

**UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO**

**Aplicación de los SIG para Análisis de los Riesgos por Variabilidad  
Costera, ECUADOR.**

**Julio Falconeri Rosero Pincay**

Tesis de grado presentada como requisito para la obtención del título de  
Magister en Sistemas de Información Geográfica

Quito  
Junio de 2012

**UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO**  
**Colegio de Post Grados**

**HOJA DE APROBACION DE TESIS**

**Aplicación de los SIG para análisis de los riesgos por variabilidad  
costera, ECUADOR**

**Julio Falconeri Rosero Pincay**

Richard Resl. Msc.,  
Director de Tesis  
Director del Programa de Maestría en  
Sistemas de Información Geográfica

f. \_\_\_\_\_

Pablo Cabrera MSc.  
Miembro del Comité de Tesis

f. \_\_\_\_\_

Stella de la Torre, Ph.D.,  
Decana del Colegio de  
Ciencias Biológicas y Ambientales

f. \_\_\_\_\_

Victor Viteri Breedy, Ph.D.,  
Decano del Colegio de Post Grados

f. \_\_\_\_\_

Quito, Junio de 2012

©Derechos de Autor  
Julio Falconeri Rosero Pincay  
2012

## Resumen

Los SIGs. son una poderosa herramientas informática de manejo de información digital georeferenciada, utilizadas para ingresar, almacenar, recuperar, manipular, analizar, generar reportes en forma de gráficos, numéricos y documentos así como para obtener datos referenciados geográficamente, para brindar apoyo en la toma de decisiones sobre un determinado escenario o entorno real.

Los márgenes costeros y la zona Intermareal de la costa ecuatoriana, ofrece atractivos sitios desde el punto de vista turístico con fines habitacionales y económicos de todo tipo. La naturaleza no siempre prepara estos sitios para estos fines y eventualmente suceden cambios a veces cíclicos y otras veces no, producto de la interacción dinámica océano-atmósfera-costa, con consecuencias inesperadas y muchas veces desastrosas para nuestras poblaciones costeras.

La masa poblacional que se asienta en los márgenes costeros está formada básicamente por 3 tipos de habitantes:

- Asentamiento permanente de pescadores
- Asentamiento permanente por actividades turísticas
- Población en tránsito por actividades turísticas y económicas varias

En este entorno, y con el ingrediente adicional de la falta de prevención, planificación y organización urbanística racional, característica propia de nuestra realidad, suceden imprevistos y emergencias que deben ser enfrentados y resueltos de inmediato.

En el presente trabajo mediante el uso de los SIGs, y sus diferentes funcionalidades, se ha recopilado y estandarizado la geo información existente y obtenido nueva información mediante disciplinas y técnicas de investigación, con el fin de obtener parte de los elementos de juicio que sirvan de soporte técnico

para dar solución a un grave problema ocasionado por la mal ocupación poblacional y explotación del margen costero y la zona intermareal de Bajo Alto.

## **ABSTRACT**

The GIS's. are a powerful information management tools for georeferenced digital information, used to input, store, retrieve, manipulate, analyze, generate reports as graphs, and numerical and documents for geographically referenced data to support decision-making in on a given scenario or real environment.

Coastal margins and the intertidal zone of the Ecuadorian coast, offers attractive sites from the point of view of tourism and economic residential purposes of all kinds. Nature does not always prepare the sites for these purposes and possibly cyclical changes sometimes happen and sometimes not, the product of the dynamic interaction ocean-atmosphere-sea, with unexpected consequences and often disastrous for our coastal communities.

The population mass that sits at the coast is primarily made up of three types of people:

- Permanent settlement of fishermen.
- Permanent settlement by tourism
- Population in transit through various economic activities and tourism

In this environment, and with the added ingredient of the lack of prevention, rational urban planning and organization, characteristic of our reality, and unexpected emergencies happen to be faced and resolved immediately.

In this paper, by using GIS and its various functionalities, has been compiled and standardized geo existing information and new information obtained through research and technical disciplines, in order to obtain some of the evidence that serve technical support to solve a serious problem caused by poor population occupation and exploitation of coastal margin and "Bajo Alto" intertidal zone.

## TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN .....	iii
1. 1 Ubicación Del Área De Estudio .....	3
1.2 Relación Personal .....	5
1.3 Objetivos Generales .....	5
1.4 Objetivos Específicos .....	6
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	8
3. METODOLOGÍA .....	13
3.1 Levantamiento Geodésico De Los Perfiles De Playa En La Zona Intemareal ....	15
3.1.1 Sistema Geodésico de Referencia Horizontal .....	15
3.1.2 Sistema de Posicionamiento Geodésico .....	15
3.1.3 Sistema Geodésico de Referencia Vertical.- Mareas .....	17
4. RESULTADOS Y ANALISIS .....	21
4.1 La Dinámica Litoral Del Archipiélago De Jambelí .....	21
4.1.1 Generalidades Del Área De Estudio.....	21
4.1.2 Geología Regional .....	23
4.1.2.1 Observaciones y Obtención De Datos Durante El Reconocimiento Geológico .....	23
4.1.2.1.1 Sector Jambelí .....	23
4.1.2.1.2 Sector El Bravito .....	25
4.1.2.2 Análisis Del Reconocimiento Geológico .....	27
4.1.2.2.1 Funcionamiento de las playas .....	27
4.1.2.2.2 Geomorfología a Nivel del mar.....	30
4.1.3 Hidrografía.....	31
4.1.3.1 El Río Guayas.....	31
4.1.3.2 El Río Jubones.....	31
4.1.4 Morfología Costera .....	32

4.1.4.1 Análisis de la pendiente de playa.....	38
4.1.4.2 Evidencia de Retraso o Retroceso Costero.....	43
4.1.4.3 Análisis Multitemporal De La Variación De La Línea De Costa .....	44
4.1.4.3.1 Punta Jambelí.....	44
4.1.4.3.2 Línea de Costa Año 2004.....	44
4.1.4.3.3 Línea de Costa Año 2006.....	45
4.1.4.3.4 Línea de Costa Año 2009.....	47
4.1.5. Estudio Sedimentológico Del Archipiélago De Jambelí. ....	50
4.1.5.1 Marco Sedimentológico del Golfo de Guayaquil.....	50
4.1.5.2 Trabajo de Campo .....	51
4.1.5.3 Pruebas de Laboratorio.....	52
4.1.5.4 Resultados.....	52
4.1.5.4.1 Textura de los Sedimentos.....	52
4.1.5.4.2 Distribución según la Textura .....	53
4.1.5.4.2.1 Periodo 1972-1975.....	53
4.1.5.4.2.2 Periodo 2001-2005.....	54
4.1.5.4.2.3 Periodo 2006-2009.....	55
5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	56
6. CONCLUSIONES .....	58
7. RECOMENDACIONES .....	59
8. CITAS BIBLIORÁFICAS .....	62
9. GLOSARIO.....	63

