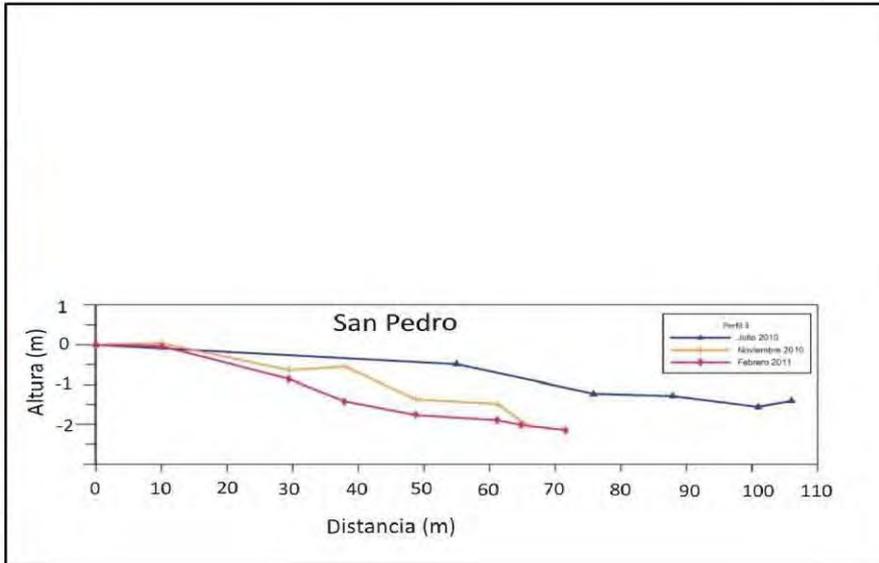
¿Cuál es el comportamiento del P3?

Los aportes que se observan P_{JUL} vs P_{NOV} y P_{NOV} vs P_{FEB} son solamente de acreción, por lo que, es probable que la superficie mayormente expuesta, como es la anteplaya e interplaya, reciba mayores aportes de sedimentos.





PERFIL 3



Elaboró: Magdiel Barrios Rodríguez

3.3.4 PERFIL 4, localizado en la playa oriental de Nuevo Torno Largo 1.

Los desplazamientos más significativos de las zonas morfológicas en este perfil se representan y analizan en la figura siguiente:

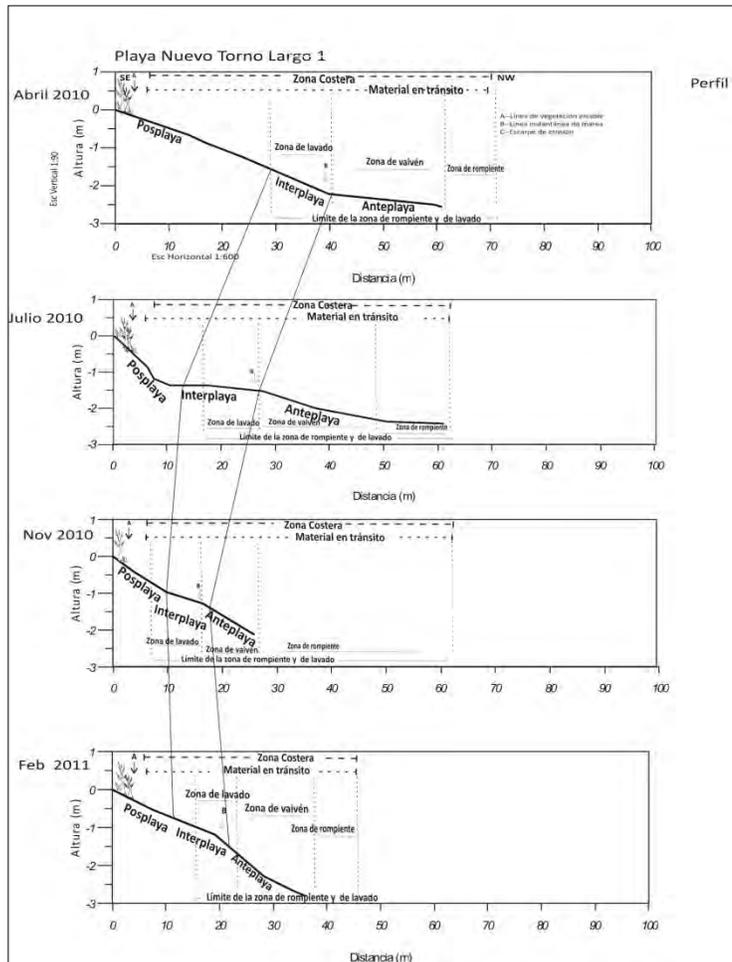
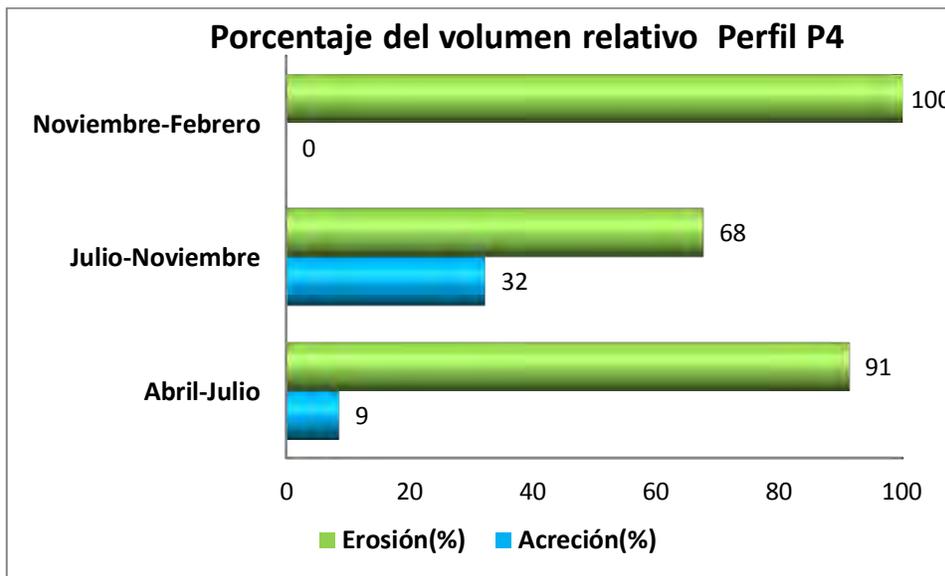


Fig.3.5 Migración de las zonas morfológicas del perfil topográfico P4.

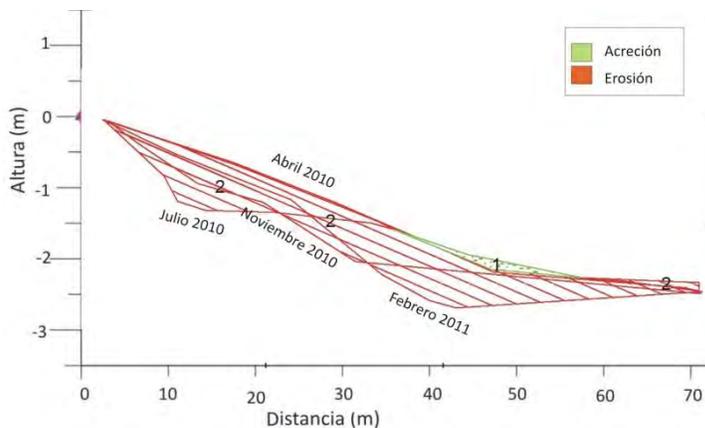
En la ZP la mayor extensión de esta zona es en abril ≤ 25 m, reduciéndose en julio ≥ 11 m, seguida de noviembre ≤ 10 m, creciendo ligeramente en febrero ≤ 12 m, en la ZI los mayores cambios morfológicos son en abril ≥ 13 m, en julio ≤ 15 m, seguido de noviembre < 10 m, finalmente los menores cambios morfológicos se presentan en febrero < 10 m, en la ZA los cambios morfológicos son en julio ≤ 30 m, seguido de abril ≤ 20 m, en febrero ≥ 10 m, finalmente en noviembre presenta la mayor reducción < 10 m.

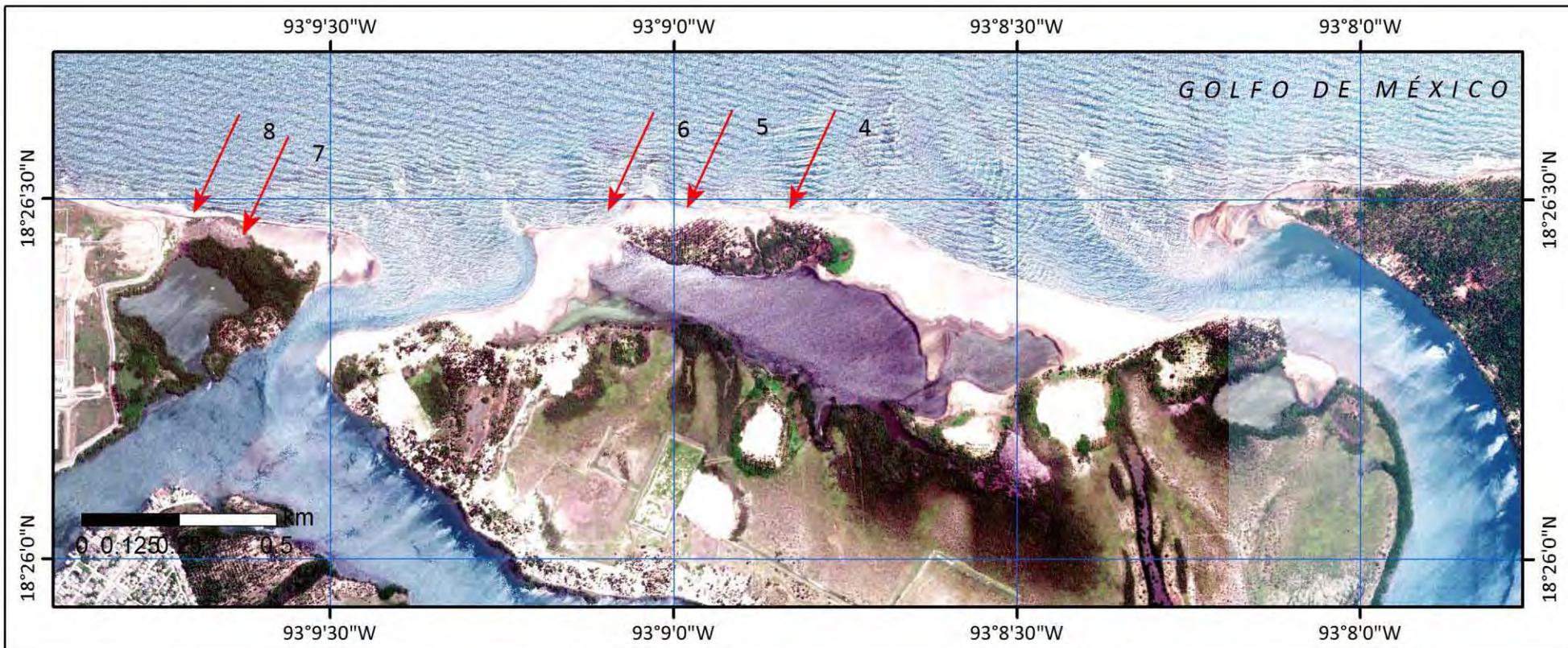
En el caso de las intersecciones entre cada perfil de playa se observa que P_{ABR} vs P_{JUL} ; P_{JUL} vs P_{NOV} ; P_{NOV} vs P_{FEB} presentan cambios menos abruptos, básicamente, con una baja intersección 0-2 .

Perfil	Baja Intersección	Moderada Intersección	Alta Intersección
P_{ABR} vs P_{JUL}	0-2	2-4	4-6
P_{JUL} vs P_{NOV}	0-2	2-4	4-6
P_{NOV} vs P_{FEB}	0-2	2-4	4-6

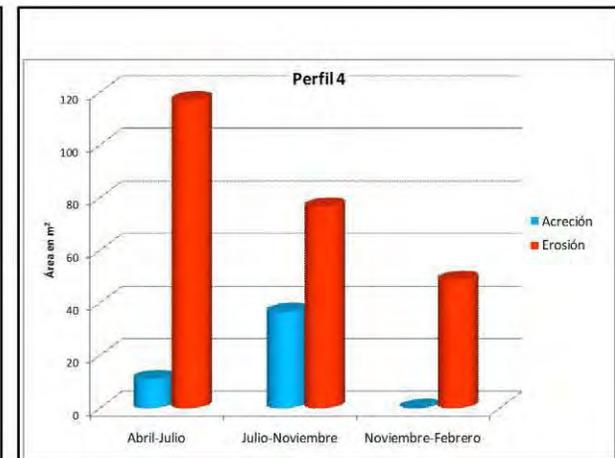
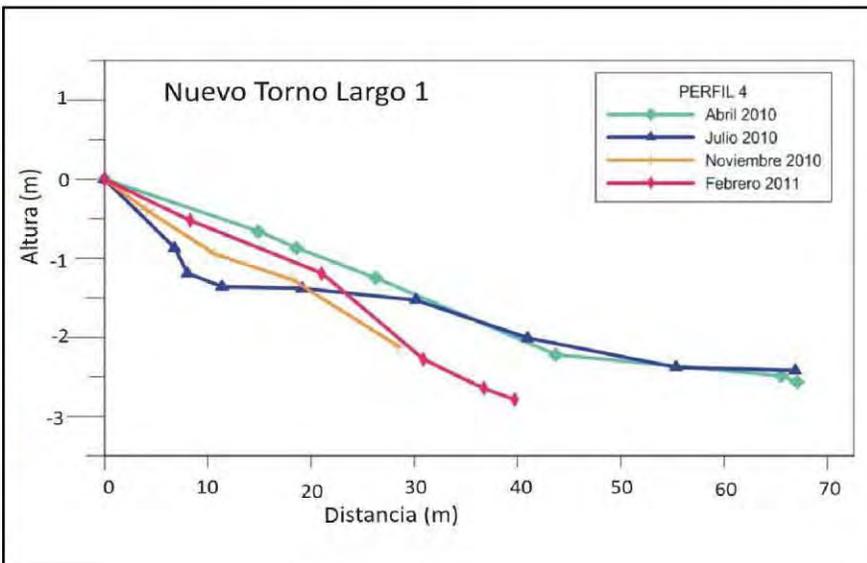


Los mayores volúmenes de erosión mostrados con el 100% corresponde a P_{NOV} vs P_{FEB} y a P_{ABR} vs P_{JUL} con 91%, mientras que el mayor volumen de acreción se encuentra en P_{JUL} vs P_{NOV} representando el 32%.





PERFIL 4



Elaboró: Magdiel Barrios Rodríguez

3.3.5 PERFIL 5, localizado al oriente de la playa de Nuevo Torno Largo E.

Los desplazamientos más significativos de las zonas morfológicas en este perfil se representan y analizan en la figura siguiente:

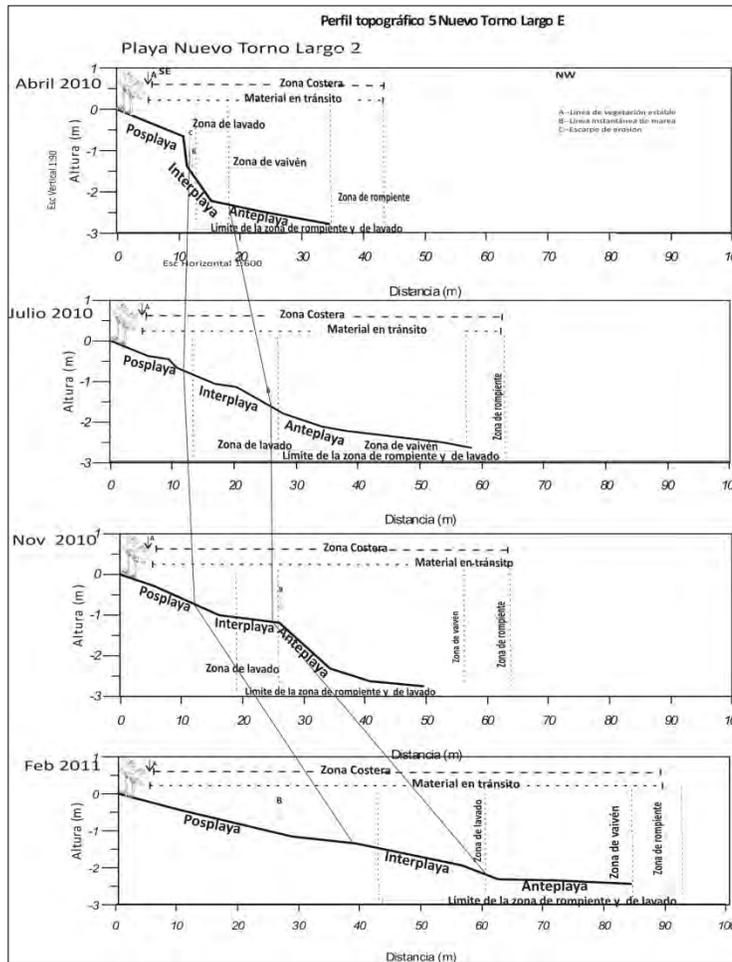


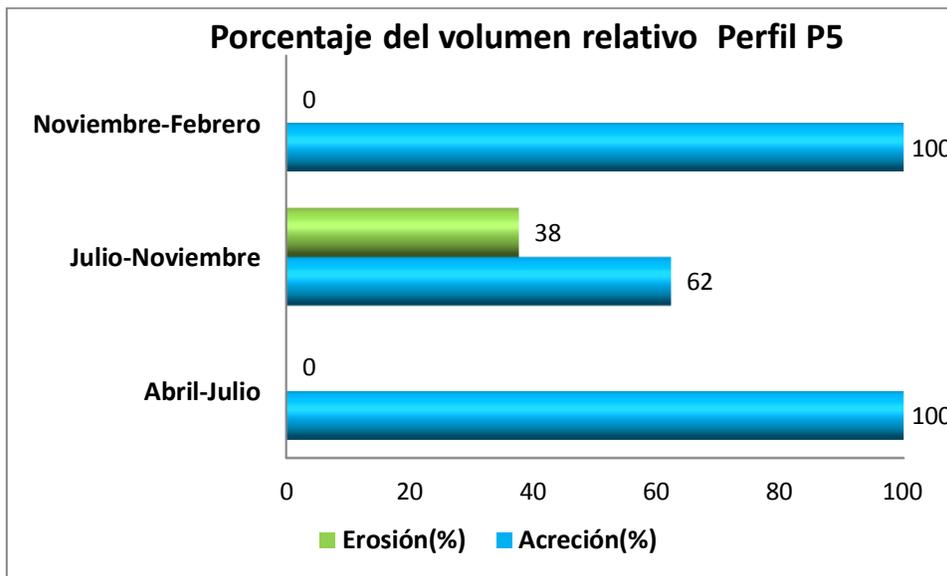
Fig.3.6 Migración de las zonas morfológicas del perfil topográfico P5.

En la ZP los mayores cambios son en febrero ≤ 40 m, reduciéndose en noviembre ≤ 15 m, seguido de julio ≥ 10 m, con un crecimiento de ésta zona en abril y una morfología erosiva, de escarpe de tormenta, en la ZI los mayores cambios se exhiben en abril < 10 m, seguido de julio ≤ 10 m, finalmente en noviembre y febrero ≥ 15 m, la ZA presenta mayores cambios morfológicos en noviembre ≤ 15 m y en julio ≤ 28 m.

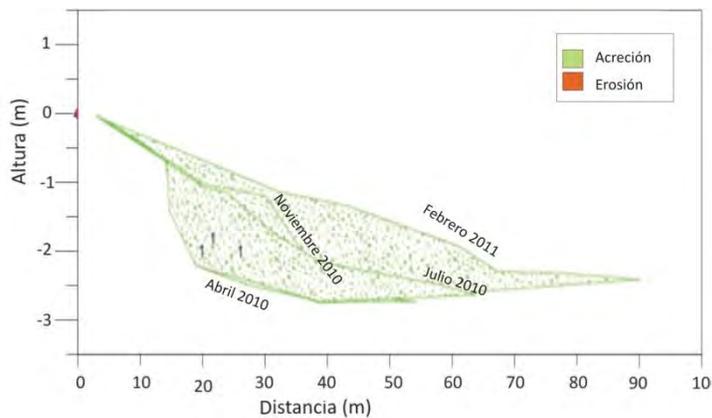
En el caso de las intersecciones entre cada perfil de playa se observa que P_{ABR} vs P_{JUL} ; P_{JUL} vs P_{NOV} ; P_{NOV} vs P_{FEB} , presentan cambios menos abruptos, básicamente, con una baja intersección 0-2 .