## LISTA DE FIGURAS, GRÁFICOS, TABLAS, MAPAS, DIAGRAMAS

ELEMENTO	DESCRIPCION	PAG.
FOTOS 1, 2	<i>Población de Jambelí efectuando minga para llenar sacos de arena que serán colocados como barrera provisional para la protección del malecón.</i>	2
GRÁFICO No. 1	<i>Ubicación geográfica del área de estudio.</i>	4
FLUJOGRAMA 1	<i>Flugrama de Objetivos específicos.</i>	6
FLUJOGRAMA 2	<i>Flugrama de Metodología.</i>	13
GRÁFICO No. 2	<i>Perfiles de Playa en Jambelí.</i>	14
GRÁFICO No. 3	<i>Base de datos cartográfica elaborada en ArcGis 9.2.</i>	14
FOTOS 3, 4	<i>Base DGPS y Rover.- Posicionamiento de un punto de apoyo a partir de la Red Oficial, para levantamiento del área de estudio.</i>	16
FOTOS 5, 6, 7, 8	<i>Levantamiento de perfiles de playa en la zona Intermareal y detrás de la berma con la utilización del sistema DGPS en modo RTK.</i>	16
FOTOS 9, 10	<i>Levantamiento de perfiles de playa en la zona Intermareal y detrás de la berma con la utilización del sistema DGPS en modo RTK.</i>	17
GRÁFICO No. 4	<i>Curva de mareas predicha de la estación de Puerto Bolívar Prov. de El Oro (Datos obtenidos con el Software XTIDE).</i>	18
FOTOS 11, 12	<i>Marea cercana a la Sicigia (Aguaje) y su impacto en las costas de la Población de Jambelí.</i>	19
GRÁFICO No. 5	<i>Tabla de Mareas del INOCAR: Estación mareográfica de Puerto Bolívar.</i>	19
GRÁFICO No. 6	<i>Archipiélago de Jambelí.- Ubicación Geográfica.</i>	22
FOTO 13	<i>Ubicación del antiguo Faro de Jambelí.</i>	24
FOTO 14	<i>Paleosuelo en algunos sectores de la playa.</i>	24
FOTO 15	<i>Construcciones sobre la línea de pleamar.</i>	24
FOTO 16	<i>Construcción de muro provisional con sacos de rellenos de arena recogida de la misma playa.</i>	25
FOTO 17	<i>Zona de intrusión del cordón litoral en las piscinas camaroneras.</i>	25
FOTO 18	<i>Zonas con vegetación detrás de la línea de máxima pleamar (berma).</i>	26
FOTO 19	<i>Zona de arena litificada con perforaciones verticales.</i>	26
FOTO 20	<i>Playa del Balneario de Jambelí.</i>	27
FOTO 21	<i>Playa caso horizontal: (baja pendiente).</i>	27
FOTO 22	<i>Playa de pendiente media-alta con arena media fina.</i>	27
FOTO 23	<i>Playa de pendiente media-baja con arena fina limosa.</i>	27
FOTO 24	<i>Evidencia de sedimentos (arena fina) detrás del Cordón Litoral.</i>	28
FOTO 25	<i>Zonas tras del cordón cubierta con vegetación.</i>	29
FOTO 26	<i>Área litificada color beige.</i>	29
FOTO 27	<i>Paleosuelo de manglar ubicado en la parte baja de la playa.</i>	29
GRÁFICO No. 7	<i>Morfología característica de una playa.</i>	32
FOTO 28	<i>Berma .</i>	33
FOTOS 29, 30	<i>FOTOS 29 Y 30.- Berma en la parte alta de la zona Intermareal de Jambelí.</i>	33
FOTO 31	<i>Borde costero enfrentando la acción de la dinámica oceánica.</i>	34
FOTO 32	<i>Obras civiles de camaroneras en la parte norte de la Isla Jambelí, afectadas por la intrusión del mar.</i>	35
FOTOS 33, 34	<i>Obras civiles de camaroneras en la parte sur de la Isla Jambelí, afectadas por la intrusión del mar.</i>	35

<b>ELEMENTO</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>PAG.</b>
FOTOS 35, 36	<i>Presencia de Paleo Suelo en la parte norte de la Isla Jambelí.</i>	36
FOTOS 37, 38	<i>Manglar seco en la Zona Intermareal.</i>	36
FOTOS 39, 40	<i>Raíces del manglar desaparecido encontradas en la zona Intermareal al sur de Jambelí.</i>	37
FOTOS 41, 42, 43	<i>Actual Faro Jambelí inclinado y en peligro de colapsar por socavación de su base de sustentación.- Extremo norte de la Isla.</i>	37
FOTOS 44, 45	<i>Muros y obras de protección destruidos por el oleaje del mar, especialmente en las Sicigias y necesidad de protección temporal.</i>	38
FOTO 46	<i>Ingreso del mar en áreas de camaroneras al norte de Jambelí.</i>	38
FOTO 47	<i>Ingreso del mar en áreas de camaroneras al sur de Jambelí.</i>	38
GRÁFICO No. 8	<i>Ubicación de Perfiles de Playa en Jambelí.</i>	39
GRÁFICO No. 9	<i>Perfiles de la Zona Intermareal Isla Jambelí</i>	40-43
FOTO 48	<i>Fotografía de la Punta Jambelí (Norte de la Isla). Se evidencia erosión .</i>	44
GRÁFICO No. 10	<i>Imagen Satelital de la Punta Jambelí (Norte de la Isla). Se evidencia erosión.</i>	44
GRÁFICO No. 11	<i>Análisis de la línea de costa del levantamiento topográfico del año 2004.</i>	45
GRÁFICO No. 12	<i>Análisis de la línea de costa en base a la imagen satelital Ikonos.</i>	46
GRÁFICO No. 13	<i>Zona erosionada en el periodo 2004-2006.</i>	46
GRÁFICO No. 14	<i>Análisis de la línea de costa según levantamiento topográfico del año 2009. Imagen de fondo: Spot 2010.</i>	47
GRÁFICO No. 15	<i>Zona erosionada en el periodo 2006-2009.</i>	47
GRÁFICO No. 16	<i>Zona erosionada en el periodo 2006-2010.</i>	48
GRÁFICO No. 17	<i>Análisis multitemporal de la línea de costa Punta Jambelí. Proyección para el año 2012 y 2015.</i>	49
TABLA 1	<i>Retroceso de la Línea de Costa: Proyección 2012-2015.</i>	49
TABLA 2	<i>Área erosionada: 2004-2010.</i>	49
GRÁFICO No. 18	<i>Ubicación Geográfica de los sitios de muestreo de sedimentos marinos desde 1972 hasta el 2009.</i>	51
GRÁFICO No. 19	<i>Mapa de distribución de sedimentos del Archipiélago de Jambelí. Período 1972-1975.</i>	54
GRÁFICO No. 20	<i>Mapa de distribución de sedimentos del Archipiélago de Jambelí. Período 2001-2005.</i>	54
GRÁFICO No. 21	<i>Mapa de distribución de sedimentos del Archipiélago de Jambelí. Período 2006-2009.</i>	55
TABLA 3	<i>Discusión de Resultados.</i>	56
TABLA 4	<i>Evaluación de Resultados.</i>	58
FOTO 49,50,51,52	<i>Afectación de la Zona Intermareal y supramareal por la Variabilidad Costera y su afectación en la población y sus inversiones habitacionales o turísticas.</i>	61

# 1. INTRODUCCIÓN

El medio ambiente costero, en los estados de la Costa Pacífica de América del sur, es un hábitat fundamental para la economía en virtud de los nutritivos ecosistemas que sostienen recursos biodiversos y por otro lado, el recurso turístico debido a sus hermosas y cálidas playas que sustentan de manera directa la productividad y sustentabilidad de sus habitantes e indirectamente del resto de la población durante todo el año. Estos beneficios y bondades han hecho que las localidades costeras hayan sufrido un incremento significativo en las últimas décadas.

La variabilidad de las costas en nuestro país y todos los países de la Costa del Pacífico, es un fenómeno natural y dinámico que se ha convertido en una constante y creciente amenaza ocasionada por el embate de las olas del mar y de la marea, principalmente en los aguajes o mareas de sicigia, las mismas que paulatinamente han venido debilitando las barreras naturales formadas por bancos de arenas, taludes naturales, vegetación (estable hasta el momento de ser agredidas por el fenómeno) ubicados en las bermas de las referidas playas y tierra adentro.

En otro escenario paralelo, los fenómenos naturales como los Tsunamis ocasionados por la liberación de energía en las zonas y puntos de fricción entre las placas geológicas que conforman nuestro planeta, son otro factor abrasivo y determinante que aunque ocasional, tienen efectos catastróficos en las aéreas inmediatamente adyacentes expuestas al fenómeno y no menos importantes en las cotas un poco más lejanas. El último Tsunami ocurrido en el Japón es un ejemplo demasiado cruel, patético y difícil de asimilar en el presente y en el futuro sus desastrosas consecuencias.

No es ajeno para los que habitamos en los países ribereños de cara al mar, los casos alarmantes que se han difundido a través de los noticieros escritos, hablados y televisados en los que se realza la severidad de los daños causados a las viviendas, obras civiles en general y las mismas obras justamente de

protección, proyectos e inversiones turísticas y poblaciones enteras ubicadas en las zonas costeras, los mismos que continúan corriendo peligro. Estas zonas, pueden ser consideradas de alto riesgo habitacional. **FOTOS 1 Y 2.**



**FOTOS 1 Y 2.- Población de Jambelí efectuando minga para llenar sacos de arena que serán colocados como barrera provisional para la protección del malecón.**

Las Playas de la población de Jambelí, ubicadas en el archipiélago de su mismo nombre, al sur del Ecuador en el Cantón Puerto Bolívar de la Provincia de El Oro, ha sido una de las mas afectadas por las marejadas ocurridas los dos últimos años, a tal punto que las viviendas han quedado prácticamente expuestas a la acción del mar y la población dedicada a actividades turísticas ha tenido que mudarse del sitio y dedicarse a otra actividad.

La Población que se ha quedado a enfrentar las adversidades de la naturaleza, está realizando obras de protección a pulso, con materiales poco resistentes al potente efecto de la energía producida por la dinámica costera y más aún, aplicando técnicas manuales. Consecuentemente estas soluciones, son provisionales y temporales, pues con los escasos recursos no tienen para más y probablemente en el próximo embate del mar queden unos pocos elementos de resistencia debilitados y a punto de colapsar.

Actualmente no existe en el país investigaciones que faciliten los datos que se requieren para elaborar cartografía actualizada para prevención y mitigación de amenazas naturales, que aseguren la construcción de proyectos hidrocarburíferos en el futuro.

Se verificó la necesidad de adquirir y actualizar datos del lecho marino, lo cual se logra con la recolección de datos en el “Buque de Investigación B/I Orión” del

INOCAR, se dispondrá de equipos modernos y necesarios para ejecutar investigaciones en el fondo marino, a escala detallada. Para ello la Unidad de Investigación y Desarrollo Tecnológico de PETROECUADOR conjuntamente con el Instituto Oceanográfico de la Armada (INOCAR) ya tienen programado ejecutar a lo largo de las plataformas continental e insular, sucesivas “Fases de Investigación”.

Como parte de este programa de investigación y con financiamiento de la Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología (SENACYT), el INOCAR está ejecutando el proyecto: “Investigación de Fondo Oceánico para Generación de Futuros Proyectos Hidrocarburíferos y Protección de Instalaciones Críticas en las Provincias del Guayas y Santa Elena. Fase I”. En el marco de este proyecto se están llevando a cabo estudios geológicos en el sector de costa de la Isla Jambelí, con la finalidad de efectuar nuevas interpretaciones y profundizar en el conocimiento de los detalles geológicos, estructurales, sísmicos, etc., que permitan hacer una correlación con las áreas submarinas para poder deducir el tipo de riesgo que existe y que puede afectar a una determinada instalación crítica existente y/o que a futuro se puede edificar en la zona de estudio.

### **1. 1 Ubicación Del Área De Estudio**

La Isla Jambelí forma parte del Archipiélago del Archipiélago de Jambelí, el cual está conformado por 15 islas. Está ubicada al suroeste de Ecuador (sur del Golfo de Guayaquil) de jurisdicción del cantón Santa Rosa, de la Provincia de El Oro.

El Archipiélago de Jambelí ocupa el extremo sur de la costa ecuatoriana. Comprende desde la Punta Norte de la Isla Jambelí, hasta el Estero Boca de Capones; geográficamente está ubicado al sur del Golfo de Guayaquil y posee un área aproximada de 293 Km<sup>2</sup>. La longitud de la línea de costa hacia el mar es de 45,03 Km aproximadamente y posee una anchura promedio de 8 a 10 Km en su sector Sur, 4 a 5 Km en su sector Medio y 1 a 4 Km. en su sector Norte (Fig. 1). Está conformado por sedimentos recientes limo-arcillosos; esporádicamente se observan gravas y arenas. Un amplio canal separa el Archipiélago del continente,

cinco canales menores lo atraviesan perpendicularmente, conectando el canal principal y el Golfo de Guayaquil.