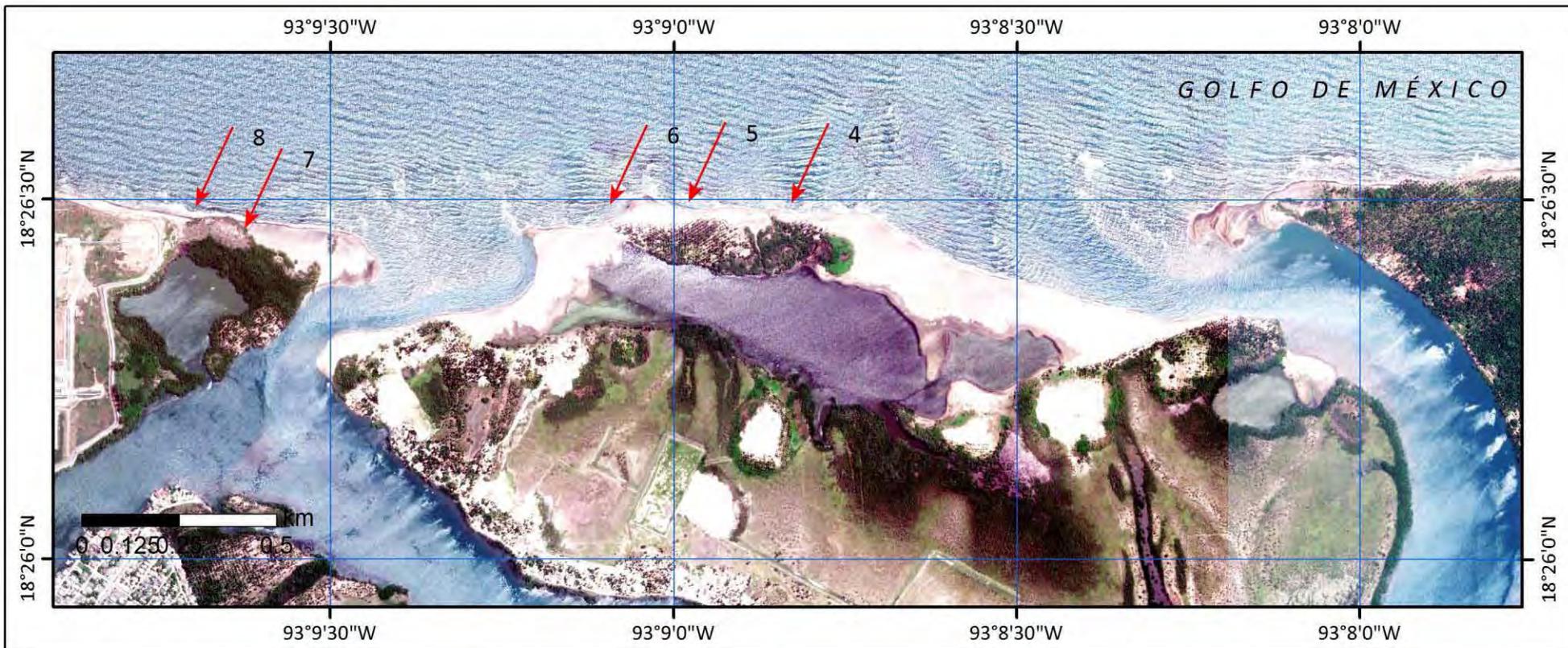
Perfil	Baja Intersección	Moderada Intersección	Alta Intersección
P_{ABR} vs P_{JUL}	0-2	2-4	4-6
P_{JUL} vs P_{NOV}	0-2	2-4	4-6
P_{NOV} vs P_{FEB}	0-2	2-4	4-6

¿Cómo se comporta morfológicamente el P5?

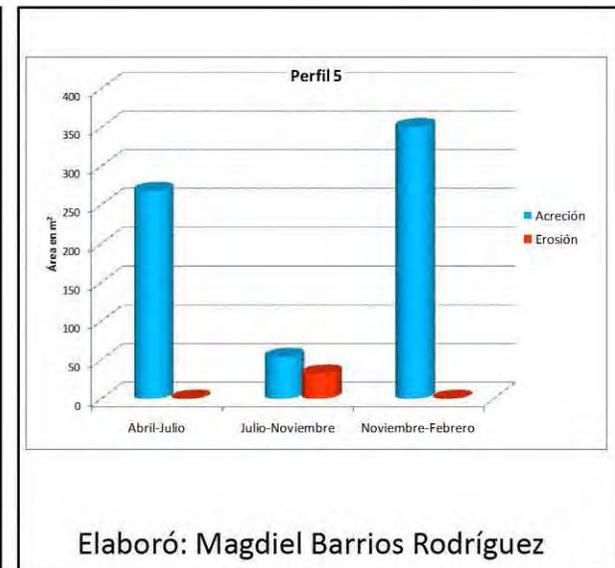
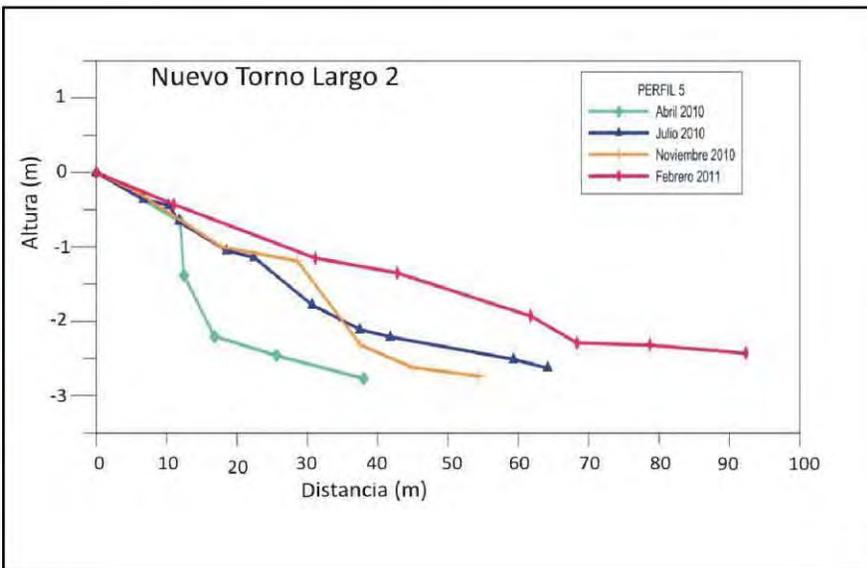


Los mayores volúmenes de acreción mostrados con el 100% corresponden a P_{ABR} vs P_{JUL} y P_{NOV} vs P_{FEB} mientras que el mayor volumen de erosión se encuentra en P_{JUL} vs P_{NOV} representando el 38%.





PERFIL 5



3.3.6 PERFIL 6, localizado al oriente de la playa de Nuevo Torno Largo 3.

Los desplazamientos más significativos de las zonas morfológicas en este perfil se representan y analizan en la figura siguiente:

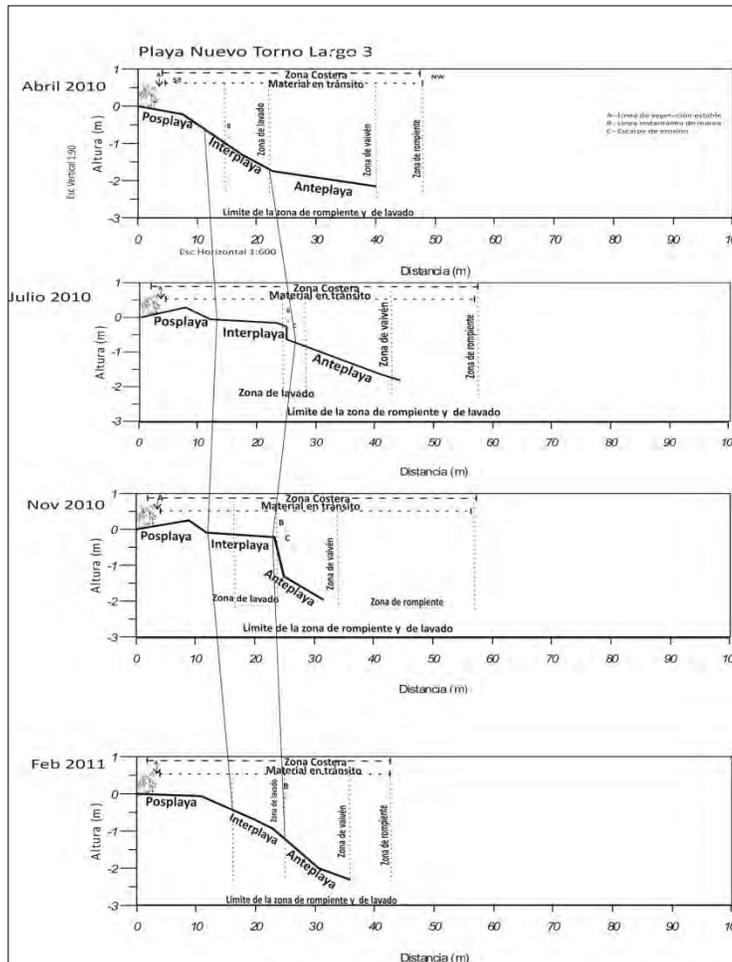
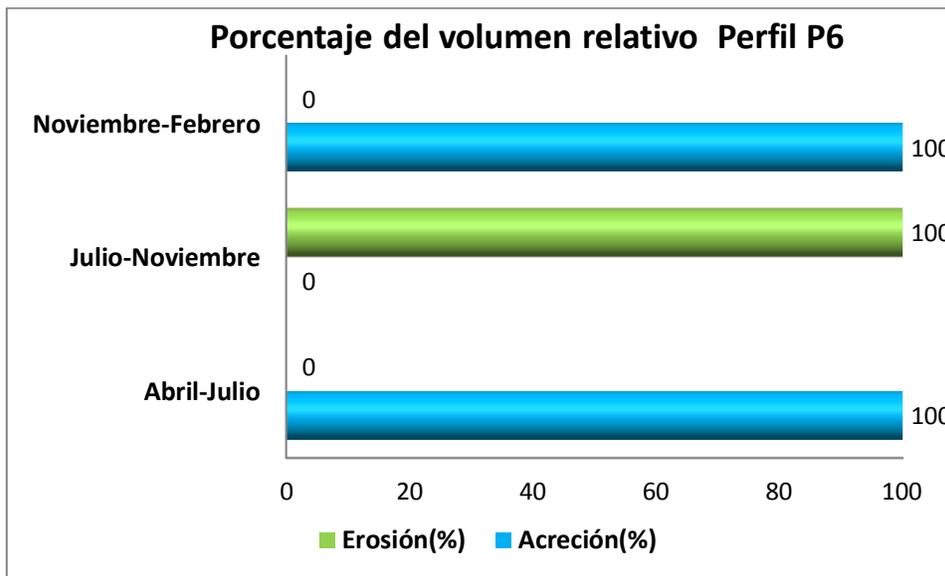


Fig.3.7 Migración de las zonas morfológicas del perfil topográfico P6.

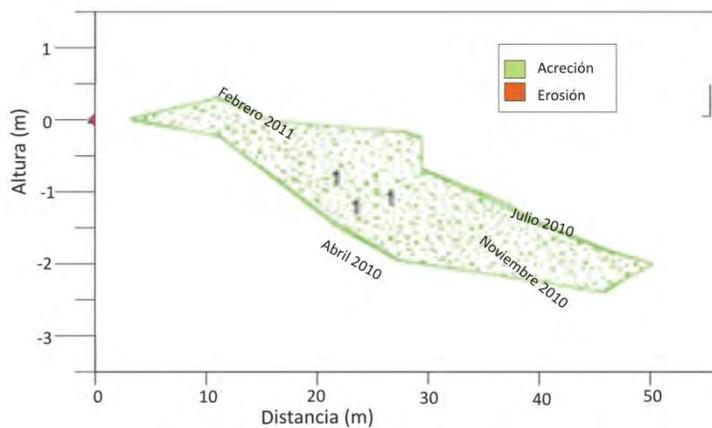
En la ZP la mayor extensión de ésta zona se presenta en febrero ≤ 25 m, reduciéndose en julio ≥ 13 m, seguida de la estación de noviembre ≤ 15 m, la mayor extensión se presenta en febrero ≤ 15 m, en ZI los mayores cambios se exhiben en abril ≥ 13 m, julio ≤ 12 m y noviembre < 10 m, finalmente los menores cambios morfológicos son en febrero < 10 m, en la ZA la mayor extensión es en julio ≤ 20 m, abril con una longitud ≤ 12 m, febrero presenta una longitud de ≥ 13 m, y noviembre presenta la mayor reducción < 8 m.

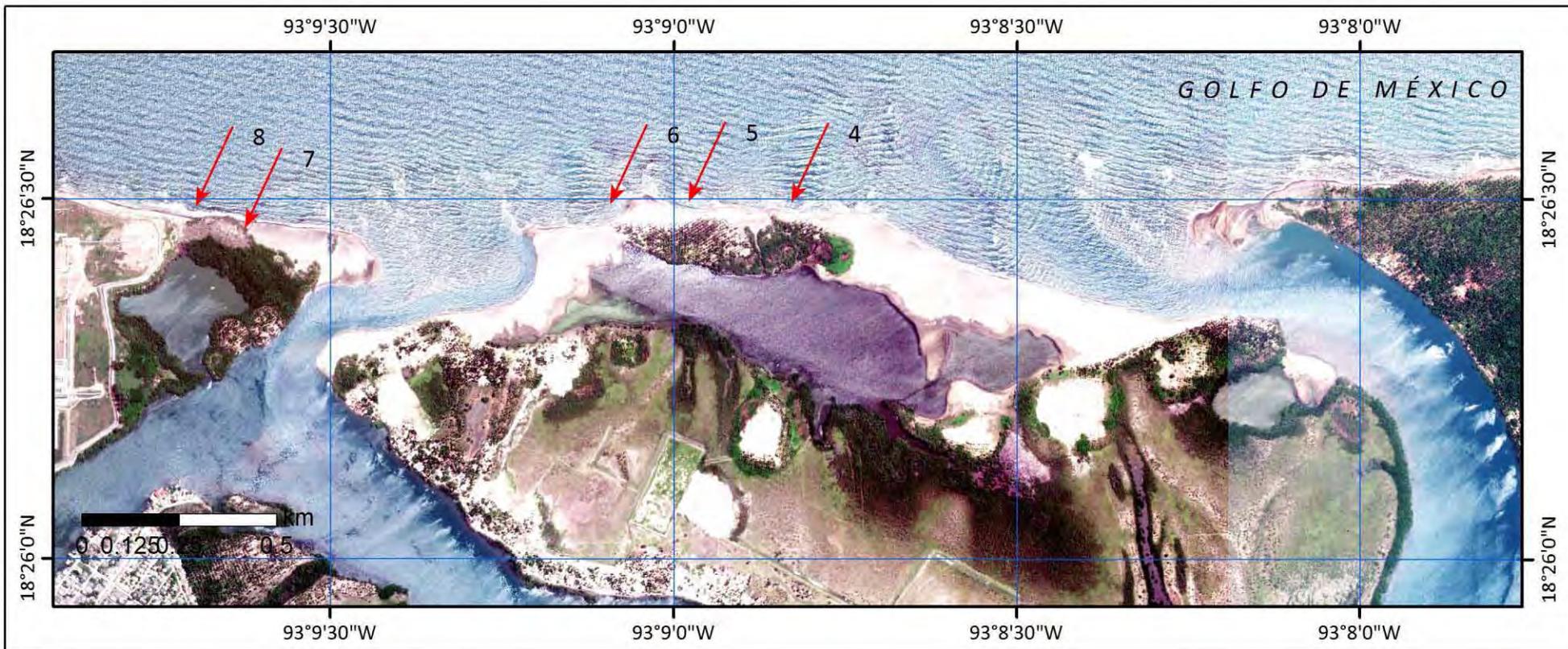
En el caso de las intersecciones entre cada perfil de playa se observa que P_{ABR} vs P_{JUL} ; P_{JUL} vs P_{NOV} ; P_{NOV} vs P_{FEB} presentan cambios menos abruptos, básicamente, con una baja intersección 0-2.

Perfil	Baja Intersección	Moderada Intersección	Alta Intersección
P_{ABR} vs P_{JUL}	0-2	2-4	4-6
P_{JUL} vs P_{NOV}	0-2	2-4	4-6
P_{NOV} vs P_{FEB}	0-2	2-4	4-6

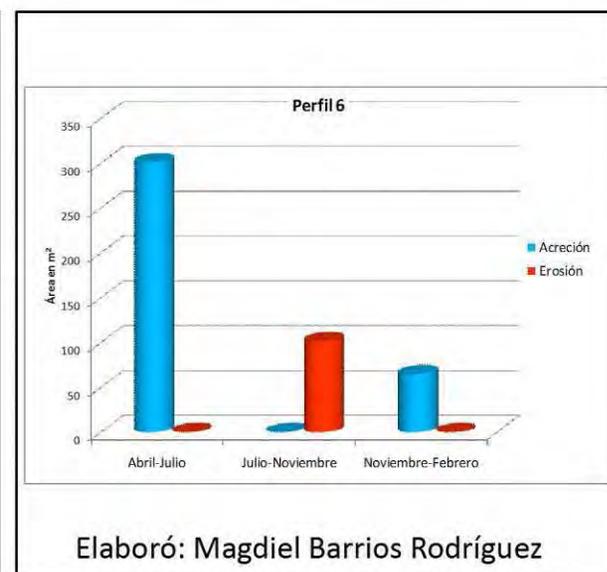
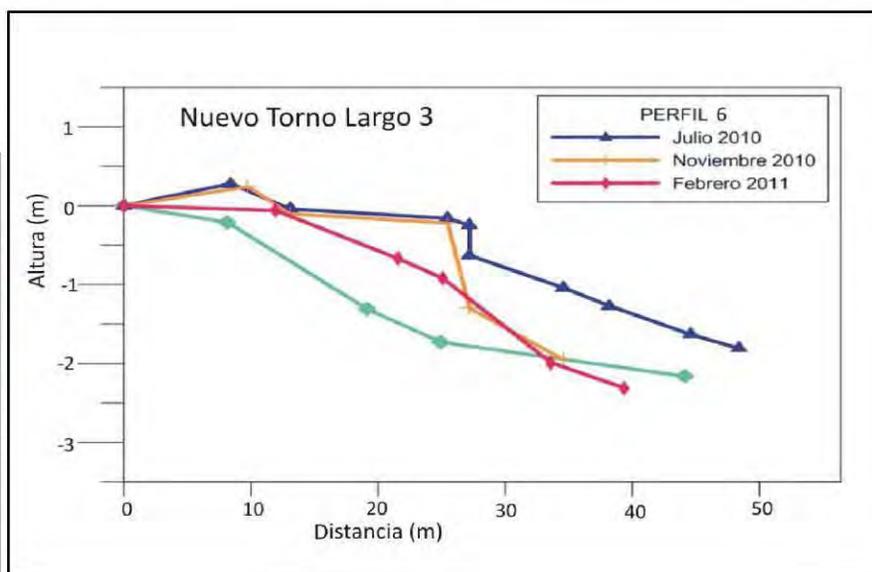
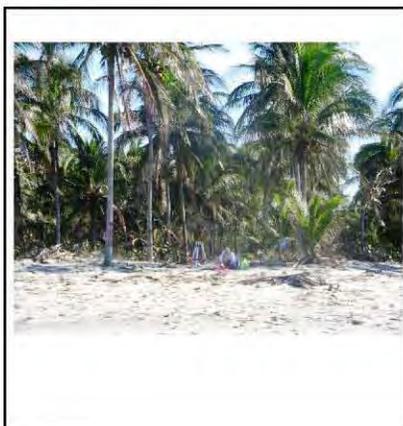


Los mayores volúmenes de acreción mostrados con el 100% corresponden a P_{ABR} vs P_{JUL} y P_{NOV} vs P_{FEB} , mientras que el mayor volumen de erosión se encuentra en P_{JUL} vs P_{NOV} representando el 100%.





PERFIL 6



3.3.7 PERFIL 7, localizado en la playa occidental de Nuevo Torno Largo 5.

Los desplazamientos más significativos de las zonas morfológicas en este perfil se representan y analizan en la figura siguiente:

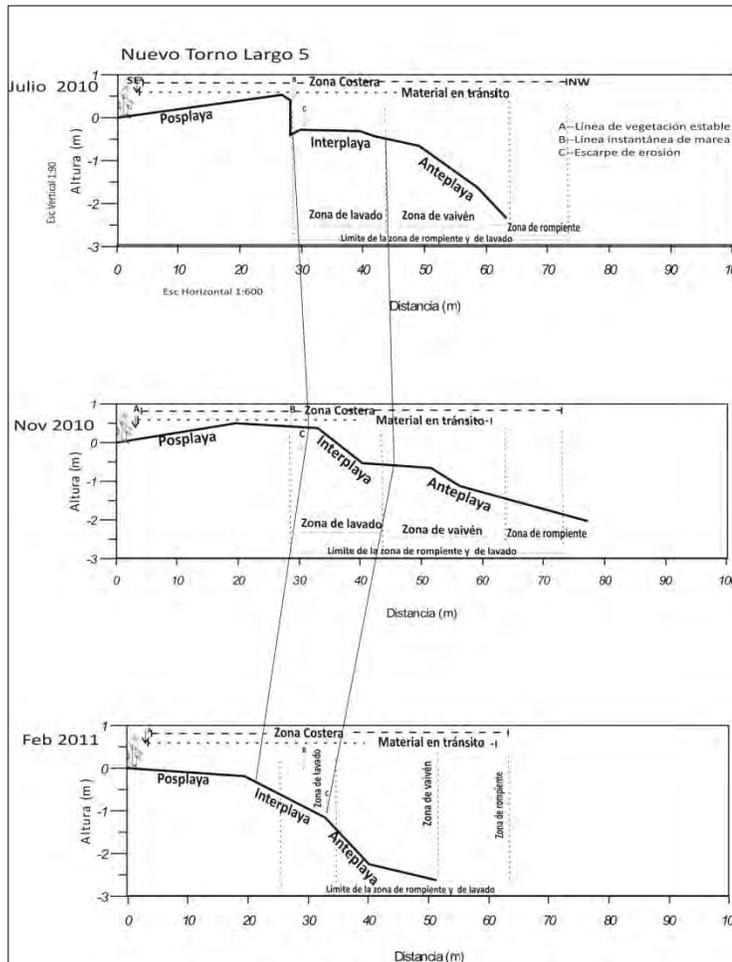


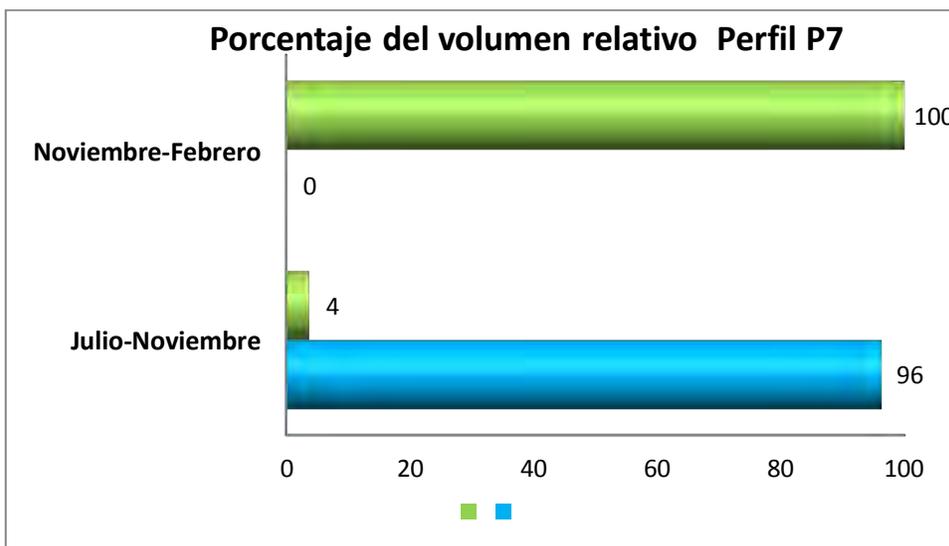
Fig.3.8 Migración de las zonas morfológicas del perfil topográfico P7.

En la ZP los mayores cambios morfológicos se presentan en noviembre ≥ 28 m, seguido de julio < 27 m, y febrero ≤ 16 m, en la ZI los cambios morfológicos más representativos son en noviembre < 12 m, julio ≥ 13 m, finalmente febrero < 10 m, en la ZA los mayores cambios morfológicos ocurren en noviembre con ≥ 25 m, julio con una longitud ≤ 15 m, y febrero < 10 m.

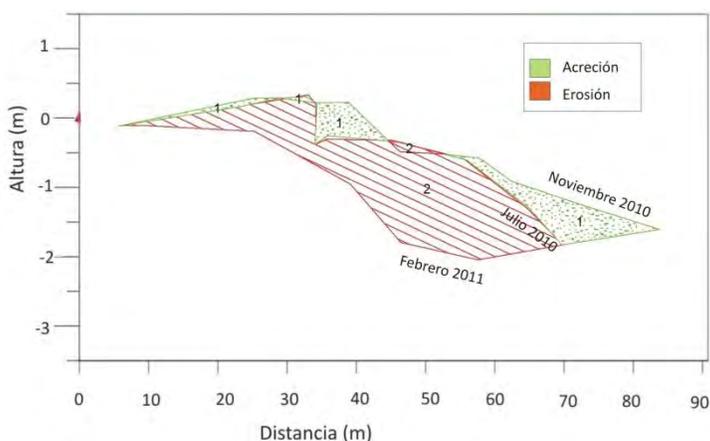
En el caso de las intersecciones entre cada perfil de playa se observa que P_{JUL} vs P_{NOV} presenta una alta intersección 4-6 y P_{NOV} vs P_{FEB} presenta cambios, básicamente, una baja intersección 0-2.

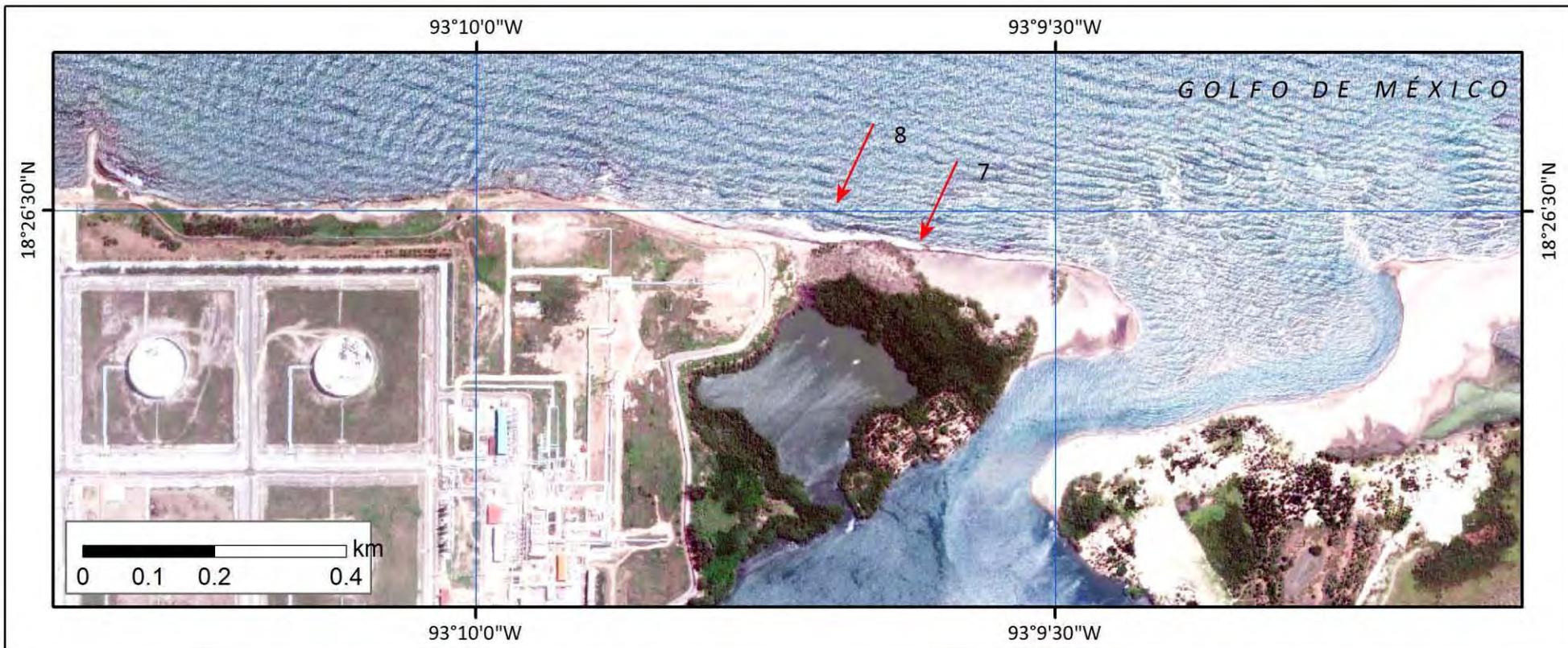
Perfil	Baja Intersección	Moderada Intersección	Alta Intersección
P _{JUL} vs P _{NOV}	0-2	2-4	4-6
P _{NOV} vs P _{FEB}	0-2	2-4	4-6

¿El perfil P7 que expresa?

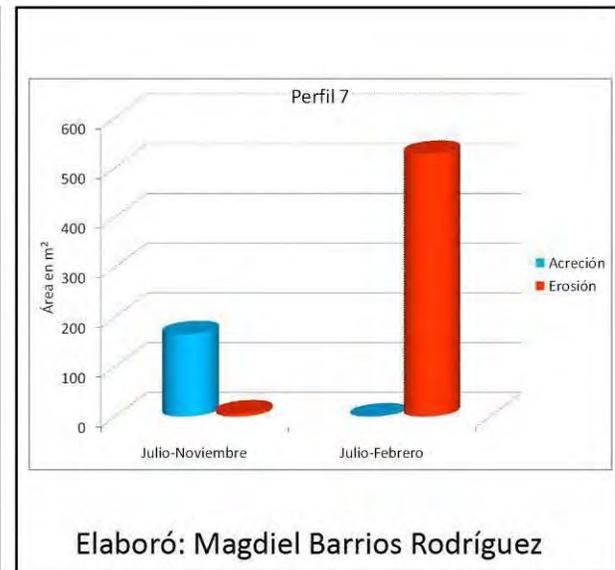
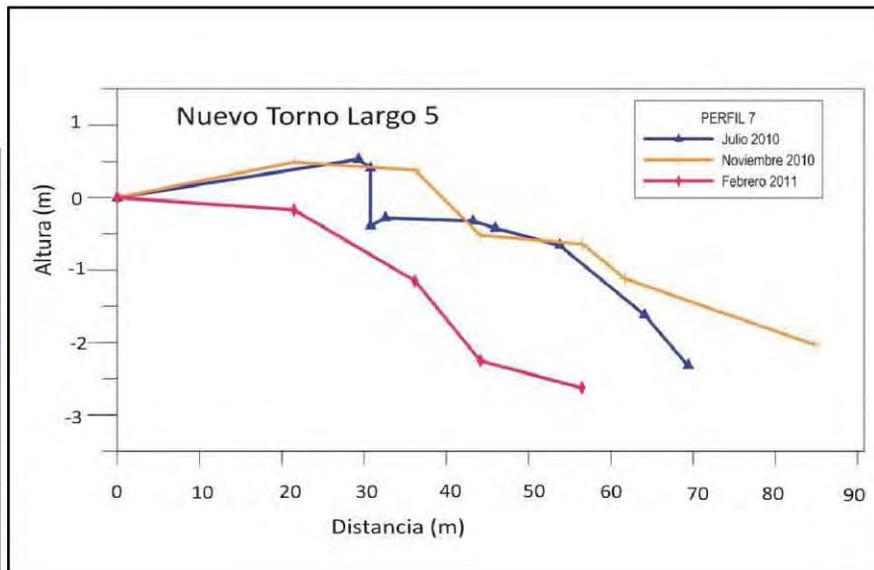
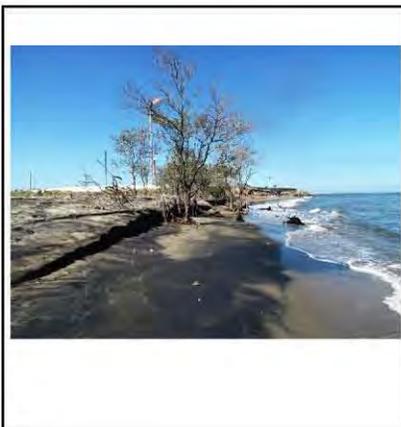


Los cambios morfológicos de P_{JUL} vs P_{NOV} muestran que la depositación es mayor, esto es, 92% (172 m³) del volumen relativo de acreción, en P_{NOV} vs P_{FEB} el volumen relativo de erosión, básicamente representa el 100% (527 m³).





PERFIL 7



3.3.8 PERFIL 8, localizado al occidente de la playa de Nuevo Torno Largo 4.

Los desplazamientos más significativos de las zonas morfológicas en este perfil se representan y analizan en la figura siguiente:

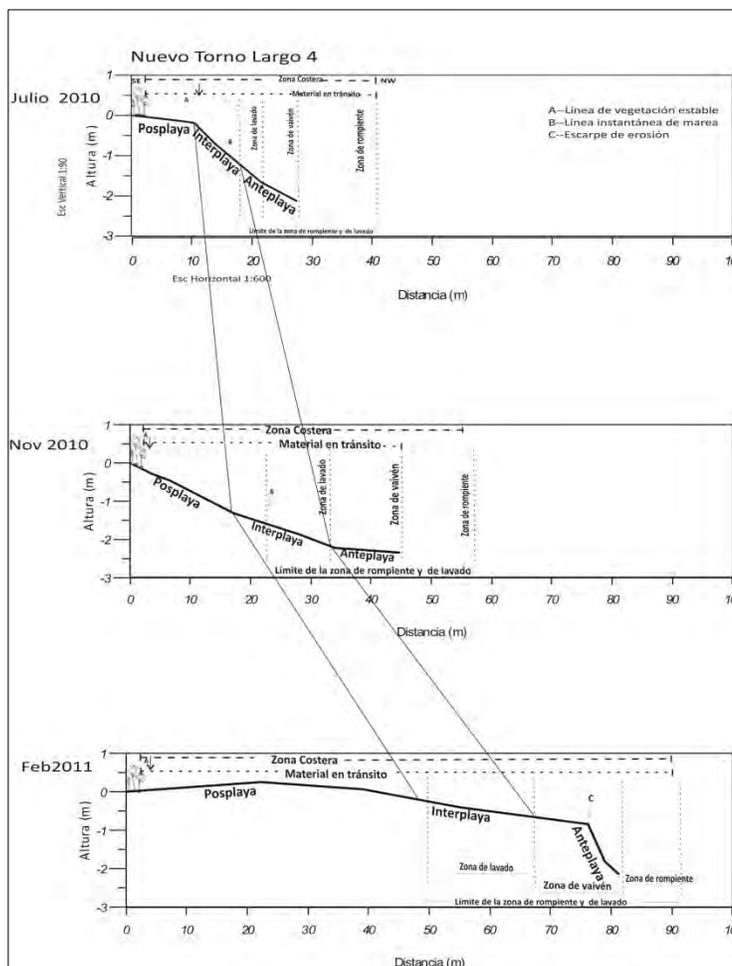


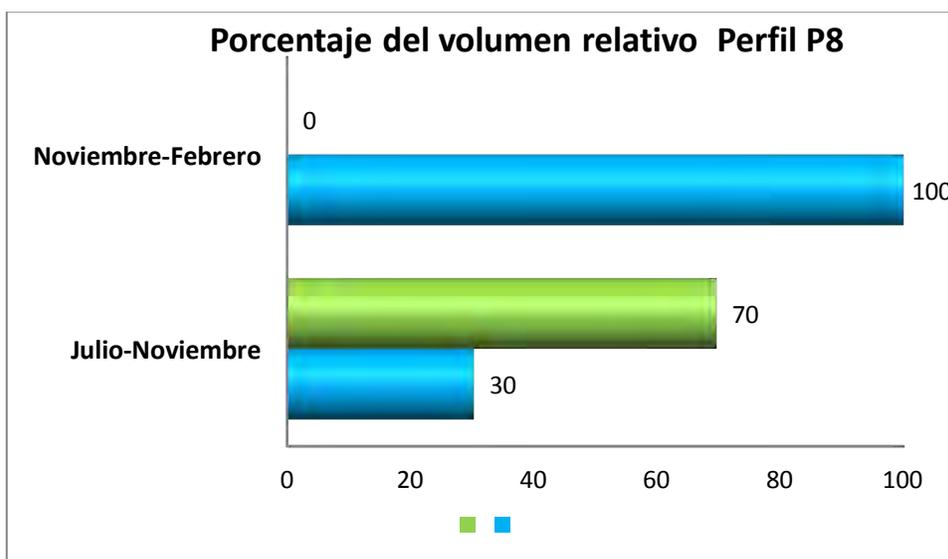
Fig.3.9 Migración de las zonas morfológicas del perfil topográfico P8.

En la ZP la mayor extensión de esta zona es en febrero ≥ 50 m, reduciéndose en noviembre ≤ 19 m, finalmente los menores cambios morfológicos se expresan en julio ≤ 10 m, en la ZI los cambios morfológicos más representativos ocurren en febrero ≤ 20 m, seguido de noviembre ≤ 10 m, finalmente los menores cambios morfológicos se presentan en julio ≤ 10 m, en la ZA los mayores cambios morfológicos ocurren en febrero ≤ 12 m, seguido de noviembre ≤ 10 m, y febrero ≤ 9 m.

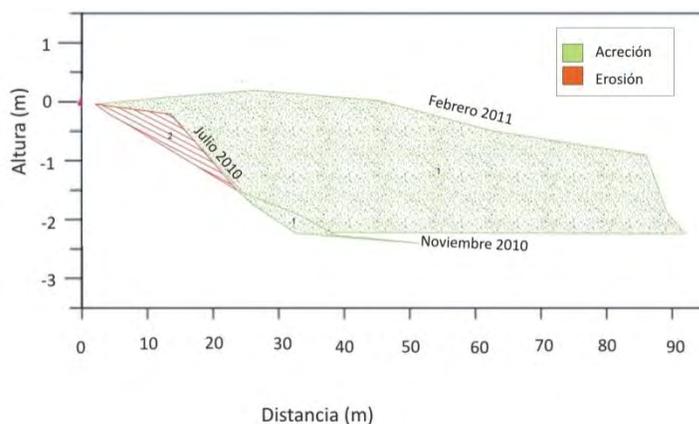
En el caso de las intersecciones entre cada perfil de playa se observa que P_{JUL} vs P_{NOV} y P_{NOV} vs P_{FEB} presentan cambios similares básicamente: una baja intersección 0-2

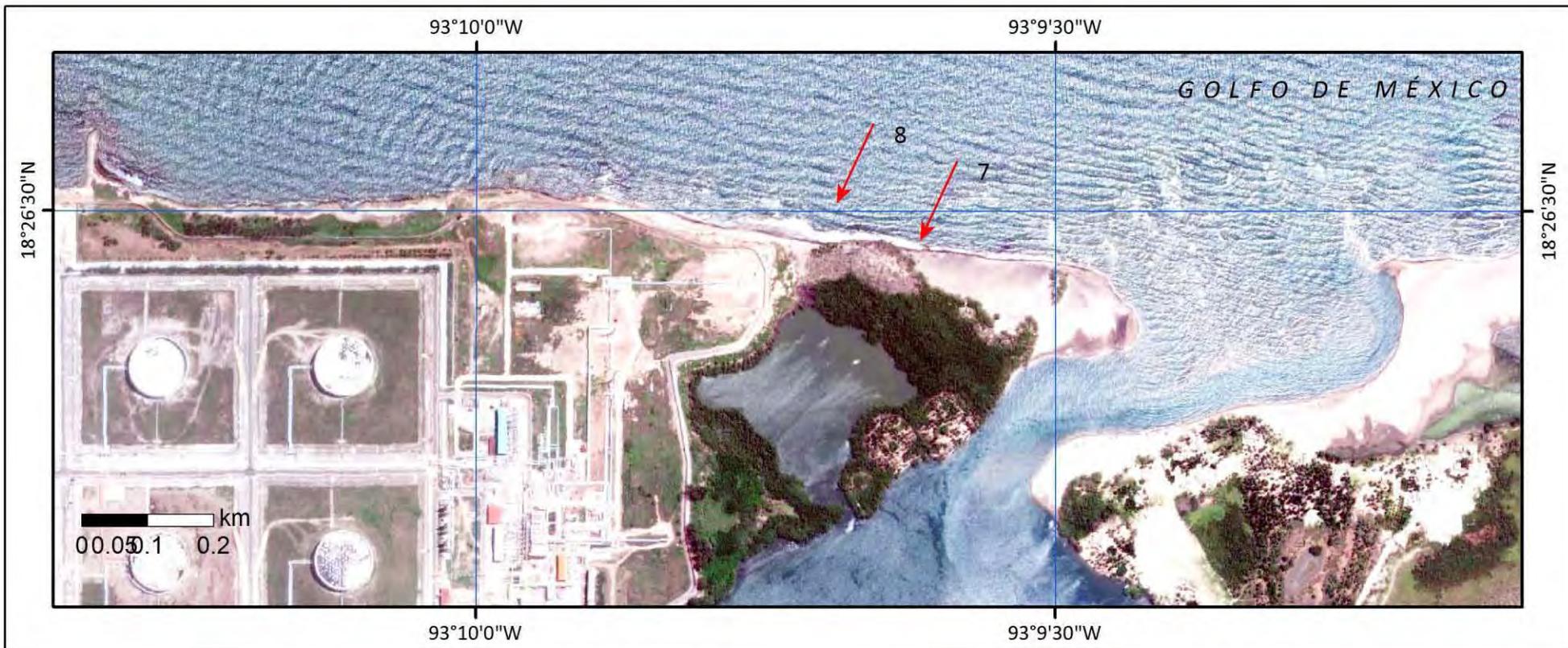
Perfil	Baja Intersección	Moderada Intersección	Alta Intersección
P_{JUL} vs P_{NOV}	0-2	2-4	4-6
P_{NOV} vs P_{FEB}	0-2	2-4	4-6

¿Cuáles son los cambios más representativos en el perfil P8?

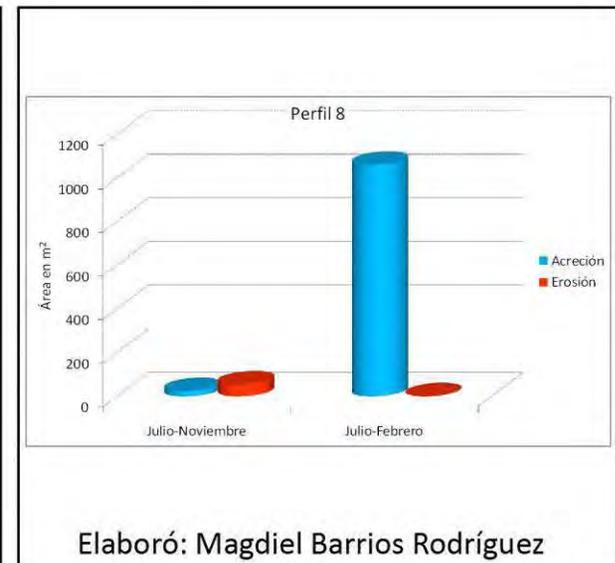
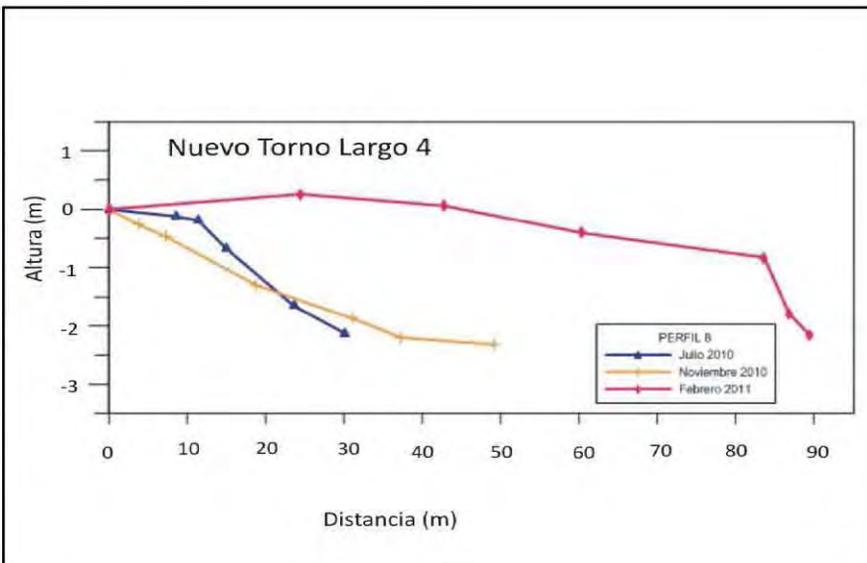


Los aportes que se observan de los volúmenes relativos de acumulación para P_{JUL} vs P_{NOV} representa el 70% de (78 m^3) y P_{NOV} vs P_{FEB} representan el 100% de la remoción del material.