El Archipiélago de Jambelí en los últimos años ha presentado una fuerte erosión en algunos sectores a lo largo de la costa, lo cual ha ocasionado periódicamente la destrucción de algunas obras de infraestructura turísticas y agropecuarias, como lo describen los artículos publicados en el diario El Universo los cuales hacen mención a algunas medidas técnicas adoptadas por las autoridades y otras eventuales adoptadas por los moradores de la isla para proteger al balneario turístico de la fuerte erosión provocada por el oleaje. Estas medidas adoptadas son la colocación de geotubos y colocación de sacos de arena formando un muro de contención. Sin embargo hasta la presente fecha no existe una solución real al grave problema que afronta la isla.

El Archipiélago de Jambelí está orientado de Suroeste a Noreste, al Sur de la isla Puná, cubierto por manglar y piscinas camaroneras. Esta conformado por 15 islas: Bocas, Callejones, Chupadores, Costa Rica, De los Ojos, El Gato, Jambelí, La Plata, Pangol, Patria, Payana, Playón, Pollos, San Gregorio y Tembleque; siendo la más sobresaliente la Isla Jambelí debido a que es el principal centro turístico de la provincia de El Oro. El medio de transporte común que conecta al archipiélago con el continente son las lanchas, que parten desde Puerto Bolívar (cantón de la Prov. El Oro) y cuyo viaje dura aproximadamente 30 minutos.

### GRÁFICO No. 1



GRÁFICO No. 1.- Ubicación geográfica del área de estudio.

## **1.2 Relación Personal**

El Instituto Oceanográfico de la Armada a través del Proyecto con la CENACYT, considerando que actualmente no existe en el país investigaciones específicamente orientadas que faciliten datos requeridos para elaborar cartas oceanográficas actualizadas, indispensables para desarrollar estudios y proyectos de prevención y/o mitigación de amenazas naturales (tsunamis, sismos, marejadas, oleajes) que aseguren la estabilidad, seguridad y protección de instalaciones actuales y futuras de obras hidrocarburíferas, de ingeniería costera, y poblaciones ribereñas en general.

El presente proyecto de investigación planteado, puede considerárselo de interés nacional, porque siendo una investigación nueva y práctica, a corto plazo permitirá solucionar deficiencias de información que actualmente existen, garantizando desarrollar de manera segura y adecuada y con conocimientos científicos actualizados, proyectos de infraestructura petrolera, proyectos para prevención y protección contra amenazas y fenómenos naturales en zonas costeras de alta vulnerabilidad.

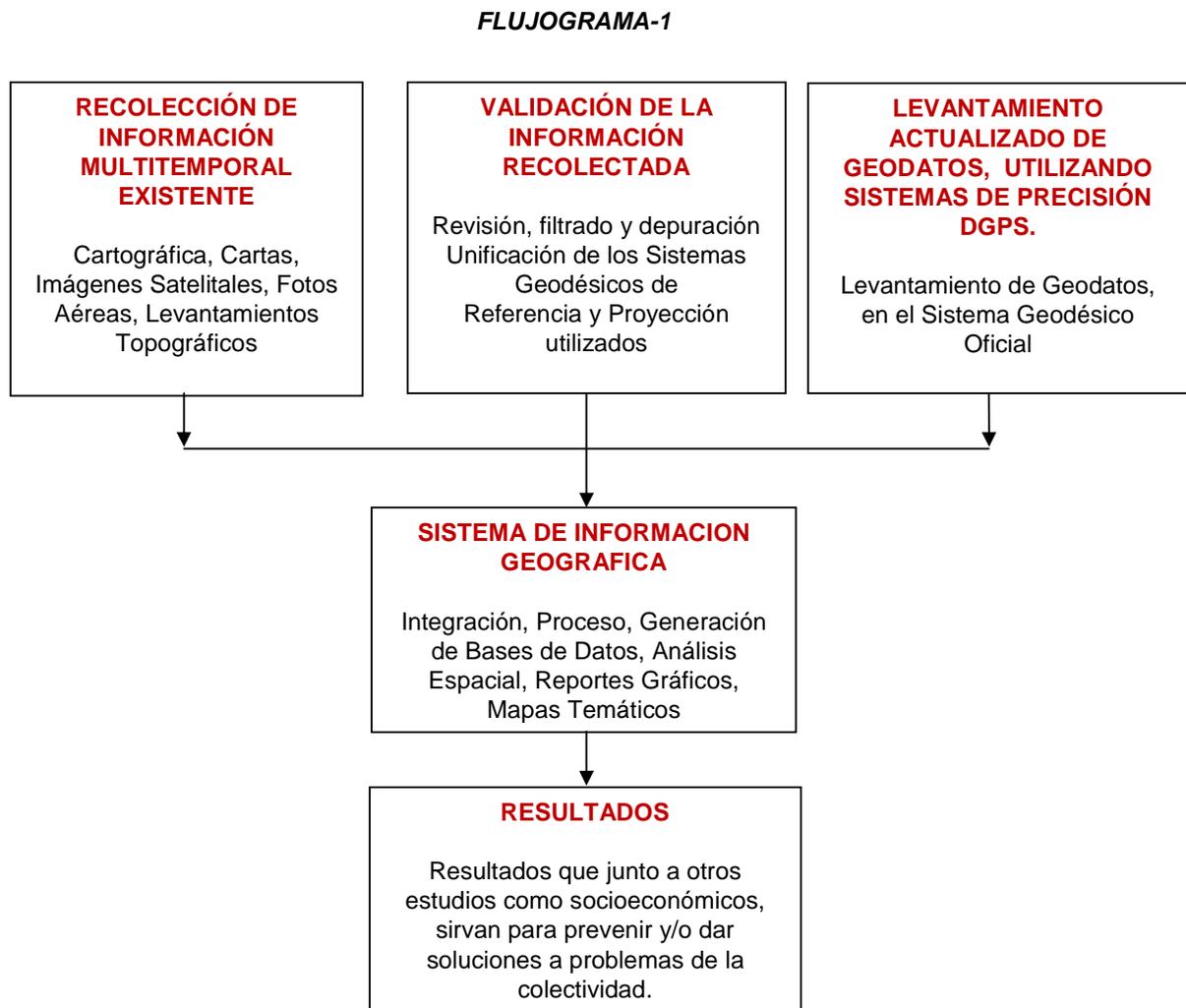
El proyecto en su primera fase, involucra las provincias de Guayas, el Oro y Santa Elena y se emplearán disciplinas multitemáticas en Ciencias de la Tierra y Oceanografía en el área de Geología Marina, Sismo-Tectónica, Oceanografía y Riesgos entre otros.

## **1.3 Objetivos Generales**

Efectuar nuevas interpretaciones morfo estructurales, integrando las áreas continentales con las submarinas adyacentes, en base a los elementos de paleo-relieve, paleo-drenaje y otros medios de interpretación, para definir y conocer el fondo marino para construcción de obras civiles para el desarrollo de infraestructura hidrocarburífera y de su adecuada protección.

Conocer a través de los SIG, las herramientas, técnicas de modelado, modelos de datos, utilizados para el análisis de la variabilidad costera.

#### 1.4 Objetivos Específicos



Utilización de tecnología de campo actual como los Sistemas de Posicionamiento Global Diferencial (DGPS) para la obtención de geodatos precisos.

A través del empleo de los SIG para efectuar el análisis espacial y estimar los riesgos para la población por efectos de la variabilidad costera.

Ver y analizar la correlación y aplicabilidad de modelos de datos y procedimientos similares con fenómenos y datos parecidos y posibles aplicaciones en el Ecuador.

Investigar la morfología costera y submarina del lecho marino, para profundizar en el conocimiento de todos los detalles geológicos, tectónico-sísmicos, en el área de interés.

Analizar el comportamiento de estructuras y fallas geológicas integrando las áreas continentales con las submarinas adyacentes, para poder deducir el tipo de riesgo crítico que amenaza y que puede afectar a poblaciones costeras y determinadas instalaciones existentes y/o que a futuro se puede edificar en la zona de estudio.

Finalmente ofrecer resultados que sirvan de insumo juntos con información científica adicional para el aporte de soluciones a la problemática costera planteada.

## **2. REVISIÓN DE LITERATURA**

Existe en la Web abundante literatura de interés relacionada en términos generales con el tema, sin embargo se han seleccionado las más específicas que puedan aportar con ideas más concretas y definidas.

### **Remote Sensing And Gis Techniques For Monitoring The Coastal Environmenal Changes: A Case Study In Tuticorin Coast, India.**

Este es un estudio realizado en los arrecifes cercanos a la costa de Tuticorin que es una parte del Golfo de Manar en la India. La mencionada costa, está formada por 4 islas pequeñas ubicadas a una distancia promedio de 4 km. de la costa. Las islas están formadas por arrecifes de coral muerto y restos calcáreos (conchas y caparazones de moluscos de la zona).

El estudio fue desarrollado, enfocándolo desde 5 puntos de vistas diferentes:

1. Interpretación de datos multitemporales de teledetección para el mapeo de los cambios del ecosistema, los corales, y arrecifes.
2. Interpretación de datos cartográficos multitemporales para detección del cambio costero y cobertura terrestre.
3. Interpretación de datos multitemporales cartográficos de la geomorfología costera.
4. Interpretación y análisis de datos multitemporales cartográficos de los cambios en línea de costa.
5. Interpretación de los datos de batimetría multitemporales para ver el cambio del fondo marino.

### **Gis Applications In Coastal Management**

Este es un trabajo que enfatiza el uso de los SIG como una herramienta muy útil para estudiar la variabilidad costera y comprender sus procesos dinámicos

analizados en una porción de tiempo y establecer el grado de vulnerabilidad y la probabilidad de amenazas en zonas específicas. La Gestión a través de los SIG, provee a los tomadores de decisiones, las herramientas necesarias para proteger a las comunidades y gestionar eficazmente los recursos costeros.

El trabajo presenta un resumen de una variedad de aplicaciones de los SIG en diferentes áreas relacionadas con la gestión costera y sirven como ejemplos para ilustrar la naturaleza integradora, capacidad, y la importancia de los sistemas de información geográfica.

### **A Gis Tool For Analysis And Interpretation Of Coastal Erosion Model Outputs (Scapegis).**

En este trabajo, se presenta una herramienta (SCAPEGIS) para simular la erosión de la plataforma y el retiro de los pies del talud.

Este modelo tiene la de proporcionar la visualización y análisis de los resultados explorando la variación del nivel del mar desde diferentes escenarios con la integración de las olas del clima y las opciones de protección disponible. Las salidas están disponibles en forma de mapas y visualización dinámica, y las estadísticos descriptivos de los parámetros claves como el pie del acantilado y la posición del mismo. También permite el análisis con otros conjuntos de datos como el uso de la tierra y la ubicación de edificaciones para la evaluación del impacto, y por lo tanto apoya la gestión del litoral y acantilados para la planificación del uso del suelo. Se presentan algunos resultados preliminares y las ideas para un mayor desarrollo.

El trabajo concluye que la probable magnitud de la erosión costera en las próximas décadas es de gran preocupación a los científicos, los políticos y el público en general, especialmente con la expectativa de una aceleración en el nivel del mar (SLR). En el Reino Unido, el riesgo de inundaciones fluviales y costeras ahora razonablemente bien definidas a escala nacional y regional. Por el

contrario, a gran escala de modelos de los cambios la morfología costera sigue siendo un reto importante a pesar de los últimos. Los estudios se ocupan de este fenómeno y sus factores determinantes de una manera más realista manera. En el Reino Unido, la certeza de que el riesgo de erosión presente y el futuro es mucho menor que el riesgo de inundaciones pero el análisis más detallado de los riesgos y las respuestas se ve obstaculizado por el conocimiento limitado del tamaño y la ubicación de las zonas en peligro de la erosión y la gestión del cambio de la línea de costa y los diferentes escenarios.

### **Louisiana Coastal Zone Erosion: 100+ Years Of Landuse And Land Loss Using GIS And Remote Sensing.**

Desde 1950, la costa de Louisiana, una zona que se extiende desde Nueva Orleans hasta lago Charles ubicado inmediatamente al sur del Canal Intracostero, ha estado experimentando el cambio y aumento de la pérdida de tierra y cubierta vegetal (vegetación). El propósito de este estudio es explorar el impacto que los principales usos del suelo, la producción de petróleo y gas ha tenido en la historia desaparición de miles de acres de tierra. En concreto, las técnicas de SIG se utilizan para establecer un vínculo entre la producción de petróleo y de gas y la pérdida de tierras de los humedales de Luisiana. Además, en el curso de este estudio se demostró cómo el petróleo y el gas producción en los humedales ha disminuido sistemáticamente el flujo de agua dulce sobre la superficie de la tierra, lo que genera una condición de muerte regresiva de la vegetación, que con el tiempo, ha estimulado la erosión de la tierra a lo largo de la costa de Luisiana. Cuando la vegetación de agua dulce es expuesta a la prolongado intrusión de agua salada, muere, dejando la tierra vulnerable a la erosión. El estudio examina una hipótesis en el contexto de la pérdida de la tierra y el cambio de la vegetación a lo largo de la costa de Luisiana. Es decir, debido a las compañías de petróleo y gas y la necesidad de construir una infraestructura en las zonas húmedas para acceder a estos recursos, miles de canales han sido excavados a través de la costa de Luisiana a través de un proceso llamado canalización. Este último es necesario para crear

caminos o vías de agua, a través de los humedales para pasar los equipos de perforación y a los lugares donde existentes potenciales depósitos de petróleo y gas.