PERFIL 8



Elaboró: Magdiel Barrios Rodríguez

3.3.9 PERFIL 9, localizado en la playa de la Barra de Tupilco 3.

Los desplazamientos más significativos de las zonas morfológicas en este perfil se representan y analizan en la figura siguiente:

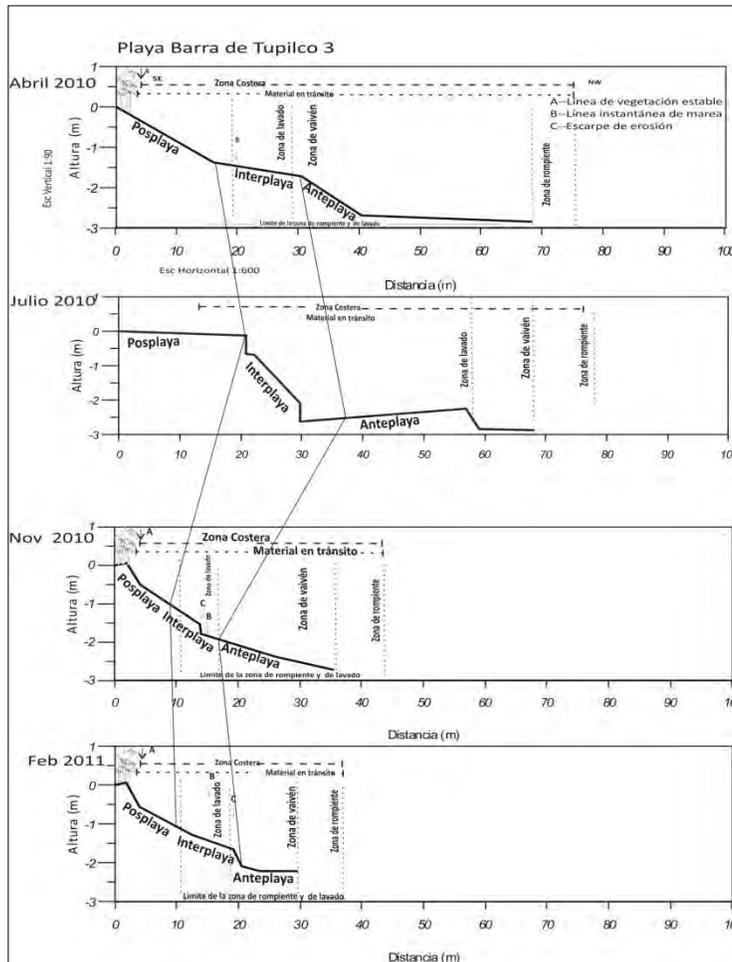
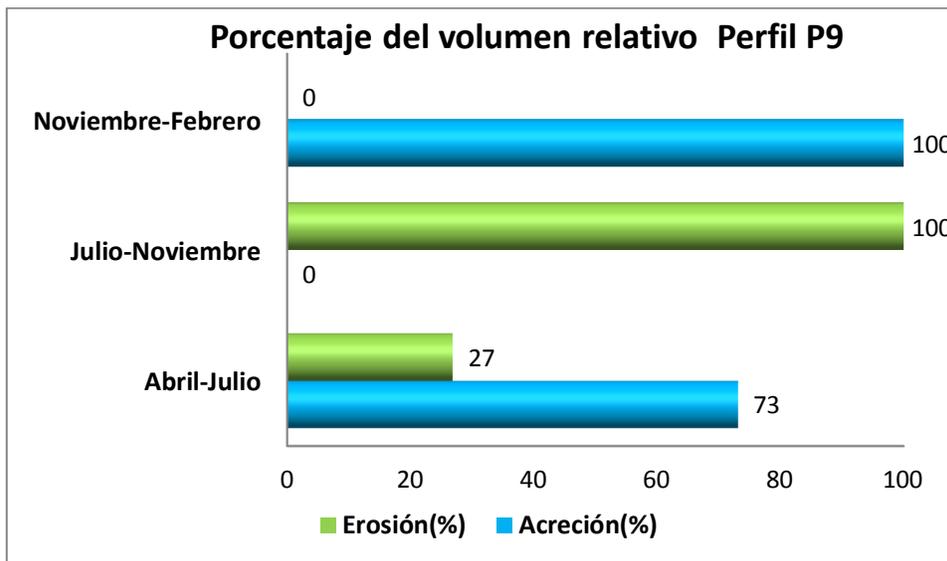


Fig.3.10 Migración de las zonas morfológicas del perfil topográfico P9.

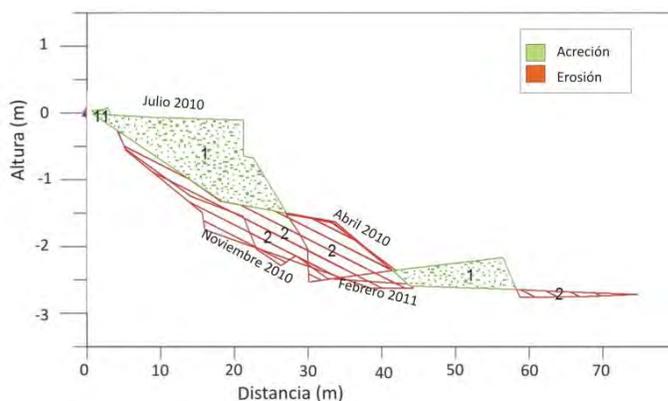
En la ZP los mayores cambios morfológicos ocurren en julio ≤ 15 m, reduciéndose en abril ≥ 15 m, seguido de noviembre ≤ 10 m, finalmente, en febrero ≤ 10 m, en la ZI los mayores cambios morfológicos son en julio ≥ 15 m, abril ≤ 10 m, posteriormente en noviembre < 8 m, y en febrero < 10 m, en la ZA los mayores cambios morfológicos son en abril ≤ 25 m, seguido de julio ≤ 22 m, noviembre ≥ 13 m, finalmente, febrero presenta la mayor reducción < 10 m.

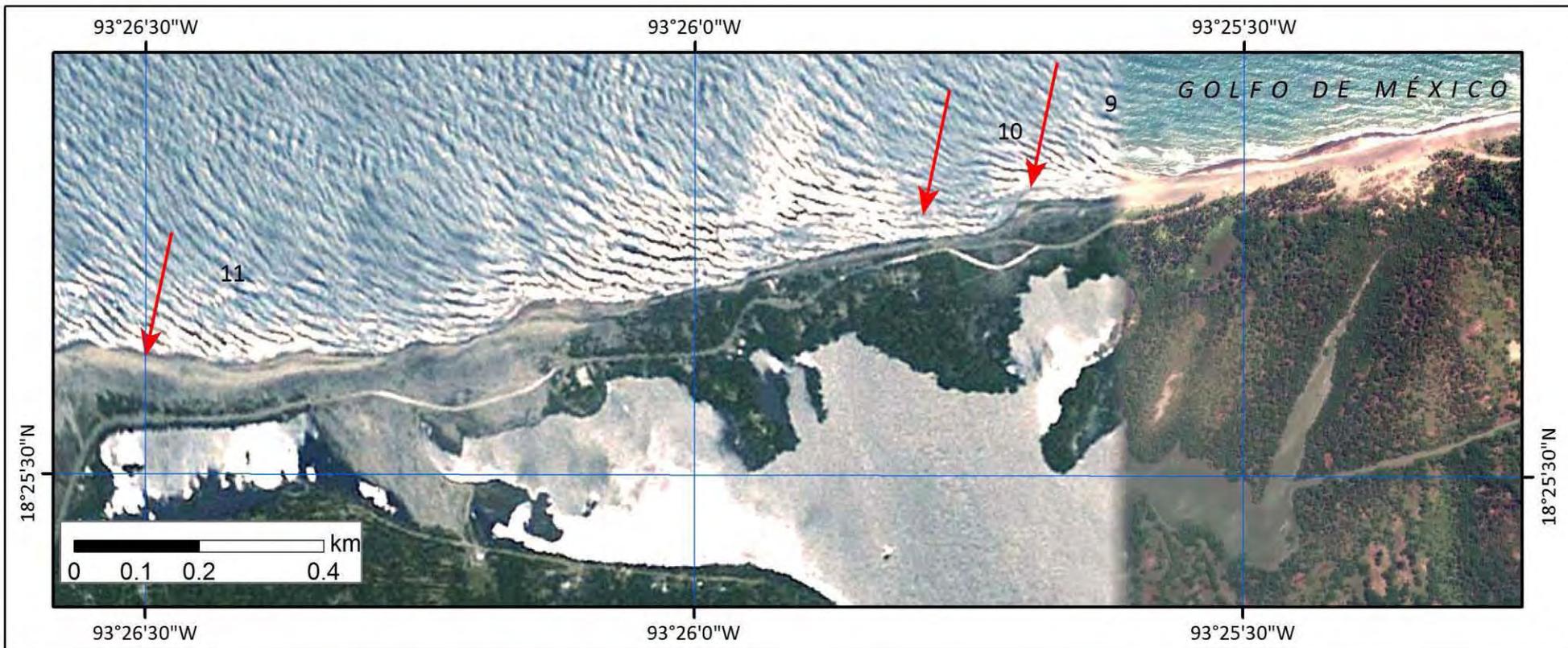
En el caso de las intersecciones entre cada perfil de playa se observa que P_{JUL} vs P_{NOV} y P_{NOV} vs P_{FEB} presentan cambios menos abruptos, básicamente, con una baja intersección 0-2, y P_{ABR} vs P_{JUL} contrasta con una alta intersección 4-6.

Perfil	Baja Intersección	Moderada Intersección	Alta Intersección
P_{ABR} vs P_{JUL}	0-2	2-4	4-6
P_{JUL} vs P_{NOV}	0-2	2-4	4-6
P_{NOV} vs P_{FEB}	0-2	2-4	4-6

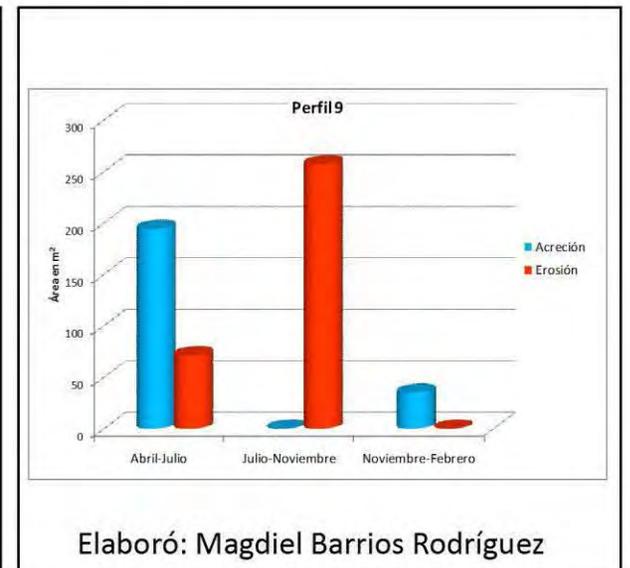
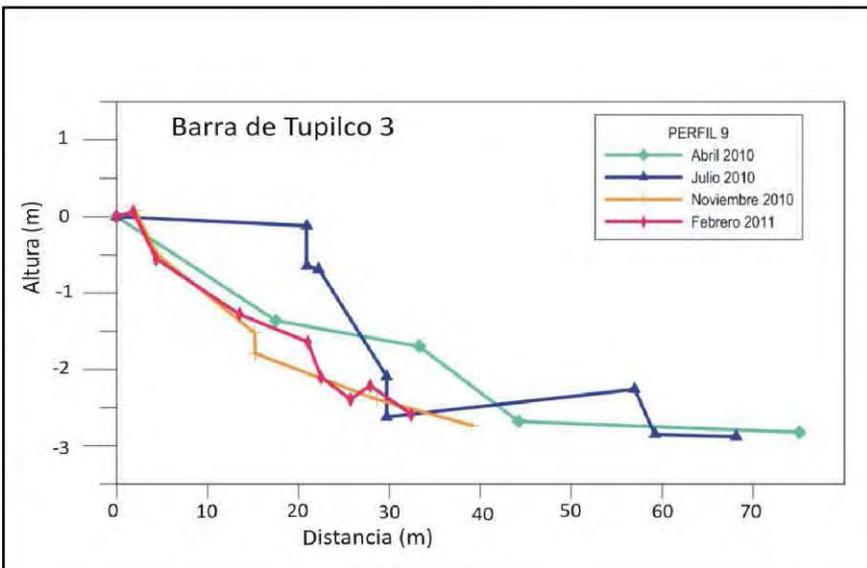


El comparativo de P_{ABR} vs P_{JUL} presenta un mayor volumen relativo de acreción 73% (265 m³), en P_{JUL} vs P_{NOV} el volumen relativo de erosión representa el 100%, básicamente, en P_{NOV} vs P_{FEB} el volumen relativo de acreción representa el 100%.





PERFIL 9



3.3.10 PERFIL 10, localizado en la playa de la Barra de Tupilco 2.

Los desplazamientos más significativos de las zonas morfológicas en este perfil se representan y analizan en la figura siguiente:

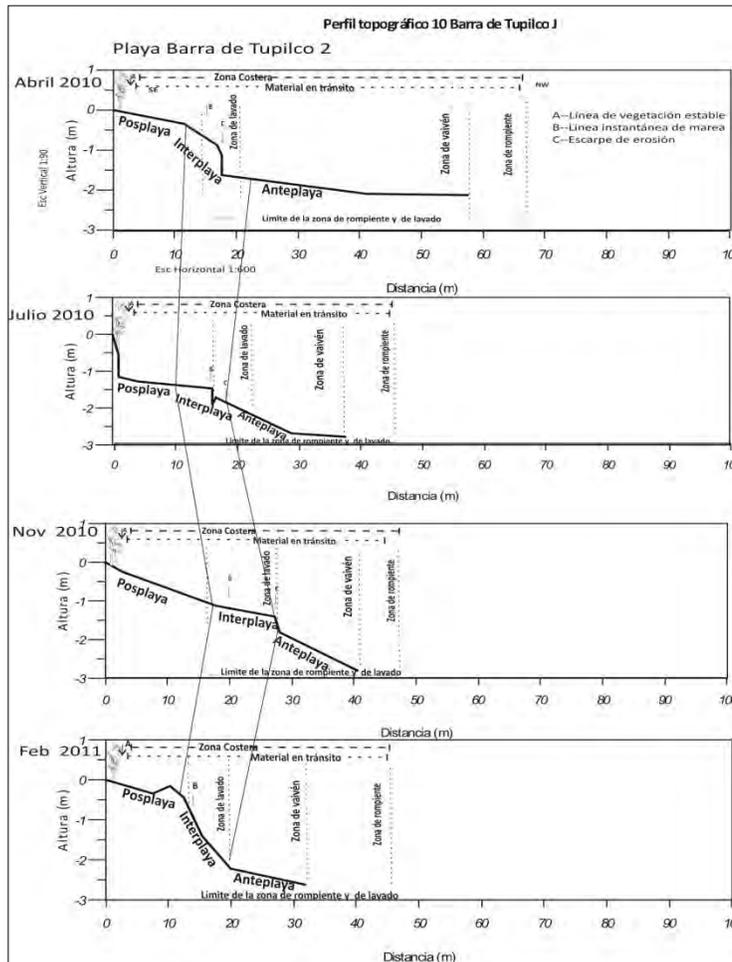
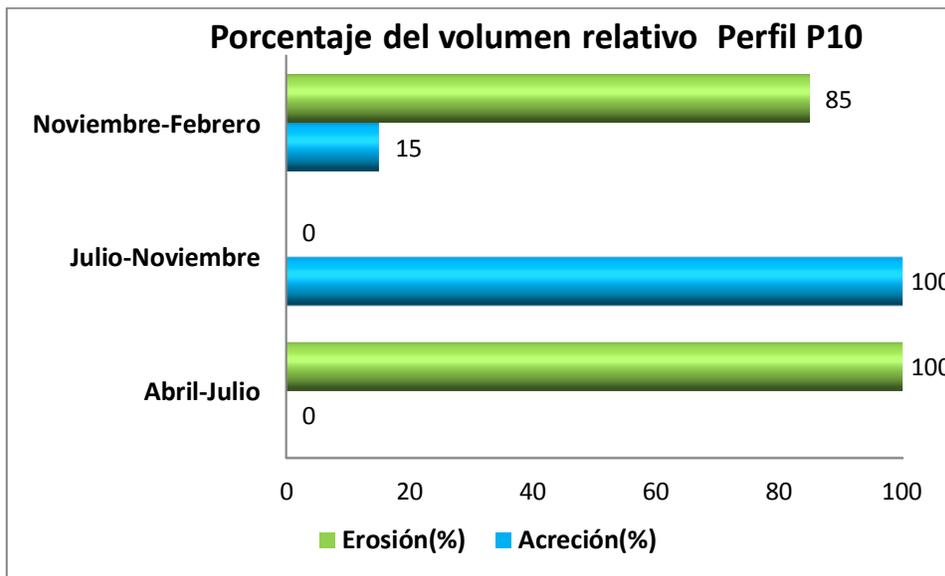


Fig.3.11 Migración de las zonas morfológicas del perfil topográfico P10.

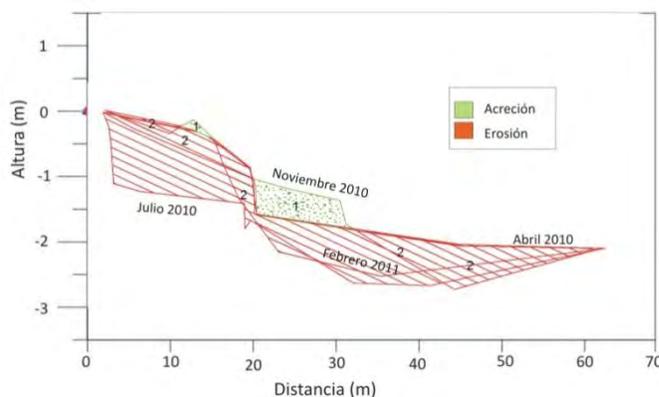
En la ZP la mayor extensión de esta zona es en abril ≤ 15 m, reduciéndose en febrero ≥ 10 m, seguida de noviembre ≤ 15 m, y julio ≤ 10 m, en la ZI los cambios morfológicos más representativos son en abril ≥ 10 m, julio ≤ 12 m, y noviembre <10 m, finalmente, en febrero <10 m, en la ZA los mayores cambios morfológicos ocurren en julio ≤ 20 m, seguido de abril ≤ 35 m, y febrero muestra una longitud de < 10 m.

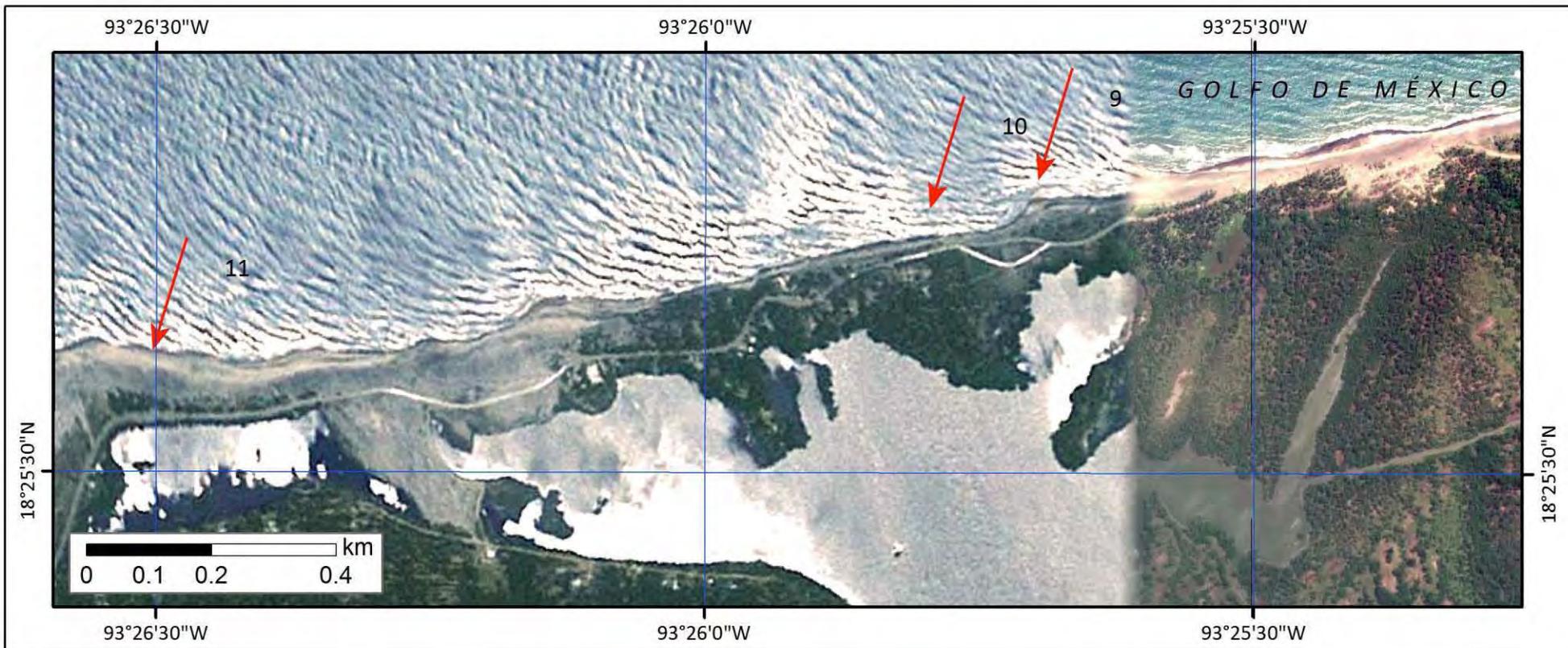
En el caso de las intersecciones entre cada perfil de playa se observa que P_{ABR} vs P_{JUL} y P_{JUL} vs P_{NOV} presentan cambios menos abruptos, básicamente, con una moderada intersección 2-4 y tiene una alta intersección P_{NOV} vs P_{FEB} .