### **La Acelerada Erosión De La Playa Del Balneario De Jambelí (Varios Métodos Para Su Regeneración).**

En vista de que la Playa de Jambelí fue afectada por la erosión durante un aguaje, el Alcalde la Ciudad de Santa rosa, solicitó al INOCAR la participación de su personal técnico para efectuar un reconocimiento en ese sector, a fin de evaluar los daños ocasionados, determinar las posibles causas e indicar las medidas que pudieran tomarse para minimizar el efecto de dicho proceso natural; además, señalar que metodología se podría aplicar para la regeneración de la mencionada playa.

### **Comparación De La Tasa Anual De Transporte De Sedimentos De Playa En La Isla De Jambelí, Utilizando Formulación Sugerida Por Varios Autores.**

En el presente trabajo se realiza una comparación de las metodologías propuestas por varios autores para el cálculo de la tasa de transporte de sedimentos en la zona de playa. Se seleccionaron las fórmulas más utilizadas, considerando la de CERC, que tuvo sus inicios en 1947 hasta formulaciones adaptadas en los años 90. Debido a la disponibilidad de información en la Zona de Jambelí, se seleccionó este lugar para adaptar la formulación. Una vez determinados los valores con los cuatro métodos propuestos, se establecieron las diferencias y aproximaciones de los valores obtenidos.

### **Informe Técnico Del Estado De La Dinámica Litoral De La Isla Jambelí**

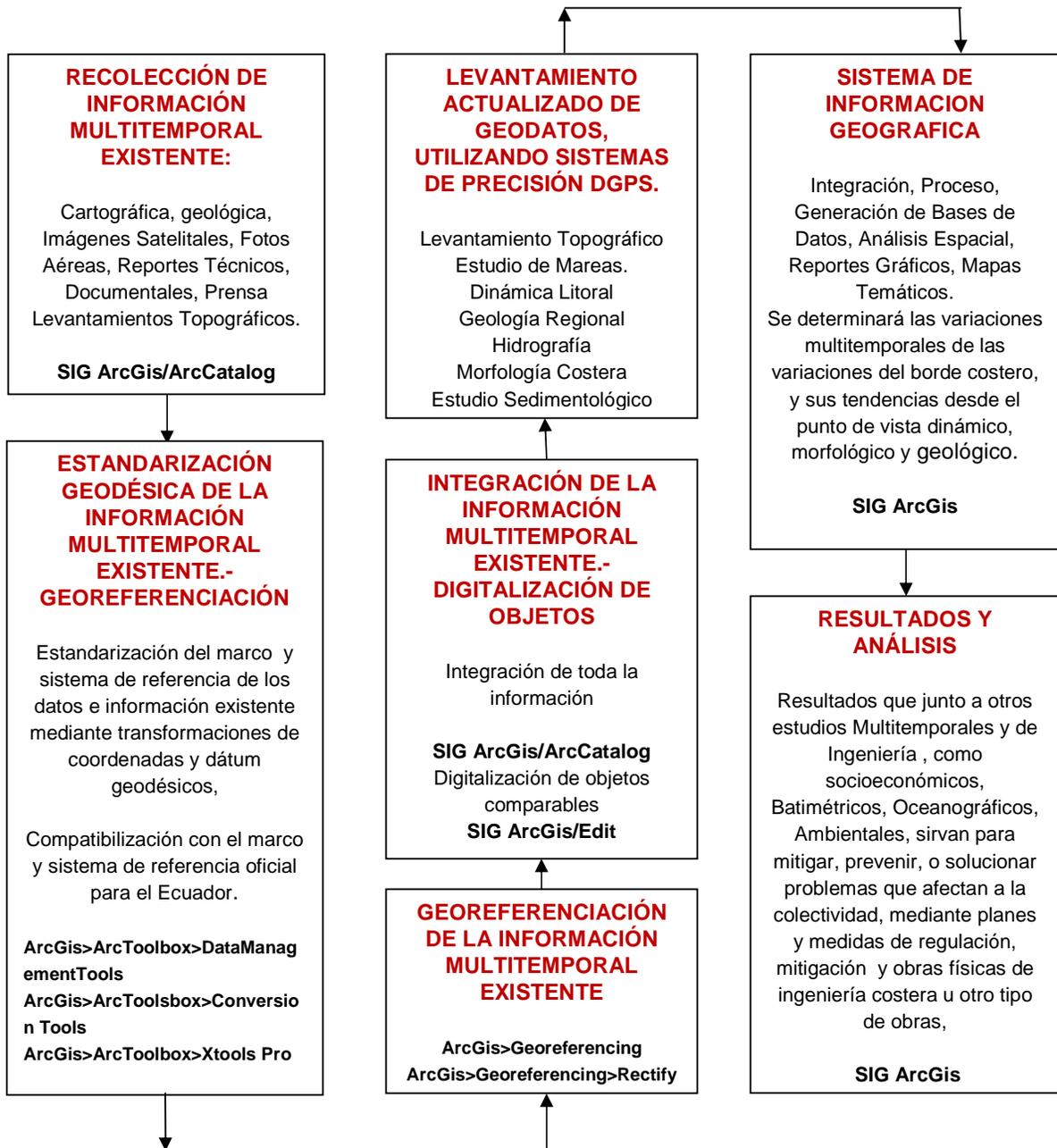
La Unidad de Investigación y Desarrollo Tecnológico de PETROECUADOR conjuntamente con el Instituto Oceanográfico de la Armada (INOCAR) y con financiamiento de la Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología (SENACYT),

está ejecutando el Proyecto: “Investigación de Fondo Oceánico para Generación de Futuros Proyectos Hidrocarburíferos y Protección de Instalaciones Críticas en las Provincias del Guayas y Santa Elena. Fase I”, el cual contempla dentro de sus actividades un reconocimiento geológico costero de los sectores de Jambelí, Posorja y Puná, que permita investigar la morfología submarina del lecho marino y profundizar en el conocimiento de todos los detalles geológicos y tectónico-sísmicos, en dichas áreas.