Perfil	Baja Intersección	Moderada Intersección	Alta Intersección
P_{ABR} vs P_{JUL}	0-2	2-4	4-6
P_{JUL} vs P_{NOV}	0-2	2-4	4-6
P_{NOV} vs P_{FEB}	0-2	2-4	4-6

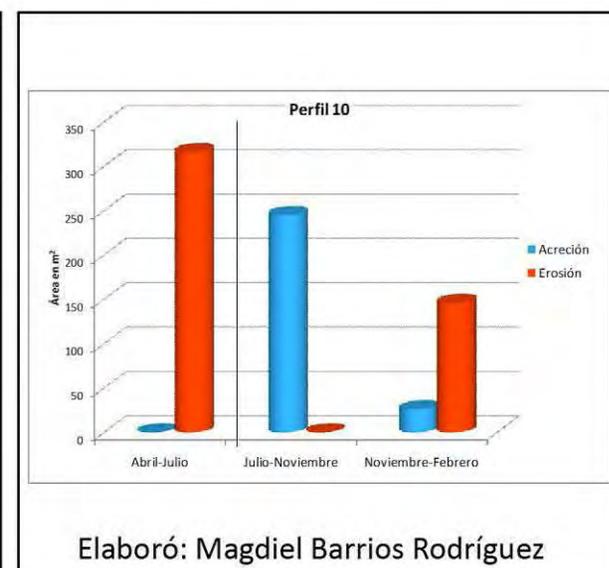
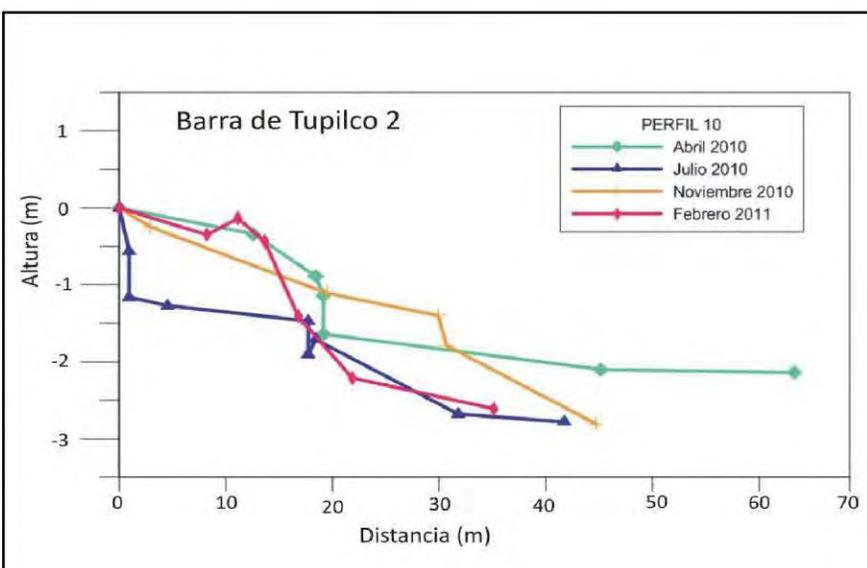


Los perfiles de P_{ABR} vs P_{JUL} muestran un 100% del volumen de erosión (315 m^3), mientras que en P_{JUL} vs P_{NOV} presenta un 100% del volumen de acreción (244 m^3). Los volúmenes de acreción representan el 15% de 171 m^3 .





PERFIL 10



3.3.11 PERFIL 11, localizado en la playa de la Barra de Tupilco 1.

Los desplazamientos más significativos de las zonas morfológicas en este perfil se representan y analizan en la figura siguiente:

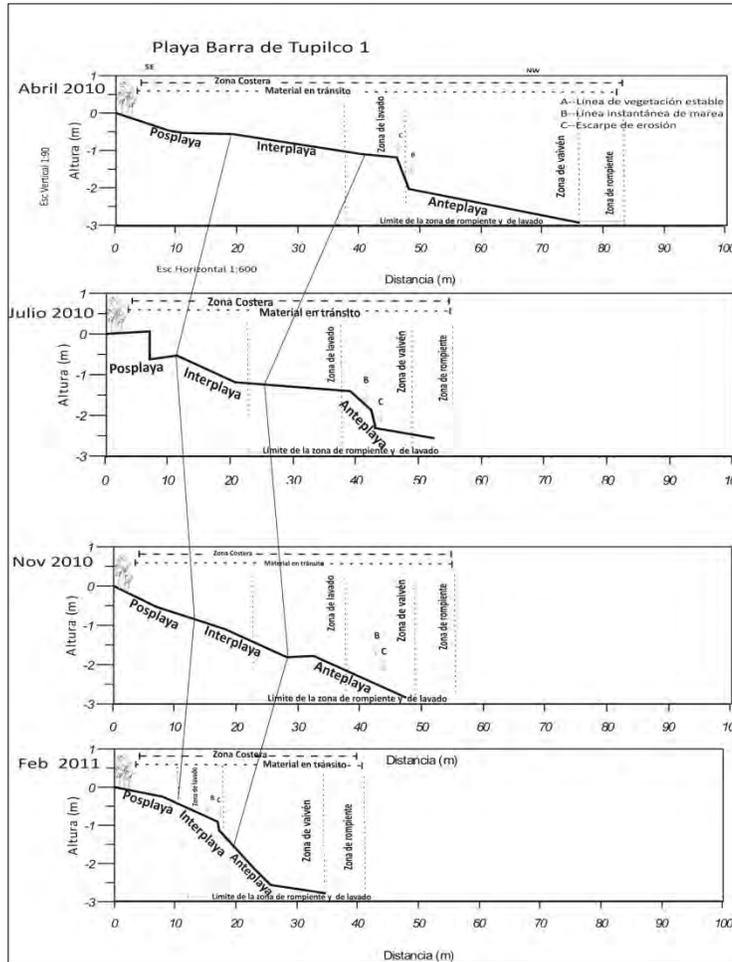
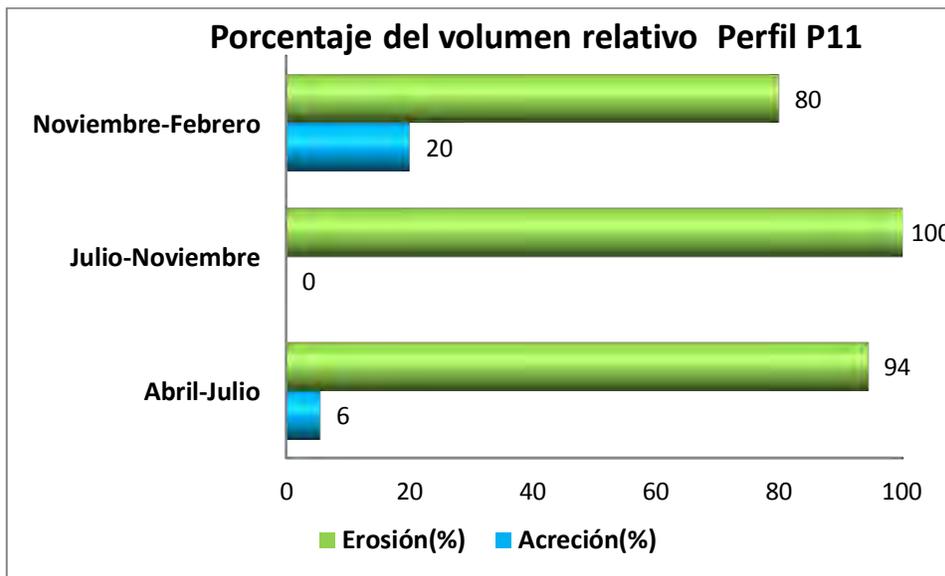


Fig.3.12 Migración de las zonas morfológicas del perfil topográfico P11.

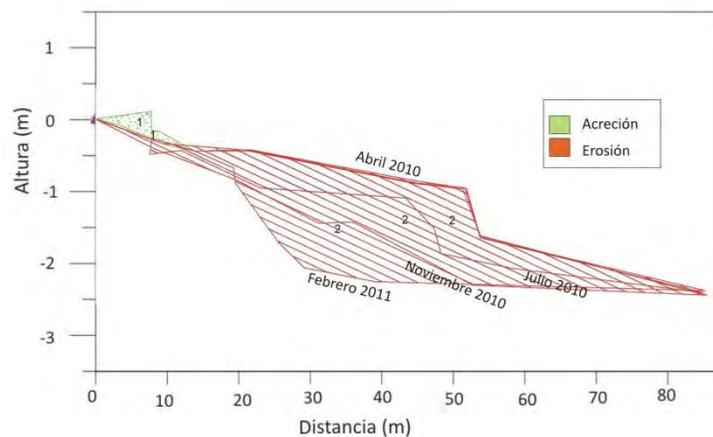
En la ZP los mayores cambios morfológicos se presentan en abril ≤ 15 m, reduciéndose considerablemente en noviembre ≤ 13 m, seguido de julio ≥ 10 m, donde aparece un escarpe de tormenta, morfología erosiva, en la ZI los cambios morfológicos más representativos son en abril < 15 m., julio exhibe una longitud ≤ 13 m, finalmente en febrero se presenta la mayor reducción ≥ 10 m, en la ZA los mayores cambios morfológicos son en julio ≤ 20 m y en abril una longitud ≤ 30 m.

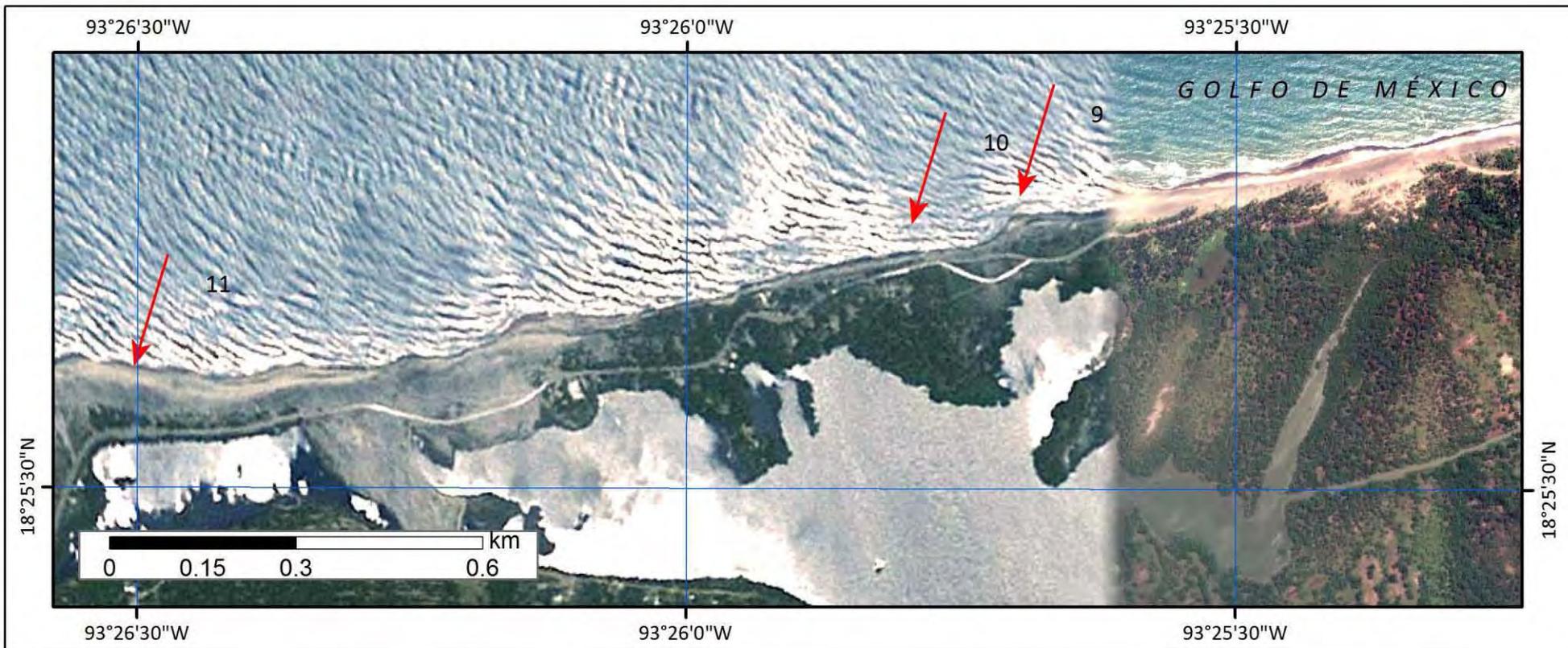
En el caso de las intersecciones entre cada perfil de playa se observa que P_{ABR} vs P_{JUL} ; P_{JUL} vs P_{NOV} ; P_{NOV} vs P_{FEB} . presentan cambios menos abruptos, básicamente, con una baja intersección 0-2 .

Perfil	Baja Intersección	Moderada Intersección	Alta Intersección
P_{ABR} vs P_{JUL}	0-2	2-4	4-6
P_{JUL} vs P_{NOV}	0-2	2-4	4-6
P_{NOV} vs P_{FEB}	0-2	2-4	4-6

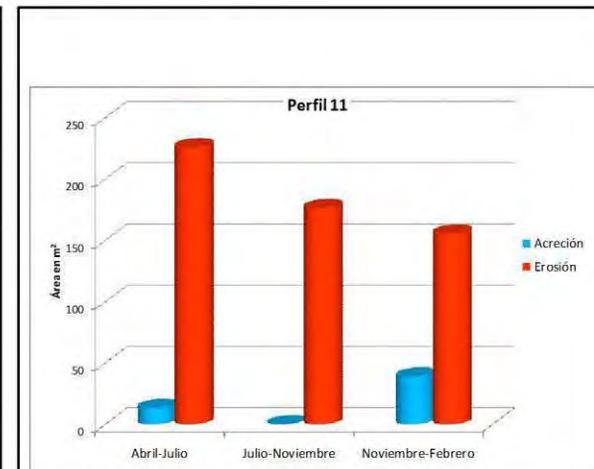
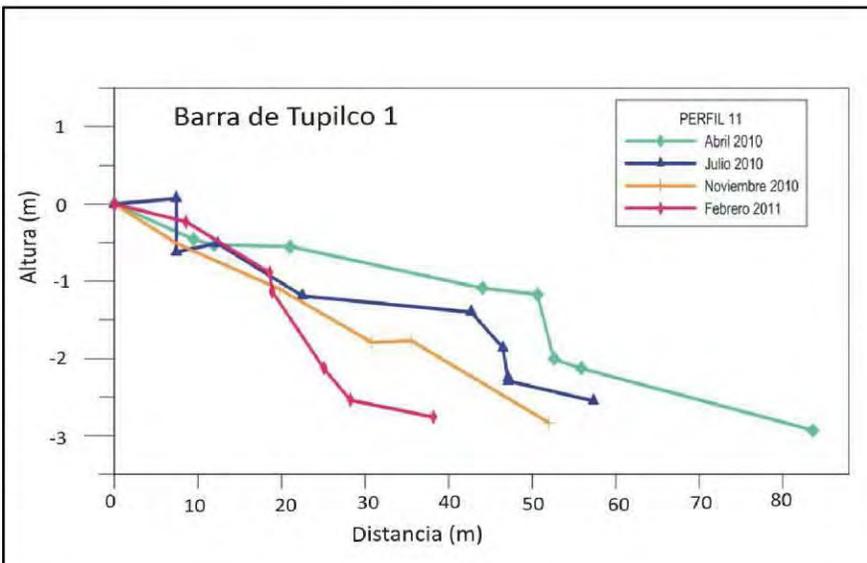


El mayor volumen erosivo se representa en P_{JUL} vs P_{NOV} con 100% (176 m^3), seguido de P_{ABR} vs P_{JUL} con 94% (239 m^3), mientras que en P_{NOV} vs P_{FEB} representa el 80% (194 m^3).





PERFIL 11



Elaboró: Magdiel Barrios Rodríguez

3.3.12 PERFIL 12, localizado al oriente de la playa de Sánchez Magallanes 2.

Los desplazamientos más significativos de las zonas morfológicas en este perfil se representan y analizan en la figura siguiente:

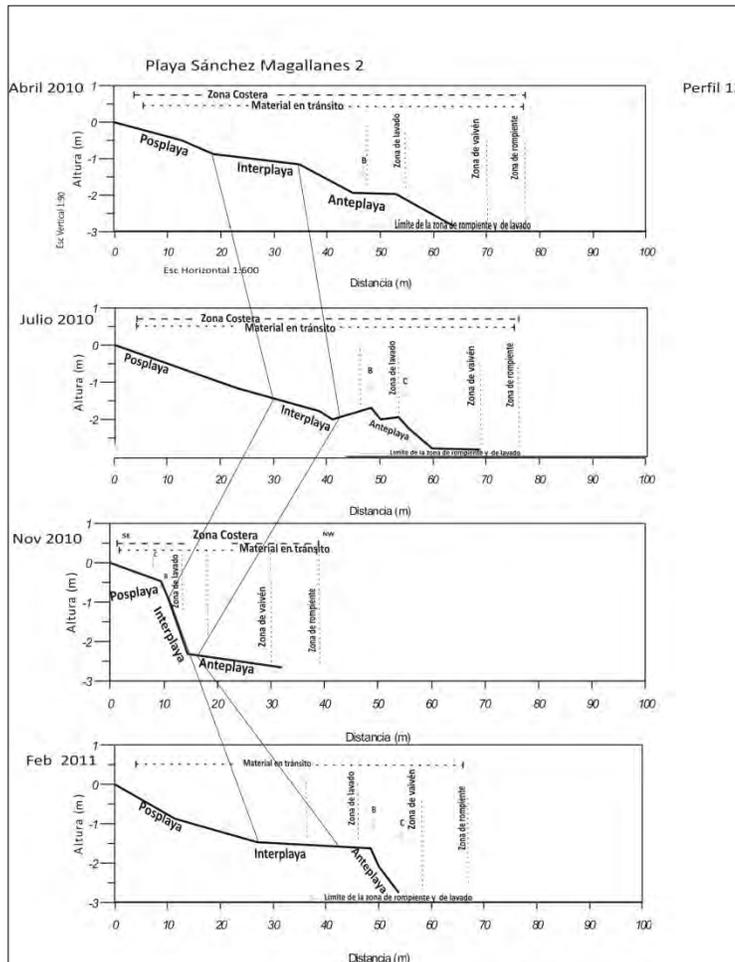


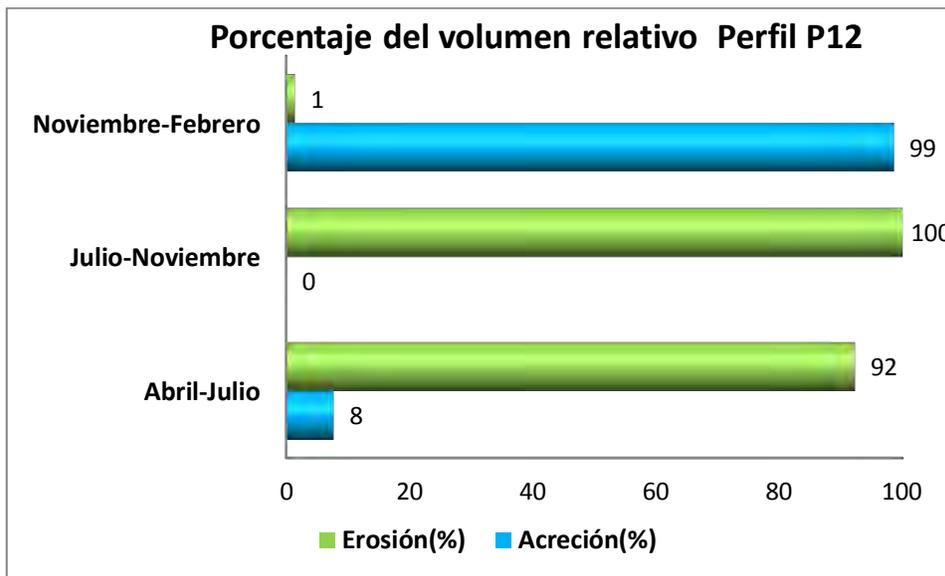
Fig.3.13 Migración de las zonas morfológicas del perfil topográfico P12.

En la ZP los mayores cambios morfológicos se presentan en julio ≤ 25 m, reduciéndose en febrero > 26 m, seguido de abril ≤ 20 m, y noviembre ≥ 10 m, en la ZI los cambios morfológicos más representativos son en noviembre, mostrando un cambio abrupto de pendiente < 5 m, julio < 25 m, febrero ≥ 28 m, finalmente, abril < 20 m, en la ZA los mayores cambios morfológicos ocurren en julio ≤ 20 m, seguido de abril ≤ 20 m, noviembre muestra una longitud ≥ 8 m, finalmente, febrero presenta la mayor reducción < 3 m.

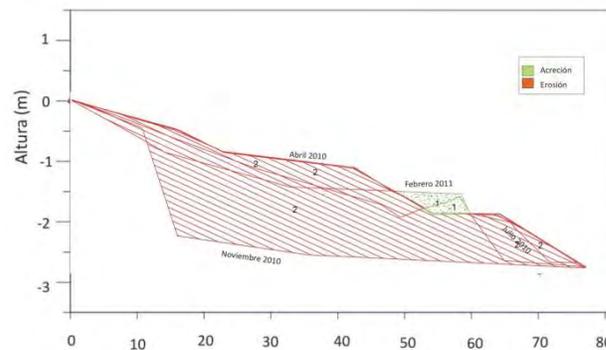
En el caso de las intersecciones entre cada perfil de playa se observa que P_{ABR} vs P_{JUL} y P_{NOV} vs P_{FEB} ; presentan cambios abruptos, esto es, con una alta intersección 4-6 y P_{JUL} vs P_{NOV} , presenta una baja intersección.

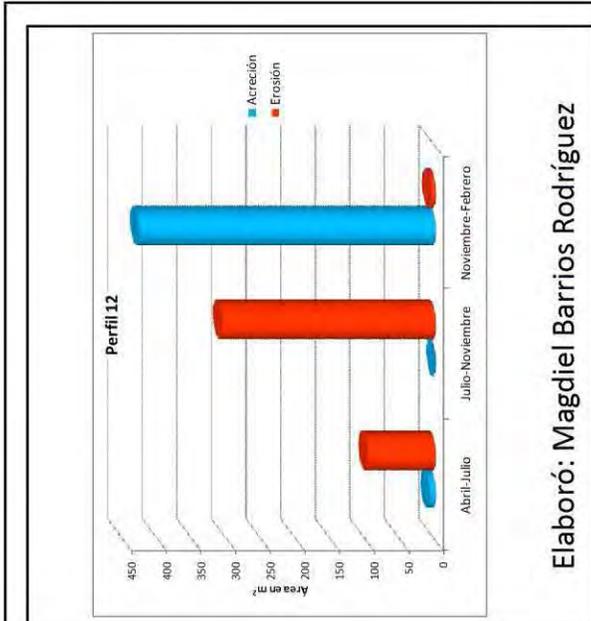
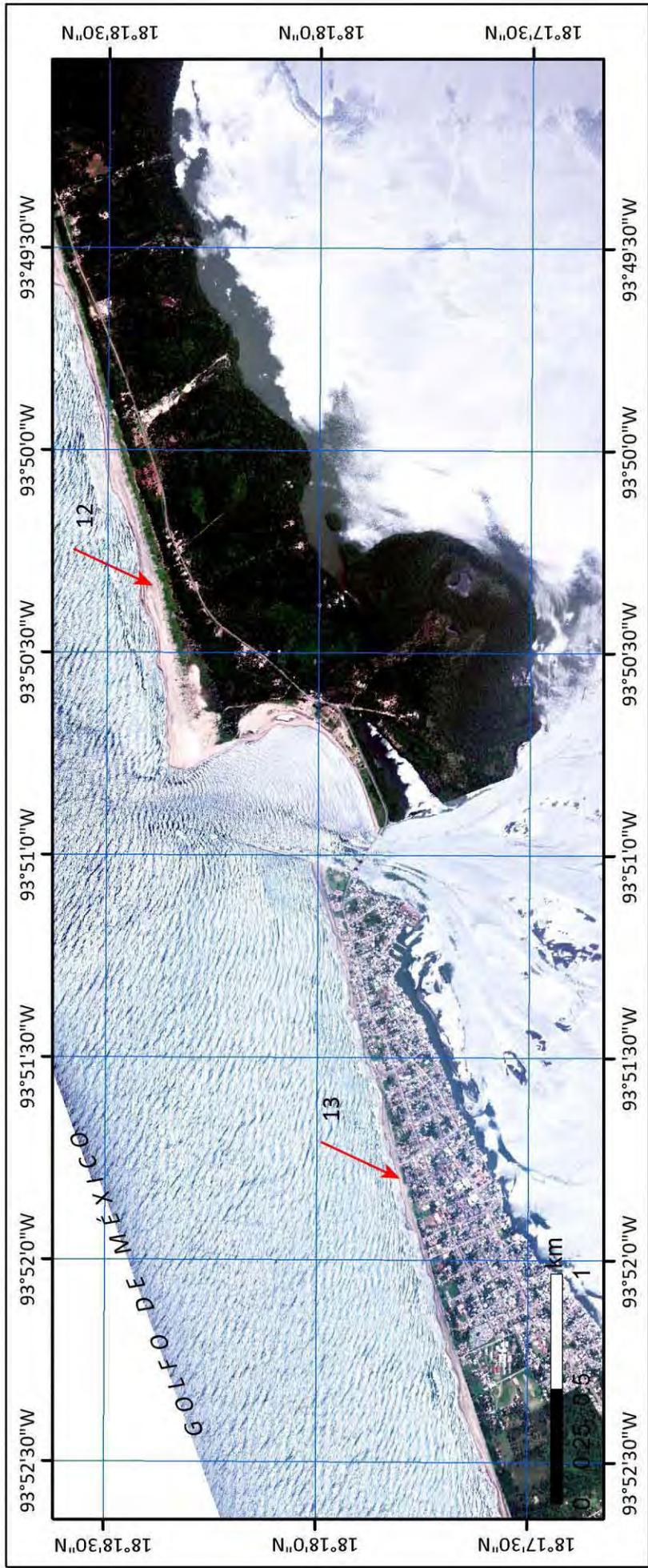
Perfil	Baja Intersección	Moderada Intersección	Alta Intersección
P_{ABR} vs P_{JUL}	0-2	2-4	4-6
P_{JUL} vs P_{NOV}	0-2	2-4	4-6
P_{NOV} vs P_{FEB}	0-2	2-4	4-6

¿Cómo es el comportamiento del P12?

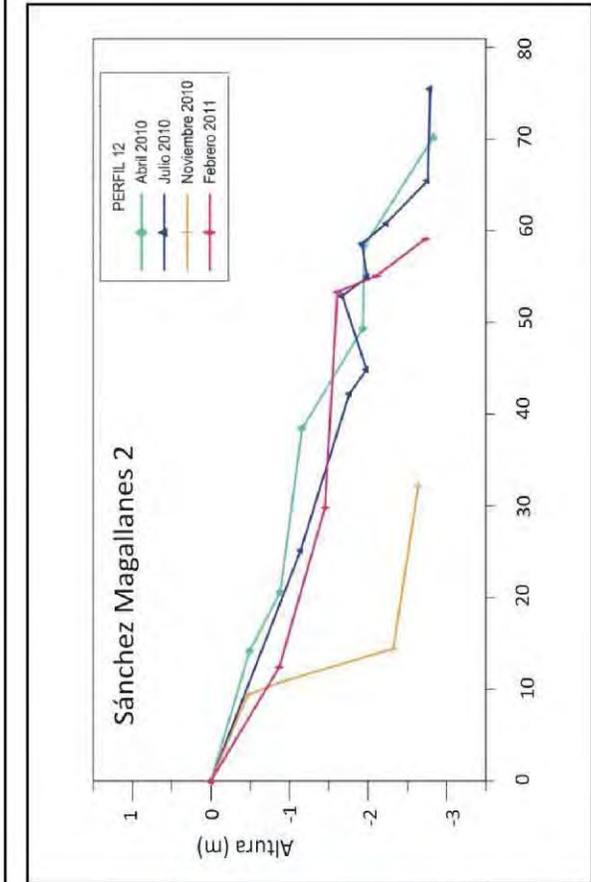


El mayor volumen de erosión se presenta en P_{JUL} vs P_{NOV} con el 100% (308 m^3), seguido de P_{ABR} vs P_{JUL} con el 92% (106 m^3), los mayores valores de depositación de sedimento se expresan en P_{NOV} vs P_{FEB} representando el 99% (433 m^3).





Elaboró: Magdiel Barrios Rodríguez



3.3.13 PERFIL 13, localizado en la playa occidental de Sánchez Magallanes .

Los desplazamientos más significativos de las zonas morfológicas en este perfil se representan y analizan en la figura siguiente:

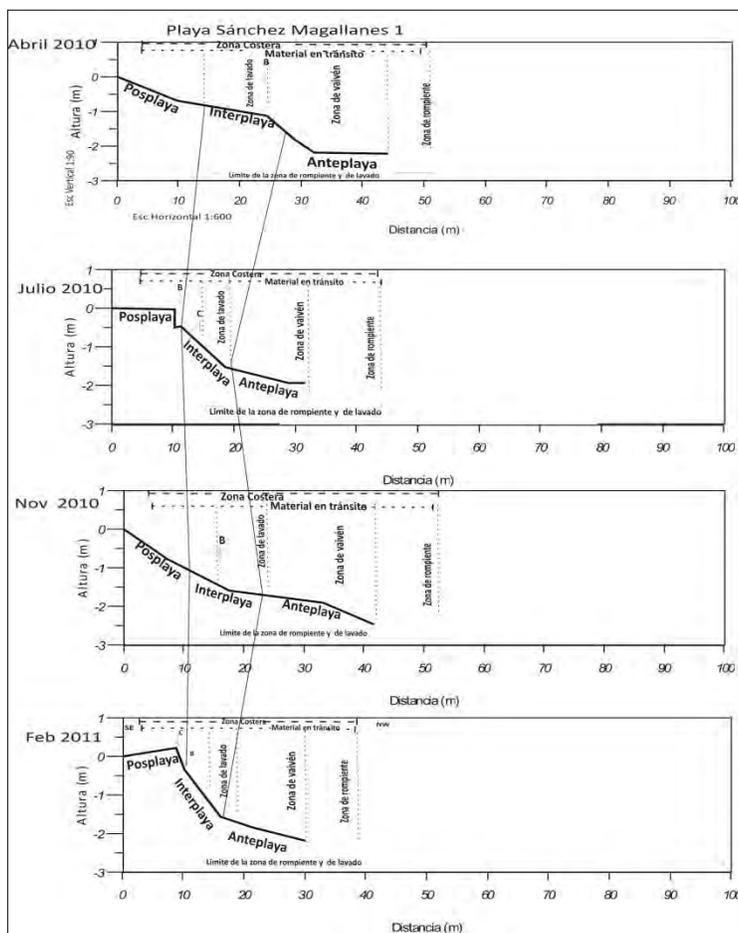


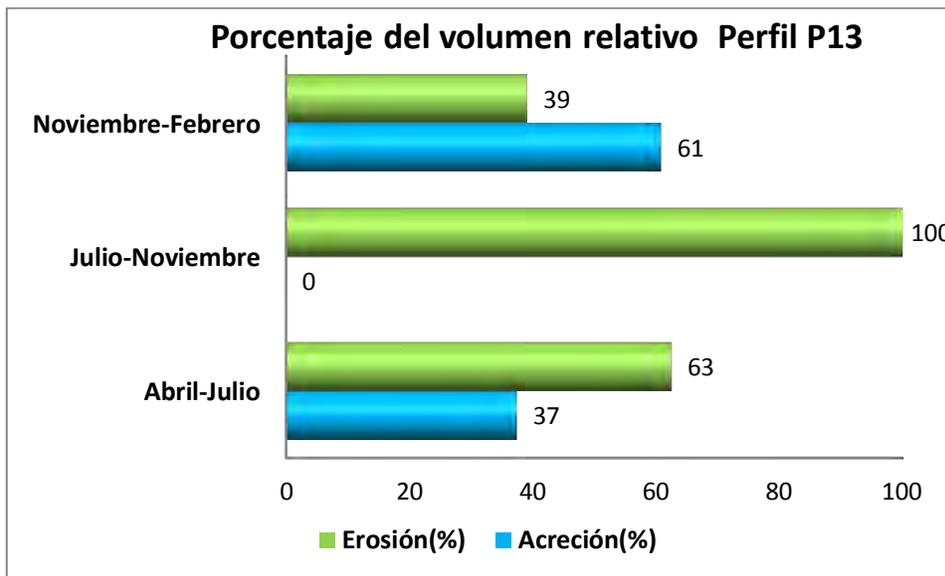
Fig.3.14 Migración de las zonas morfológicas del perfil topográfico P13.

En la ZP los mayores cambios morfológicos se presentan en abril ≤ 13 m, noviembre ≤ 11 m, seguido febrero ≤ 10 m, y creciendo ligeramente en julio donde aparece un escalón de tormenta, morfología erosiva, en la ZI los cambios morfológicos más representativos son en febrero < 10 m, mostrando un cambio abrupto de pendiente, julio < 10 m, la mayor extensión ocurre en abril ≥ 10 m, finalmente, noviembre presenta la mayor reducción < 10 m, en la ZA los mayores cambios morfológicos son en noviembre ≤ 20 m, y en abril ≤ 15 m.

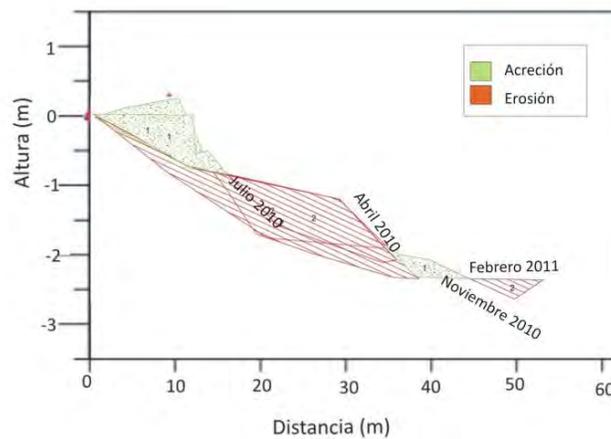
En el caso de las intersecciones entre cada perfil de playa se observa que P_{ABR} vs P_{JUL} y P_{JUL} vs P_{NOV} ; presentan cambios con una baja intersección 0-2 y presenta una alta intersección en P_{NOV} vs P_{FEB} .

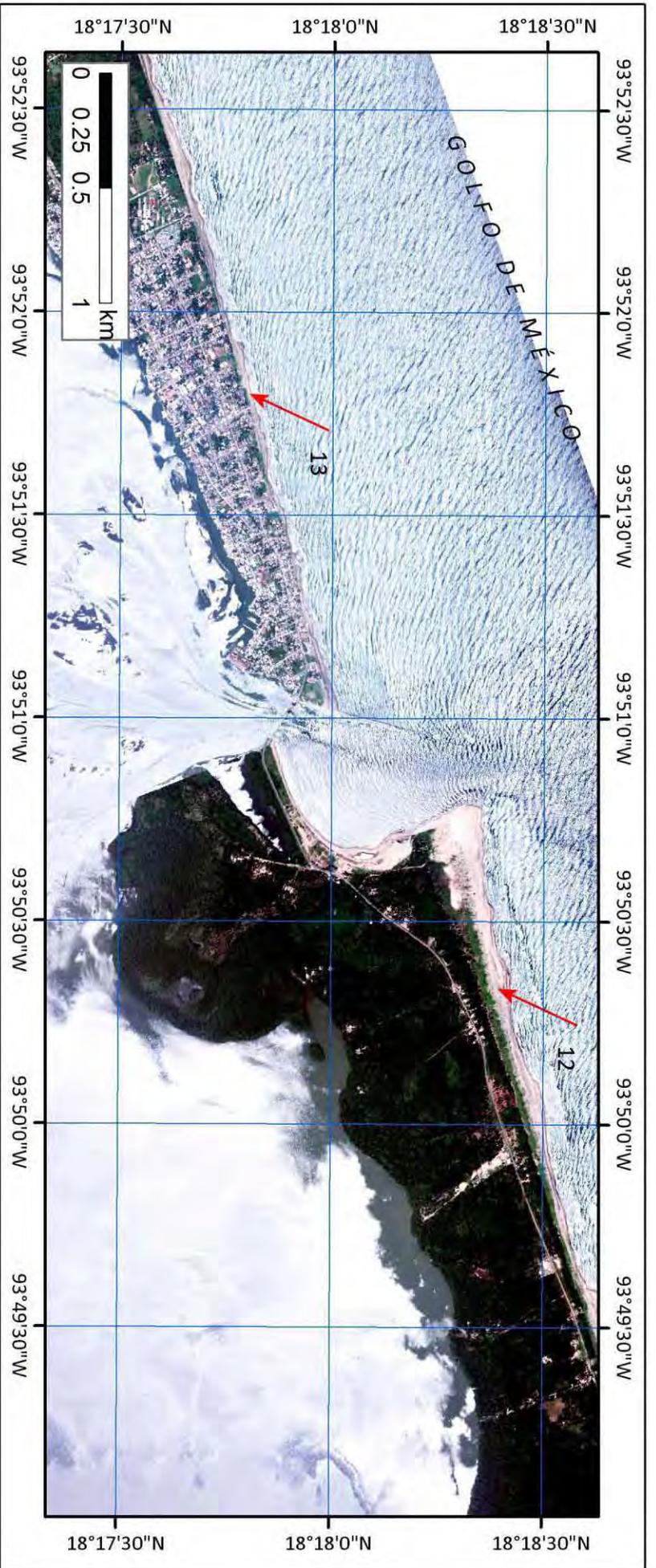
Perfil	Baja Intersección	Moderada Intersección	Alta Intersección
P_{ABR} vs P_{JUL}	0-2	2-4	4-6
P_{JUL} vs P_{NOV}	0-2	2-4	4-6
P_{NOV} vs P_{FEB}	0-2	2-4	4-6

¿Cómo es el comportamiento del P13?

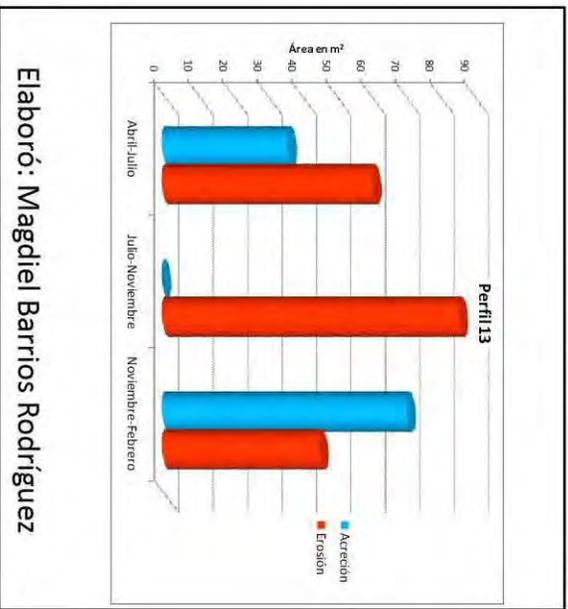
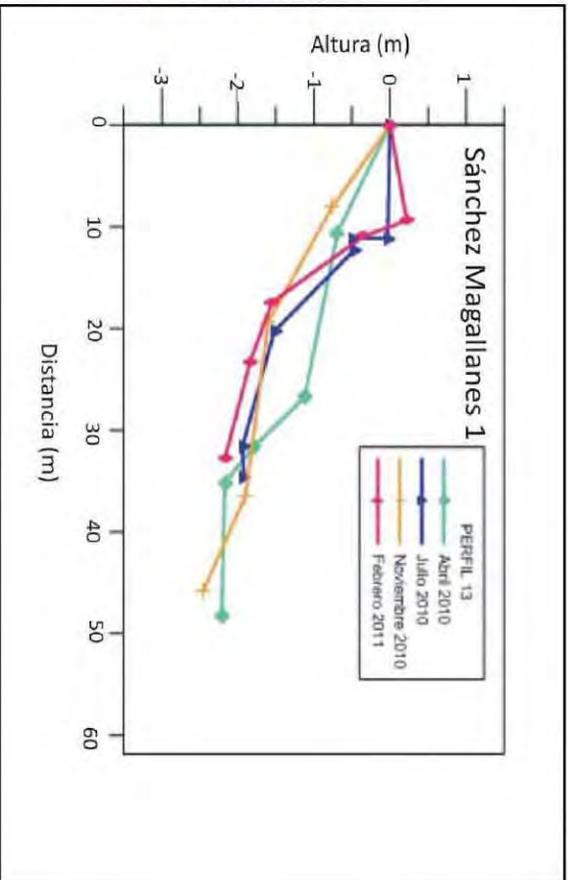


El mayor volumen de erosión se presenta en P_{JUL} vs P_{NOV} con el 100% (86 m^3), seguido de P_{ABR} vs P_{JUL} con el 63% (97 m^3), finalmente, P_{NOV} vs P_{FEB} con 39% (116 m^3), la mayor depositación del material se presenta en P_{NOV} vs P_{FEB} con 61%.





PERFIL 13



Elaboró: Magdiel Barrios Rodríguez

3.4 DISCUSIÓN Y ANÁLISIS DE LA VARIACIÓN DE LOS PERFILES DE PLAYA.

Los resultados obtenidos de la interpretación y comparación de los trece perfiles de playa, representa en sí misma una aproximación a la variación estacional y a la variabilidad de la posición relativa de la línea de costa.

Los cambios en los perfiles de playa obedecen al ajuste morfológico de las playas, principalmente, derivado de las condiciones hidrodinámicas de cada sitio, de la dinámica de los márgenes de las bocas y la remoción de los sedimentos transportados en flujos o canales adyacentes a dichos márgenes.

La dinámica de los márgenes de las bocas está condicionada, principalmente, por:

- La migración de los márgenes de las bocas.
- La dirección del transporte del sedimento y el flujo de las corrientes dominantes.
- Los flujos migratorios de sedimento.
- La consolidación del material arenoso a procesos de remoción continúa.

Existe una estrecha pero compleja relación morfológica entre los valores de acreción y erosión del material arenoso del frente de playa y la proximidad de los márgenes occidentales de las bocas, esto coincide con los cambios en los perfiles topográficos y confirma las observaciones y resultados de los perfiles P4, P7 y P13, sujetos a los procesos hidrodinámicos que se generan en las diferentes estaciones del año y a una mayor remoción del material depositado:

- Perfil topográfico P4, ubicado en la Boca de la Barra de Chiltepec, con 242 m² de superficie relativa de erosión y de superficie relativa de acreción 47 m².
- Perfil topográfico P7, ubicado en Dos Bocas, con 534 m² de superficie relativa de erosión y de superficie relativa de acreción 166 m².
- Perfil topográfico P13, ubicado en la Boca de Santana, 193 m² de superficie relativa de erosión y de superficie relativa de acreción 107m².

Los cambios en los perfiles de playa ubicados en los márgenes orientales de las barras, son resultados de los procesos hidrodinámicos cercanos a las playas, los flujos de marea y del ajuste de ésta al dominio de entrada y salida de material arenoso.

Esto confirma las observaciones y resultados de los perfiles de playa P2, P6 y P12, los cuales presentan los valores más altos de acreción:

- Perfil topográfico P2, ubicado en la boca del río San Pedro–Pablo, con 130 m² de superficie relativa de acreción y de superficie relativa de erosión 68 m².
- Perfil topográfico P6, ubicado en Dos Bocas, con 366 m² de superficie relativa de acreción y de superficie relativa de erosión 101 m².
- Perfil topográfico P12, ubicado en Boca Santana, con 436 m² de superficie relativa de acreción y de superficie relativa de erosión 412 m².

¿Qué ocurre con el P3 cercano a la boca del río San Pablo-Pedro?

El perfil de playa P3, ubicado en el margen occidental de la boca del río San Pedro-Pablo, principal desembocadura del sistema Grijalva-Usumacinta, tiene un comportamiento anómalo, básicamente, no presenta valores de superficies relativas de erosión, como el caso de los perfiles P4, P7 y P13.

El perfil P3, tiene los mayores valores de superficies relativas de acreción, 2,054 m², principalmente estos valores se deben a la depositación del material.

¿Cómo es la relación entre los valores de acreción y erosión del material arenoso del frente de playa y el margen oriental y occidental de la Barra de Tupilco?