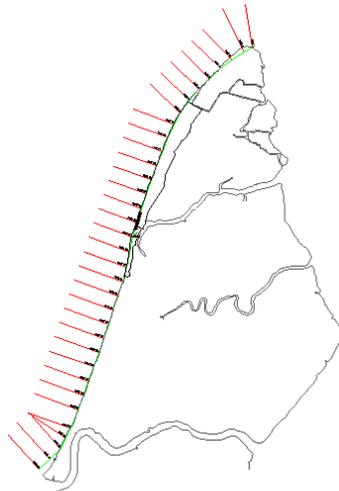
El proyecto abarca una descripción de la morfología costera del Archipiélago de Jambelí, basada en observaciones realizadas en el año 2009, donde se tomaron datos geológicos y se hicieron levantamientos topográficos de línea de costa y perfiles de playa. También incluye un análisis de los sedimentos en el área de estudio, en base a análisis de muestras tomadas desde 1972 al 2009; y por último un análisis multitemporal de la variación de la línea de costa desde el año 2004 al 2009, utilizando líneas de costa levantadas topográficamente y líneas de costa delimitadas de imágenes satelitales.

### 3. METODOLOGÍA

#### FLUJOGRAMA-2



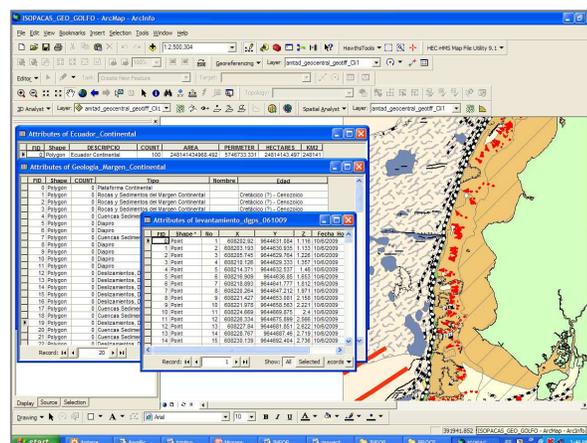
En términos generales, recolectar información multitemporal existente y mediante caminamientos multitemporales con sistema de posicionamiento diferencial de precisión (DGPS) efectuar el levantamiento de perfiles con un espaciamento medio de 500 metros, determinar la topografía de la zona Intermareal y establecer los cambios espaciales; documentar desde el punto de vista geotécnico, la composición litográfica y geológica de la mencionada zona. **GRÁFICO No. 2**



**GRÁFICO No. 2.-** *Perfiles de Playa en Jambelí.*

Recopilación, sistematización y análisis de la información existente del sector de Jambelí en el Centro de Investigaciones Geológicas de PETROPRODUCCIÓN (Guayaquil), el Instituto Oceanográfico de la Armada (INOCAR) y otras fuentes institucionales y/o particulares.

Mediante la utilización del SIG Arc View 9.2 y Arc Info, integrar toda la información y elaborar una base de datos documental y cartográfica; elaboración de mapas temáticos y reportes de las investigación. **GRÁFICO No. 3.**



**GRÁFICO No. 3.-** *Base de datos cartográfica elaborada en ArcGIS 9.2.*

Mediante observación directa en el área de estudio, efectuar el reconocimiento geológico costero.

Recolección de muestras de arena, limo y en general todo tipo de material litográfico y evidencias geológicas en la zona de de playa Intermareal y detrás de la berma así como del fondo marino para Análisis sedimentológico.

Identificación de núcleos y muestras para generación del mapa de sedimento superficial.

### **3.1 Levantamiento Geodésico De Los Perfiles De Playa En La Zona Intemareal**

Mediante la utilización de un sistema DGPS Trimble R6, en modo RTK se efectuó el levantamiento de la Zona Intermareal descrita.

#### **3.1.1 Sistema Geodésico de Referencia Horizontal**

Se utilizó el Sistema Geodésico Oficial para la Cartografía Nacional del Instituto Geográfico Militar, materializado mediante vértices la Red GPS Nacional Sirgas monumentados en todo el territorio Nacional para estos fines. Esta Red Oficial que forma parte del Proyecto Sirgas (Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas), está ajustada y referida a la Época de referencia 1995.4 y el marco geodésico de referencia, es el ITRF 94 (International Terrestrial Referencial Frame, determinado en 1994).

#### **3.1.2 Sistema de Posicionamiento Geodésico**

El Sistema utilizado para el posicionamiento fue un TRIMBLE R6 doble frecuencia **(FOTOS 3 Y 4)** que está equipado para trabajar con las dos constelaciones satelitales actuales simultáneamente (GPS-Americano + GLONASS-Ruso). Frecuencias L1, L2 y L2e para posicionamiento preciso (Precisión Horizontal en modo cinemático (post proceso o RTK) +/- 10mm + 1ppm, Vertical +/-20mm + 1ppm; Precisión Horizontal en modo estático y estático rápido +/- 5mm + 0.5ppm, Vertical +/-5mm + 1ppm). DGPS continuo en tiempo real RTK con un alcance

hasta 40 Km y posicionamiento en modo estático post proceso (superior a los 200KM).



**FOTOS 3 Y 4.- Base DGPS y Rover.- Posicionamiento de un punto de apoyo a partir de la Red Oficial, para levantamiento del área de estudio.**

Como se ha indicado, el sistema DGPS utilizado tiene un alcance teórico de 40 Km. en condiciones óptimas y en línea de vista debido a que el enlace y transmisión-recepción de datos entre la base DGPS y el Rover se efectúa mediante el potente sistema de radio incorporado en el mismo, sin embargo el trabajo de posicionamiento se ve obstaculizado por la vegetación y condiciones atmosféricas adversas, lo que afecta significativamente el alcance efectivo del equipo, por esta razón se posicionaron nuevos puntos en el área del proyecto para cubrir de manera efectiva el levantamiento. **FOTOS 5, 6, 7, 8, 9 Y 10.**



**FOTOS 5, 6, 7, 8.- Levantamiento de perfiles de playa en la zona Intermareal y detrás de la berma con la utilización del sistema DGPS en modo RTK.**



**FOTOS 9 y 10.- Levantamiento de perfiles de playa en la zona Intermareal y detrás de la berma con la utilización del sistema DGPS en modo RTK.**

### **3.1.3 Sistema Geodésico de Referencia Vertical.- Mareas**

Se Utilizó el MLWS (Mean Low Water Spring) o promedio de bajamares de sicigia para la referenciación vertical de los geodatos determinados.

El plano de referencia vertical crítico, y por lo tanto el más significativo para el análisis y diseño de obras portuarias y marítimas, es el MLWS.