La distribución morfológica de la Barra de Tupilco se asocia con una menor abundancia del material depositado y un valor más alto en superficies erosivas, principalmente, en el margen oriental y occidental de la Barra. Su distribución está fuertemente relacionada con la configuración del material depositado, el oleaje generado del régimen de marea y los flujos locales y dominantes durante fenómenos meteorológicos extremos.

Esto coincide con los cambios en los perfiles topográficos y confirma las observaciones y resultados de los perfiles P9, P10 y P11, sujetos a los procesos hidrodinámicos que se generan en las diferentes estaciones del año y a una mayor remoción del material depositado:

- Perfil topográfico P9, ubicado en el margen oriental de la Barra de Tupilco, con 271 m² de superficie relativa de erosión y de superficie relativa de acreción 229 m².
- Perfil topográfico P10, ubicado en el margen oriental de la Barra de Tupilco, con 462 m² de superficie relativa de erosión y de superficie relativa de acreción 271 m².
- Perfil topográfico P11, ubicado en el margen occidental de la Barra de Tupilco, con 558 m² de superficie relativa de erosión y de superficie relativa de acreción 52 m².

3.5 DISCUSIÓN Y ANÁLISIS DE LA DINÁMICA DE LA LÍNEA DE COSTA DE 1995 A 2011; ESTIMACIÓN DEL AVANCE Y RETROCESO DE LA POSICIÓN RELATIVA DE LA LÍNEA DE COSTA POR CADA SECTOR DE ESTUDIO.

En este apartado se aborda, principalmente, el análisis e interpretación de los cambios de la posición relativa de la línea de costa de 1995 a 2011.

El objetivo de este apartado se ha centrado en la importancia del análisis de las variaciones en la posición relativa de la línea de costa, apreciado en los sectores de costa con los mayores valores de superficies relativas de acreción y erosión de la playa.

El análisis del estado dinámico de la playa a través de la variabilidad en la posición de la línea de costa permite:

- Reconocer la interacción de las condiciones hidrodinámicas, los flujos de marea, el régimen de oleaje y la remoción del material arenoso, principalmente, como agentes morfológicos de la playa.
- Comparar las variaciones en los procesos de remoción y depositación del material del frente de playa.
- Cuantificar los cambios en diferentes escalas espaciotemporales de los sectores de la zona costera de Tabasco de 1995 a 2011, y en un sentido más geográfico, el impacto de éstos sobre la interacción con la población.

La dispersión, remoción y depositación de arenas en las playas es un complejo proceso dependiente de la interacción entre la configuración de la costa y la topografía submarina con la energía aportada por las condiciones hidrodinámicas locales, factores que se condicionan mutuamente, sumado al efecto de la refracción y difracción del oleaje que determinan cambios en la posición relativa de la línea de costa.

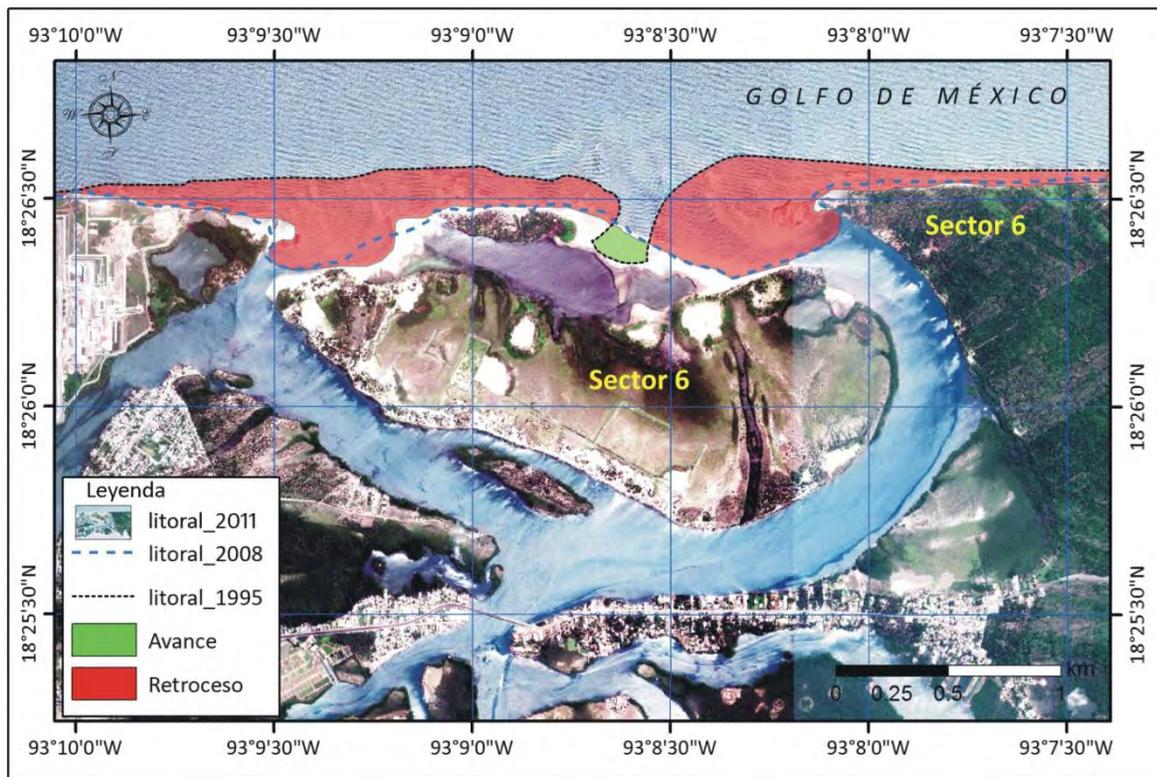
Los cambios constantes de remoción y depositación de sedimentos en la línea de costa confirman las observaciones y resultados de los valores en las superficies relativas de acreción y erosión en cada sector. El análisis de estos cambios en cada sector se presenta en párrafos posteriores.

El **sector 6**, abarca desde el Puerto de Dos Bocas hasta la boca de la Barra de Chiltepec, desembocadura del río González.

Los depósitos de material arenosos se modelan por las corrientes de marea de flujo y reflujos, propias del sector 6, principalmente, esto provoca cambios en la morfología, en la posición y en la dimensión del frente de la línea de costa.

Este sector contrasta, principalmente, por la posición relativa de la línea de costa, debido a la confluencia del estuario del río González y el sistema de Dos Bocas, ésta configuración protege y limita a la laguna de Dos Bocas, conocida así por tener un amplio depósito sedimentario a manera de islote que divide la entrada en dos estuarios de dirección divergente a la línea de costa.

El arreglo morfológico propio del sector 6, favorece los cambios en los valores de las superficies relativas de acreción y erosión del material arenoso de los últimos dieciséis años (1995-2011), esto ha modificando, de forma significativa, la configuración de la línea de costa, resultando en una superficie de remoción de material arenoso de 101 ha.



Elaboró: Magdiel Barrios Rodríguez

Fig.3.15 Dos Bocas.

Las variaciones en las condiciones hidrodinámicas de este sector, resultan en la difracción del oleaje erosivo que remueve y modela los márgenes internos y externos de la Barra de Chiltepec, que determina, principalmente, la configuración de la línea de costa y la entrada y salida de material.

El delta del Río Grijalva, que es una estructura convexa que destaca sobre la posición relativa de la línea de costa y que se forma cuando el aporte de sedimentos supera a la redistribución por procesos hidrodinámicos, se le identifica con el **sector 8**.

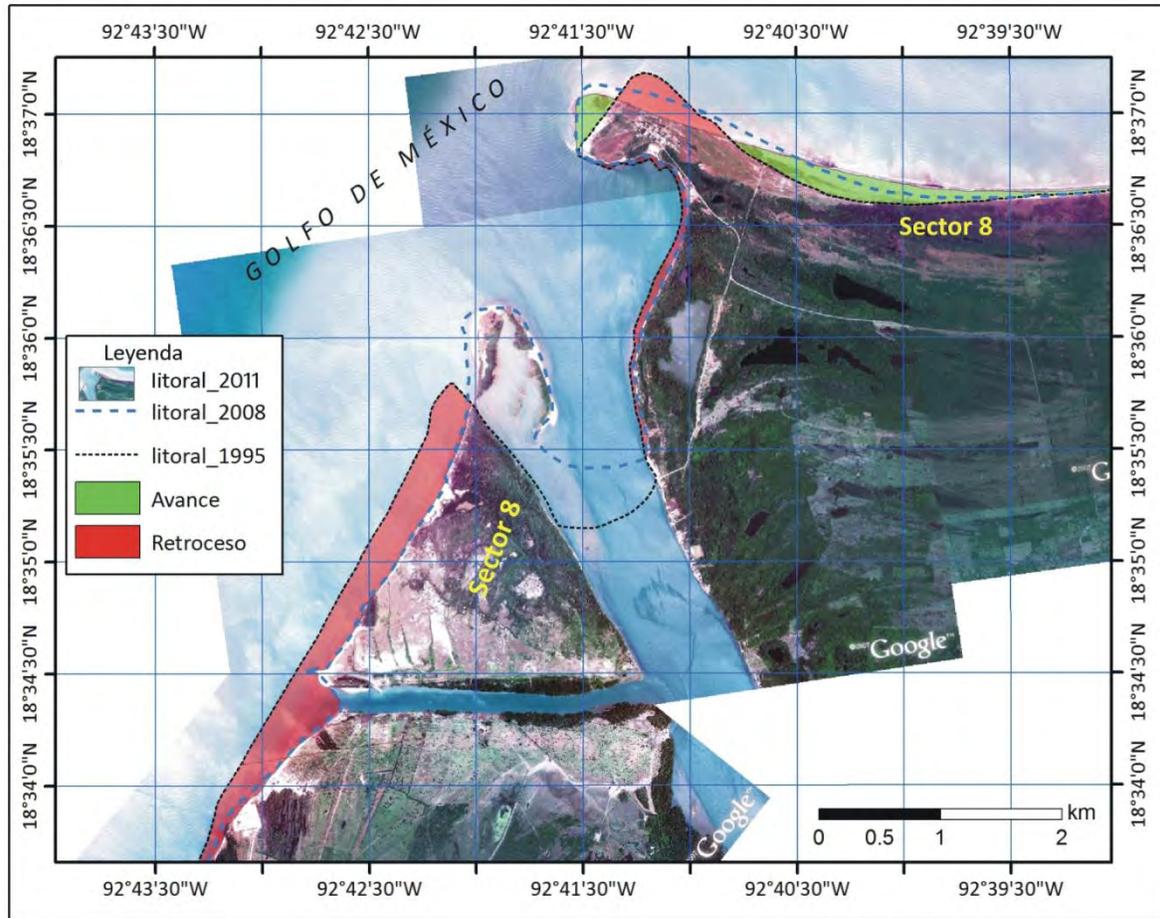


Fig.3.16 Delta del Grijalva

Los rasgos morfológicos asociados al sistema deltaico más sobresaliente debido a su permanencia en las variaciones de la posición relativa de la línea de costa de 1995 a 2011, son las cúspides de playa o cúspides de topografías rítmicas (Dolan *et al.*, 1992), típicas de playas intermedias (Short, 1996), asociadas, principalmente, a los flujos y reflujos mareales y corrientes de retorno.

Los valores de remoción de material arenoso de la línea de costa en el periodo de 1995 a 2011 significan una superficie relativa de erosión de 19 ha, quedando una estrecha franja, representativa del frente de la línea de costa.

La remoción, dispersión y depositación del material arenoso exhibe una fuerte actividad en el ápice del delta, el extremo superior o punta del delta, que favorece, principalmente, la acumulación y erosión en el ápice y en el margen oriental del sector 8.

La disimetría de los márgenes del delta, principalmente, no sólo se debe a la orientación y disposición espacial del propio delta, también se relaciona con la diferencia en la longitud de los márgenes, el margen occidental es mucho más extenso superando en unos 18 km al margen oriental.

El margen oriental del delta, muestra una relativa depositación del material arenoso, mientras la remoción de sedimentos es más intensa en el margen occidental.

Esto se debe a que la acumulación es localizada a nivel de sitio, principalmente, porque el ápice es el límite de la carga de la deriva de playa que proviene de la erosión del sector 9, ya que la corriente en la desembocadura del Río Grijalva–Usumacinta se lleva a mar abierto los sedimentos laterales.

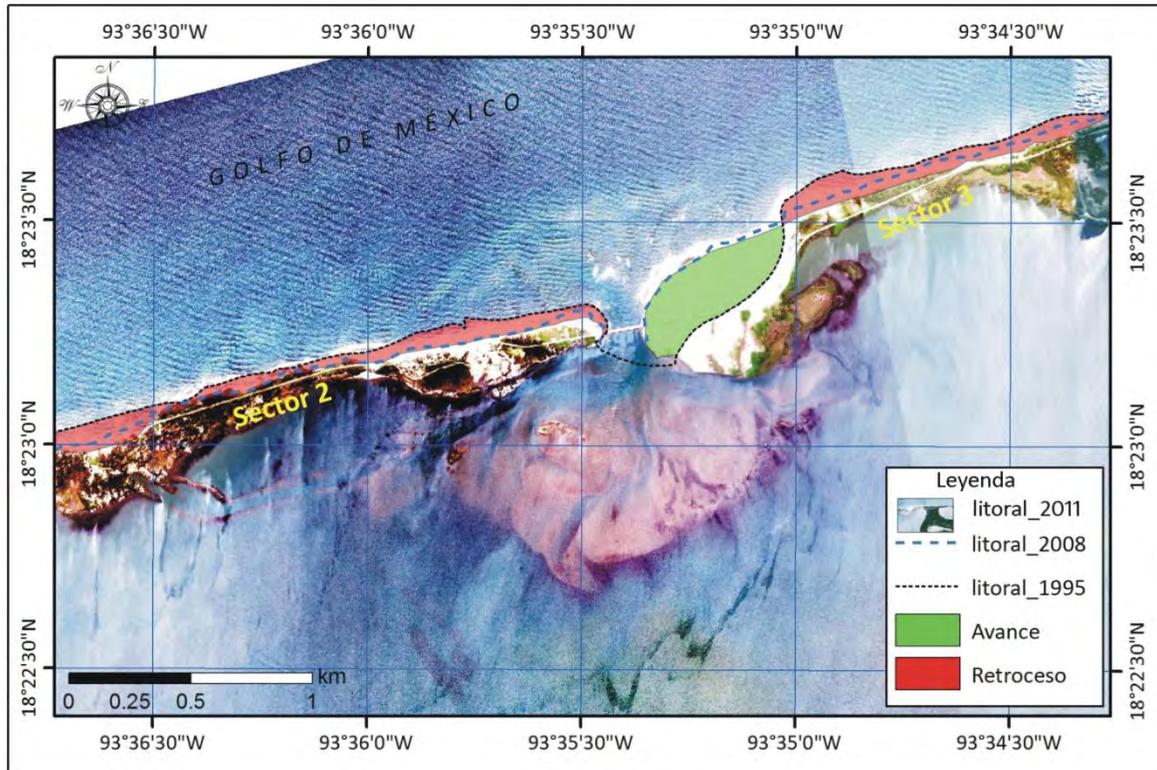
El **sector 7**, en cierta medida es una costa de barrera con un cambio de inflexión en la posición relativa de la línea de costa, debido a que se ubica en el margen frontal del antiguo delta del Mezcalapa y el embalsamiento formado a partir de la configuración del margen occidental del delta del río Grijalva.

Este sector contrasta, principalmente, por la remoción intensa del material arenoso, con una superficie relativa de erosión de 16 ha, esta anchura de la línea de costa, si es dividida entre los dieciséis años del periodo de análisis, se obtiene una tasa promedio de retroceso de la línea de costa del sector 7 de ~ 1 m/año.

El **sector 2**, abarca una de las principales bocas, Boca Panteones, esta apertura a lo largo de la línea de costa ha intensificado los procesos de remoción y depositación del sedimento, principalmente, la erosión del frente de la línea de costa.

El margen oriental de la Boca Panteones, ha desestabilizado la isla de barrera que comprende el sector 2, con la entrada de una mayor circulación de los flujos y reflujos de las corrientes locales y el efecto de la difracción de las ondas en la boca, esto se refleja en la superficie relativa de erosión, 87 ha.

La superficie relativa de erosión es de 87 ha, muestra que se ha perdido una franja considerable de la playa, es decir un valor promedio de retroceso de la línea de costa de ~ 1 m/año.



Elaboró: Magdiel Barrios Rodríguez

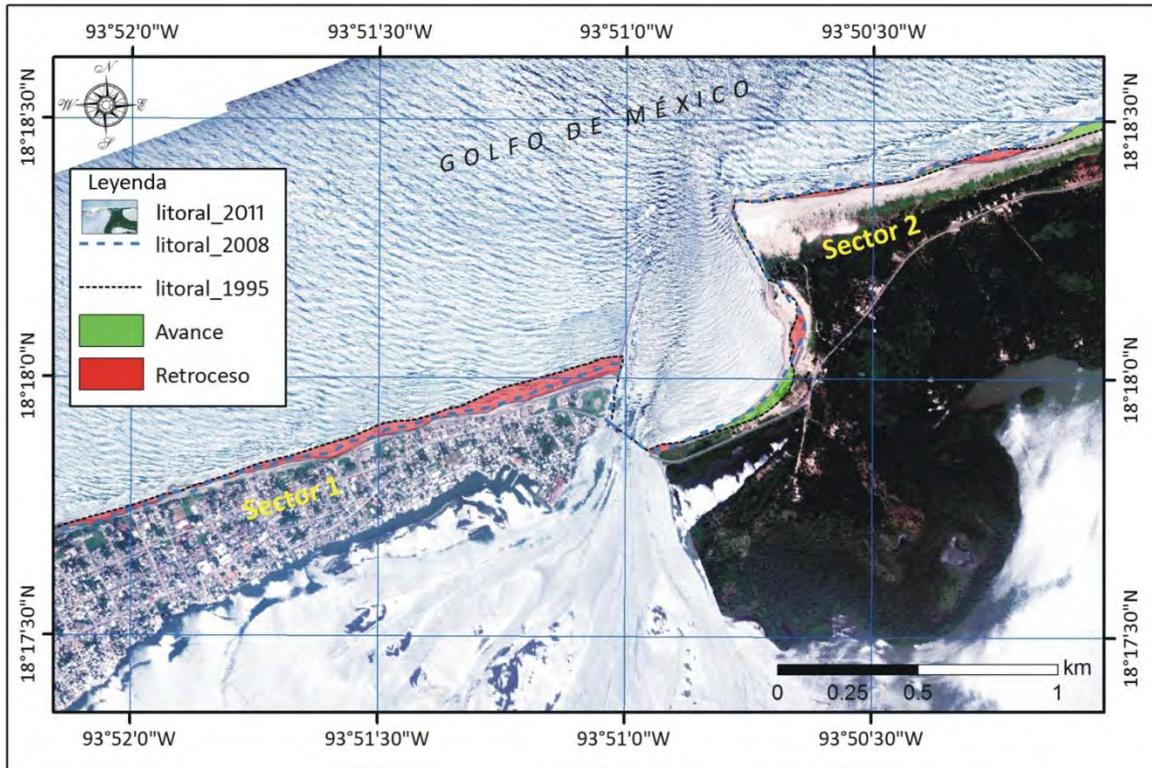
Fig. 3.17 Boca Panteones.

El **sector 4**, abarca parte de la línea de costa afectada por la remoción del material arenoso del frente de la playa, este sector se ubica en la porción central más prominente del antiguo delta del Mezcalapa.

La franja relativa del frente de playa es de 58 ha en este sector. Teniendo de ésta manera, en el periodo de dieciséis años, tres metros de retroceso de la posición relativa de la línea de costa de este sector.

El **sector 1**, presenta valores altos de remoción del material arenoso, esto es, 38 ha de superficie relativa de erosión del frente de costa,

Las condiciones hidrodinámicas en el sector 1, principalmente, los flujos y reflujos de las corrientes, generan un oleaje que remueve los depósitos del sedimento, debido a proximidad del margen oriental de la Boca Santana, localizada al poniente de la playa de Sánchez Magallanes, resultando en ~ 2 m/año de retroceso de la posición relativa de la línea de costa.



Elaboró: Magdiel Barrios Rodríguez

Fig. 3.18 Boca Santa Ana.

El transporte de los sedimentos a lo largo de la playa, proviene del oriente y se ve frenado por el espigón que reduce considerablemente el flujo del transporte del material arenoso.

El margen oriental de la Boca de Santana, ubicado al oriente de la playa de Sánchez Magallanes, presenta mayores valores de depositación del material arenoso, que se traduce en ~ 1 m/año de retroceso de la posición relativa de la línea de costa.

Estos cambios en la remoción y depositación sedimentaria, son generados, principalmente, por el transporte del material arenoso a lo largo de la costa por la influencia de la corriente de deriva litoral, que fluye casi todo el año de oriente a poniente, incluso en invierno y en la época de nortes.

El **sector 3**, se extiende a lo largo de la porción centro-occidental del margen del antiguo delta del Mezcalapa, abarca desde la Boca Panteones hasta la Barra de Tupilco.

Este sector conforma el sistema lagunar La Redonda, en el margen occidental, y un estero dragado de posición paralela a la línea de costa, en el margen oriental, que da forma y abrigo a la laguna El Cocal.

En el resto de la línea de costa del antiguo delta del Mezcalapa, no se aprecia una fuente directa de aporte de sedimentos que provenga de la porción continental, esto refleja los valores de remoción de sedimento en el frente de la playa, con 34 ha de superficie relativa de erosión, básicamente, ~ 2 m/año de retroceso de la línea de costa.

El **sector 9**, se ubica en la planicie del extinto delta del río Usumacinta, principalmente, con un arreglo de los cordones litorales en disposición oblicua respecto línea de costa.

Este sector contrasta, principalmente, por la remoción intensa del sedimento, con una superficie relativa de erosión de 51 ha, esta anchura de la línea de costa, si es dividida entre los dieciséis años del periodo de análisis, se obtiene una tasa promedio de retroceso del frente de la línea de costa del sector 9 de ~ 3 m/año.

Finalmente, el **sector 5**, ubicado en el Puerto de Dos Bocas, presenta una superficie relativa de erosión de 19 ha, resultando en ~ 1 m/año de retroceso de la posición relativa de la línea de costa.

Los valores obtenidos de las superficies relativas de acreción y erosión muestran comportamientos muy variables, tanto espacial como temporalmente en cada sector de la costa.

Los cambios temporales se presentan, principalmente, por el ajuste morfológico del frente de playa a las condiciones hidrodinámicas y al impacto de fenómenos meteorológicos extremos.

Las variaciones espaciales están condicionadas por las características de los procesos responsables de la erosión y depositación sedimentaria y que dan lugar a cambios en la posición relativa de la línea de costa de Tabasco.

La dispersión, remoción y depositación de arenas en las playas es un complejo proceso dependiente de la interacción entre la configuración de la costa y la topografía submarina con la energía aportada por las condiciones hidrodinámicas locales, factores que se condicionan mutuamente, esto sumado al efecto de la refracción y difracción del oleaje, determinan cambios en la posición relativa de la línea de costa.

3.6 INTEGRACIÓN DE LOS RESULTADOS FINALES DE LAS TASAS DE AVANCE Y RETROCESO DE LA POSICIÓN RELATIVA DE LA LÍNEA DE COSTA DE TABASCO DE 1995 A 2011. Tabla 3.1

Sector	Límite	Avance (ha) 1995-2008	Retroceso (ha) 1995-2008	Avance (ha) 2008-2011	Retroceso (ha) 2008-2011	Avance (ha) 1995-2011	Retroceso (ha) 1995-2011
1	De la boca del río Tonalá a Boca Santana.	27.32	24.93	21.84	62.91	25.58	64.16
2	De la Boca Santana a la Boca Panteones.	11.53	50.66	2.30	50.51	2.77	90.12
3	De la Boca Panteones a la Boca de la Barra de Tupilco	21.20	45.00	4.65	15.11	20.45	54.20
4	De la barra de Tupilco al Puerto de Dos Bocas (espigón occidental).	11.44	53.43	3.94	19.28	8.27	65.58
5	Trecho del Puerto de Dos Bocas (abarca ambos flancos de los espigones).	1.91	8.13	2.11	3.57	0.73	19.40
6	Del flanco del espigón oriental del Puerto de Dos Bocas al estuario del río González.	17.70	66.73	1.25	10.21	2.69	104.31
7	Del estuario del río González (barra de Chiltepec) hasta el brazo occidental del delta del río Grijalva.	40.16	100.94	0.90	77.68	81.14	97.17
8	Del primer brazo del delta del río Grijalva hasta el límite del flanco oriental del delta.	110.59	104.50	22.96	39.41	82.28	100.74
9	Del límite del flanco oriental del delta del Grijalva hasta Campeche.	12.87	101.27	2.28	5.74	0.60	51.14
Totales		254.72	555.59	62.23	284.41	224.51	646.81

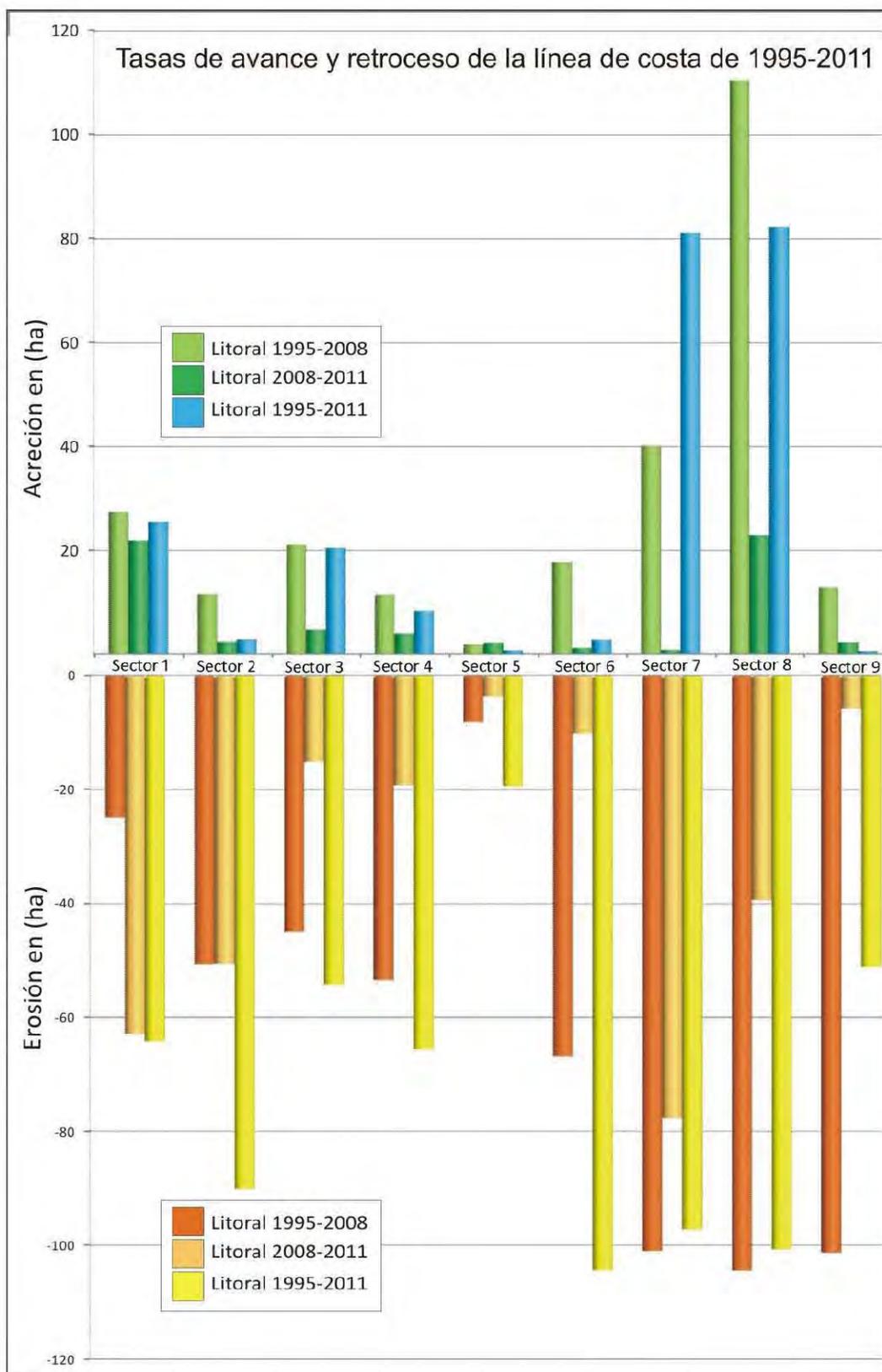


Fig.3. Tasas de avance y retroceso de la costa desde 1995 al 2011 en hectáreas.

3.7 CONCLUSIONES

Las conclusiones aquí presentadas están apoyadas en los resultados obtenidos del avance y retroceso de la posición relativa de la línea de costa en el periodo de 1995 a 2011 y en las observaciones de la dinámica del frente de playa de cada sector, como resultado de:

- La respuesta de la superficie oceánica a los cambios en la presión atmosférica, principalmente el ascenso relativo del nivel del mar.
- En la intensidad y frecuencia de los fenómenos meteorológicos extremos, como los sistemas ciclónicos tropicales, huracanes y “nortes” que son sin duda los fenómenos de mayor impacto que la zona de estudio enfrenta.
- La vulnerabilidad física en ambientes expuestos hacia el mar, como bocas, islas barrera, cordones litorales y playas al impacto de los ciclones tropicales y la morfología de los sistemas naturales en costas micro mareales.
- La remoción de material arenoso resultado del oleaje generado por las condiciones de las mareas de tormenta, que en dichas condiciones los niveles de destrucción a la costa pueden ser más elevados.
- El comportamiento antrópico expresado en la alteración de los ecosistemas naturales adyacentes y en la dinámica natural de la costa, como la construcción de presas que disminuye el aporte de los sedimentos a la costa, como el sistema hidrológico Grijalva-Usumacinta represado en su cauce medio por sus cuatro presas hidroeléctricas.
- La dinámica sedimentaria de los sectores costeros, que está directamente influenciada por la dirección e intensidad del régimen del oleaje y los flujos y reflujos de las corrientes generadas por la acción del viento, estos factores, principalmente, influyen en la continua dispersión, remoción y depositación del material arenoso.
- Los efectos de las obras como portuarias y terrestres sobre la dinámica de los sistemas naturales costeros, esencialmente, estos obstáculos modifican el régimen de oleaje y de corrientes que inciden sobre la costa y consecuentemente en el transporte sedimentario, por lo que su acción erosiva es cambiante a lo largo de la posición relativa de la línea de costa.

Los resultados obtenidos del monitoreo en la zona de estudio indican cambios en la posición relativa de la línea de costa, de los cuales se destaca que:

- Los márgenes de las bocas, están expuestos a una mayor vulnerabilidad física por los impactos de algunos fenómenos meteorológicos que resultan en una morfología muy activa, ya que los márgenes de las bocas son vulnerables a la migración, acumulación y pérdida del material en entornos micro mareales. Estos rasgos geomorfológicos presentan los mayores cambios en la zona de estudio en Dos Bocas, en Boca Santana y en la boca del río González.
- La dinámica del transporte del material arenoso controla la variación morfológica de las barreras arenosas, como es el caso de la Barra de Tupilco y la Barra de Chiltepec, principalmente, por la incidencia e impacto de las tormentas extremas y la redistribución de los depósitos sedimentarios.

La caracterización de la dinámica de las playas permite precisar que:

- En función de los rangos de mareas son playas micro mareales.
- Son playas intermedias, en general, la morfología de la playa y las condiciones del oleaje se encuentran en constante cambio, con un grado de exposición alto, predominantemente de arenas finas a medias, básicamente, estos factores definen la movilidad de las playas en la zona de estudio.

Finalmente, los resultados que presenta esta disertación académica permiten:

- Diseñar procedimientos de análisis de la dinámica costera, principalmente de las costas del Golfo de México.
- Seleccionar nuevas rutas que nos alejen de la especulación científica metodológica en el campo de la geografía aplicada a las ciencias costeras.
- Proponer conceptos y metodologías específicas en la caracterización de la dinámica de las playas e indicadores de la posición relativa de la línea de costa.
- Ofrecer un panorama más amplio en estudios geográficos y en la evaluación ambiental de las zonas costeras más cambiantes del estado de Tabasco.
- Calificar la urgente necesidad de adoptar a corto plazo un conjunto de estrategias para el manejo costero integral del estado de Tabasco

3.8 REFERENCIAS CITADAS

- ◆ Andrade, F. y Ferreira, M.A. (2006). A simple method of measuring beach profiles. *Journal of Coastal Research*, 22 (4):995-999.
- ◆ Boak, E.H. and Turner, I.L. (2005). Shoreline definition and detection: A review. *Journal of Coastal Research*, (4):688-703.
- ◆ Camfield, F.E. and Morang, A. (1996). Defining and interpreting shoreline change. *Ocean and Coastal Management*, 32 (3):129-151.
- ◆ Catalán, I.A., Jiménez, M.T., Alconchel, J.I., Prieto, L. and Muñoz, J.L. (2006). Spatial and temporal changes of coastal demersal assemblages in the Gulf of Cadiz (SW Spain) in relation to environmental conditions. *Deep-Sea Research Part II: Tropical Studies in Oceanography*, 11-13 (53):1402-1419.
- ◆ CONAGUA, (2010). Estadísticas del Agua en México. Comisión Nacional Del Agua (CONAGUA), Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), México, 257 pp.
- ◆ Crowell, M., Leatherman, S. and Buckley, M. (1993). Shoreline change rate analysis: Long term versus short term data. *Shore and Beach, Federal Emergency Management Agency Washington, D.C.:*13-20.
- ◆ Chapapría, V.E., Aguilar, J., Serra, J. y Medina, J.R. (1995). Levantamientos y seguimientos topo-batimétricos en ingeniería de costas. *Ingeniería del Agua*, (2):181-200.
- ◆ Davies, J.L. (1980). *Geographical variation in coastal development*. Longman Group, New York, 212 pp.
- ◆ Delgado, I. y Lloyd, G. (2004). A simple low cost method for one person beach profiling. *Journal of Coastal Research*. 20 (4):1246-1252.
- ◆ Dolan, R., Fenster, M.S., Holme, S.J. (1992). Spatial analysis of shoreline recession and accretion. *Journal of Coastal Research*, 2 (8):263-285.
- ◆ Domínguez, L., Gracia, F.J. y Anfuso, G. (2004). Tasas de avance/retroceso de la línea de costa mediante morfometría fotogramétrica en el sector Sanlúcar de Barrameda-Rota (Provincia de Cádiz). *Revista de la Sociedad Geológica de España.*, 17 (1-2):71-84.
- ◆ Emery, K.O. (1961). A simple method of measuring beach profiles. *Limnology and Oceanography*, 19 (1-4):253-264.

- ◆ García, E. (1973). *Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen*. Serie de Libros (6). Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), México, 90 pp.
- ◆ Gay, C. (Comp.). (2000). *México: una visión hacia el siglo XXI. El cambio climático en México. Resultados de los estudios de la vulnerabilidad del país*. Instituto Nacional de Ecología (INE), Secretaria de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP), Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), U.S. Country Studies Program, México, 220 pp.
- ◆ Hanson, H., Hoan, L. X., Larson, M., Donnelly, C. and Nam, P.T. (2010). Modeling shoreline evolution at Hai Hau Beach, Vietnam. *Journal of Coastal Research*, 26 (1):31-43.
- ◆ Haslett, S. (2001). *Coastal Systems, Second Edition*. Routledge Introduction to Environment Series. Routledge, Taylor and Francis Group, London and New York, 216 pp.
- ◆ Hernández, J. R., Ortiz, M. A., Méndez, A. P. y Gama, L. (2008). Morfodinámica de la línea de costa del Estado de Tabasco, México: Tendencias desde la segunda mitad del siglo XX hasta el presente. *Investigaciones Geográficas*, (65):7-21.
- ◆ Hill, H., Kelley, J., Belknap, D. and Dickson, S. (2002). Co-measurement of beaches in Maine, USA: volunteer profiling of beaches and annual meetings. *Journal of Coastal Research*, Special Issue 36:374-380.
- ◆ INEGI. (1995). *Cartas topográficas, escala 1:50,000, Frontera E15-B62, Cocohital E15-A78, Comalcalco E15-A79 y Sánchez Magallanes E15-A77*.
- ◆ Jackson, C., Adams, A., Bush, D., Wright and Neal, W. (2009). Summary of Puerto Rico's Vulnerability to Coastal Hazard: Risk, Mitigation, and Management with examples (in Kelly, Joseph T. and Orrin Pilkey (Eds), *Identifying America's Most Vulnerability Oceanfront Communities: A Geological Perspective*, Geological Society of America Special Paper, in press.
- ◆ Jiménez, J.A. y Sánchez, A. (1992). Simulación de cambios a corto plazo en la línea de costa. *Revista de Obras Públicas*, 315 (3):41-51.
- ◆ Jiménez, J.A., Sánchez, A. y Valdemoro, H.I. (1997). Predicción de los cambios en el perfil de playa utilizando parámetros adimensionales sencillos. *Revista de Obras Públicas*, 362 (3):29-39.

- ◆ Komar, P. (1998). *Beach Processes and Sedimentation. Second Edition*. Prentice-Hall, NJ, 429 pp.
- ◆ Kronert, R., Steinhardt, U. and Volk, M. (2001). Landscape balance and landscape assessment. *Springer-Verlag, Berlin*, 304 pp.
- ◆ Landa, R., Magaña, V. y Neri, C. (2008). *Agua y clima: elementos para la adaptación al cambio climático*. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), Centro de Ciencias de la Atmósfera (CCA), Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), México, 133 pp.
- ◆ Lankford, R.R. (1977). Coastal lagoons of Mexico: Their origin and classification. *In: Wiley, M. (Eds.), Estuarine Processes. Volume II. Circulation, Sediments, and Transfer of Material in the Estuary*. Academic Press Inc., New York: 182-215.
- ◆ Larson, M. y Kraus, N.C. (1994) Temporal and spatial scales of beach profile change, Duck, North Carolina. *Marine Geology*, 1-4 (117):75-94.
- ◆ Lippmann, T.C. y Holman, R.A. (1990). The spatial and temporal variability of sand bar morphology. *Journal of Geophysical Research*, 95 (C7):11575-11590.
- ◆ Magaña, V. (1999). Assessment of current and future regional climate scenarios for México. *Climate Research*, 9 (1):107-114.
- ◆ Magaña, V. (2004). El fenómeno de El Niño y la Oscilación del Sur (ENOS) y sus impactos en México, Departamento de Meteorología General , Centro de Ciencias de la Atmósfera, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) disponible en <http://www.atmosfera.unam.mx/cambio/nino>.
- ◆ Masselink, G. and Short, A.D. (1993). The effect of tide range on beach morphodynamics and morphology: a conceptual model. *Journal of Coastal Research*, 9 (3):785-800.
- ◆ McLachlan, A. (1980). The definition of sand beaches in relation to exposure: a simple rating system. *South Africa Journal of Science.*, 76(3):137-138.
- ◆ Medina, R., Losada, I., Losada, M. A. y Vidal, C. (1995). Variabilidad de los perfiles de playa: forma y distribución granulometría. *Ingeniería del Agua*, 2 (1):133-142.
- ◆ Montes de Oca, M. (1988). *Topografía, Representaciones y Servicios de Ingeniería*. Facultad de Ingeniería, UNAM, México, 344 pp.

- ◆ NOAA Coastal Services Center. (2006). Shoreline Change Conference II: A Workshop on Managing Shoreline Change proceedings. Charleston, SC, May 3-5, 2006. <http://csc.noaa.gov/shoreconf/July 25, 2011>.
- ◆ NOAA Coastal Services Center. (2009). Considerations involved defining the shoreline. A guide to National Shoreline Data and Terms. The NOAA Shoreline Website. <http://csc.noaa.gov/October 29, 2011>.
- ◆ NOAA, Huracan Center, Website. (2010). <http://www.nhc.noaa.gov/October 2, 2011>.
- ◆ Ortiz, M.A. (1992). Retroceso reciente de la línea de costa del frente deltaico del río San Pedro, Campeche-Tabasco. *Boletín, Núm. 25, Investigaciones Geográficas*, Instituto de Geografía, UNAM, México, 7-23 pp.
- ◆ Ortiz, M.A y Benítez, J. (1996). Elementos teóricos para el entendimiento para los problemas de impacto ambiental en las planicies deltaicas: la región Tabasco y Campeche. In: Botello, A.V., Rojas, J.L., Benítez, J. y Zárate, D. *Golfo de México, contaminación e impacto ambiental: diagnóstico y tendencias*. EPOMEX, Serie Científica 5, Universidad Autónoma de Campeche, 483-503 pp.
- ◆ Ortiz, M.A., Gama, L., Sommer, I. y Oropeza, O. (2011). *Vulnerabilidad física de la zona costera de Tabasco ante la problemática de ascenso del nivel del mar acelerado*. Inf. Técnico, INE-SEMARNAT, México, 230 pp.
- ◆ Posada, B.O. y Buitrago, N.R. (2009). *Metodología para el levantamiento de perfiles de playa*. Métodos en Teledetección Aplicada a la Prevención de Riesgos Naturales en el Litoral. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras. INVERMAR, 55-63 pp.
- ◆ Psuty, N. (1965). Development in Tabasco, México. *Annals of the Association of American Geographers*. Taylor and Francis Group, Association of American Geographers, 55 (1):112-124pp.
- ◆ Psuty, N. (1966). The geomorphology of beach ridges in Tabasco, Mexico. Coastal Studies Institute. Louisiana State University Press. Technical Report, 30:1-51 pp.
- ◆ Reed, M.W. (2000). *Shore and Sea Boundaries, Volume 3*. Washington, D.C. U.S. Government Printing Office, 2000.
- ◆ SEMAR. (2008). *Tablas numéricas de predicción de mareas, Golfo de México y Mar Caribe*. Dirección General de Investigación y Desarrollo. Dirección General Adjunta de

Oceanografía, Hidrografía y Meteorología. Secretaría de Marina, Armada de México (SEMAR), pp.

- ◆ Serta, J., Aguilar, J., Esteban, V. y Medina, J. (1994). La cuantificación del error de las batimetrías en el seguimiento de playas. *Ingeniería del Agua*, I (3 Esp.):7-18.
- ◆ Servicio Meteorológico Nacional. <http://smn.cna.gob.mx> /Septiembre 6, 2011.
- ◆ Schwartz, M. (Ed.). (2005). *Encyclopedia of Coastal Science*, Encyclopedia of Earth Sciences Series. Department of Geology, Western Washington University, WA., Springer, 1, 211 pp.
- ◆ Schwarzer, K., Diesing, M., Larson, M., Niedermeyer, R.O., Schumacher, W. and Furmanczyk, K. (2003). Coastline evolution at different time scales-examples from the Pomeranian Bight, southern Baltic Sea. *Marine Geology*, 194 (1-2):79-101.
- ◆ Short, A.D. (1996). The role of wave height, period, slope, tide range and embaymentisation in beach classifications: a review. *Revista Chilena de Historia Natural*, 69 :589-604.
- ◆ Splinter, K.D., Golshani, A. Stuart y Tomlinson, R. (2010). *Spatial and temporal variability of longshore transport along Gold Coast, Australia*. 32nd International Conference on Coastal Engineering, Shanghai, China.
- ◆ Steacy, D., Richard, L., Reid, N., Via, B. and McCray, C. (1999). *Tide and Current Glossary*. U. S. Department of Commerce, NOAA, Washington, D.C., 34 pp.
- ◆ Stive, M.J.F., Aarninkhof, S.G.J., Hamm L., Hanson, H., Larson, M., Wijnberg, K.M., Nicholls, R.J. and Capobianco, M. (2002). Variability of shore and shoreline evolution. *Coastal Engineering*, 47 (2):2011-235.
- ◆ Stive, M.J.F., Roelvink, J.A., De Vriend, H.J. (1990). Large scale coastal evolution concept. *American Society of Civil Engineering*, 98:1962-1974.