El nivel del mar, fluctúa entre valores máximos y mínimos, variable entre uno y otro. Esta variación se debe a la Ley de la Gravitación Universal, la misma que se manifiesta como una fuerza producto de la atracción que los cuerpos celestes ejercen entre sí y cuyo valor es directamente proporcional a la masa de los cuerpos que se están atrayendo e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que los separa (Ley de la Atracción Universal o Primera Ley de Newton).

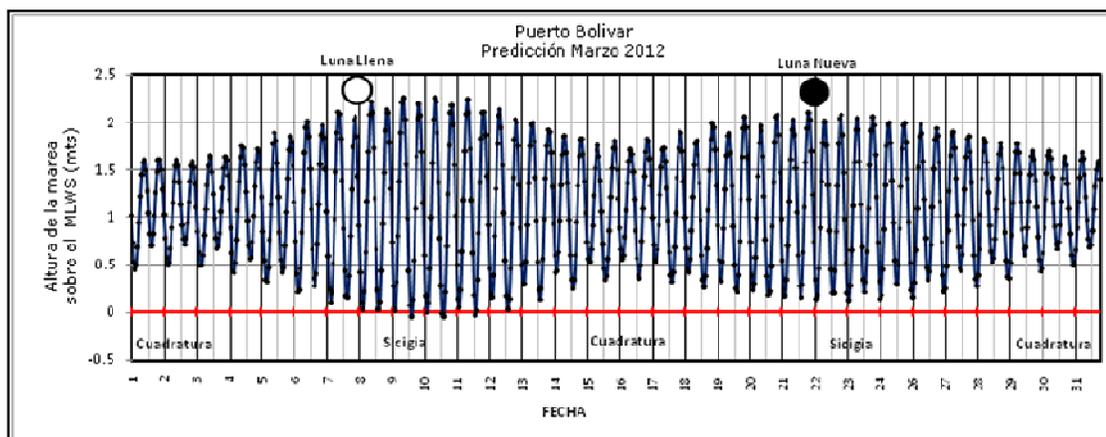
Dicho esto, Las fuerzas más representativas o dicho de otra forma los cuerpos celestes que participan o se relacionan con nuestro planeta tierra en mayor grado son en orden de influencia, La Luna y El Sol. Marte, Júpiter y los demás planetas lo hacen con mínima afectación por su distancia a pesar de tener grandes masas respecto a la de La Tierra y La Luna. Estas fuerzas se manifiestan sobre las masas líquidas, principalmente la de los mares y océanos. La rotación de la luna alrededor de La Tierra, a su vez la de La tierra y su satélite La Luna alrededor del Sol, provocan diferentes posiciones entre si y consecuentemente la distancia que

los separa, lo que se traduce en mayor o menor atracción y en consecuencia la variabilidad del nivel del mar.

Si tomamos lecturas del nivel del mar cada hora por ejemplo, y hacemos una gráfica en un Sistema Cartesiano bidimensional, con estas lecturas el eje Y y el tiempo en el eje X, vamos a tener una gráfica semejante a la de la función SENO o COSENO, con periodos y amplitudes variables entre valores máximos y mínimos consecutivos

Cuando el sistema Tierra Luna y Sol se alinean y la Luna y El Sol están en el mismo lado, entonces se producen las mayores atracciones sobre las masas líquidas, entonces es cuando se producen los denominados agujajes o Mareas de Sicigia. Esto ocurre dos veces en el mes y tenemos las mayores pleas y las menores bajas es decir las **Pleamares y Bajamares de Sicigia**, que se producen luego (2 días) del paso de la Luna por el meridiano del Lugar y tienen una duración de 2 o 3 días, Las pleamares y bajamares que se producen fuera de los periodos de Agujajes, se las denomina **Mareas de Cuadratura**.

Si en un periodo de observación de mareas (mínimo un mes), tomamos solamente las Bajamares de Sicigia, y sacamos un promedio, obtenemos el MLWS (Mean Low Water Spring). **GRÁFICO No. 4**



**GRÁFICO No. 4.-** Curva de mareas predicha de la estación de Puerto Bolívar Prov. de El Oro (Datos obtenidos con el Software XTIDE)

Como se puede observar en el **GRÁFICO No. 4, y FOTOS 11 y 12**, las máximas alturas de mareas que se producen dos veces al mes, son las que en mayor magnitud afectan a las obras, estructuras y viviendas del margen costero, es decir cercanas, sobre la playa y zona Intermareal.



**FOTOS 11 y 12.- Marea cercana a la Sicigia (Aguaje) y su impacto en las costas de la Población de Jambelí**

<b>Puerto</b>	<b>Día</b>	<b>Mes</b>	<b>Año</b>	
Puerto Bolívar	13	Diciembre	2009	<b>Ver</b>

PUERTO BOLIVAR					
12/12/2009 Sábado		13/12/2009 Domingo		14/12/2009 Lunes	
Hora hh:mm	Altura Metros	Hora hh:mm	Altura Metros	Hora hh:mm	Altura Metros
01:02	2.66 P	02:02	2.64 P	02:56	2.65 P
07:13	0.54 B	08:09	0.44 B	08:59	0.35 B
13:54	2.54 P	14:53	2.63 P	15:45	2.73 P
19:38	0.84 B	20:39	0.80 B	21:31	0.73 B

**GRÁFICO No. 5.- Tabla de Mareas del INOCAR: Estación mareográfica de Puerto Bolívar**

De acuerdo con el **GRÁFICO No. 5**, la máxima pleamar del 13 de Diciembre de 2009, estuvo a las 14h53. Las fotos 11 y 12, fueron tomadas entre las 12h18 y las 12h19 pm., significa que aún faltan 2h35 para la pleamar, es decir que el nivel del mar le falta por subir aproximadamente 1 metro al observado en las citadas fotografías. Por otra parte el aguaje para el mes de Diciembre del 2009 fue entre el 18 y el 19 de dicho mes, esto significa que la actividad del mar es mucho mas

intensa y destructiva que la observada en dicha fotografías, por lo tanto la afectación de la dinámica oceno-atmósfera, es aún mayor que la observada en las **FOTOS 11 Y12**, consecuentemente el riesgo y variabilidad costeros, son muy significativos.

## **4. RESULTADOS Y ANALISIS**

### **4.1 La Dinámica Litoral Del Archipiélago De Jambelí**

#### **4.1.1 Generalidades Del Área De Estudio**

El análisis de la morfología costera del Archipiélago de Jambelí, está basado en observaciones realizadas en el año 2009, donde se tomaron datos geológicos e hicieron levantamientos topográficos de línea de costa y perfiles de playa en la zona Intermareal y detrás de la Berma. También incluye un análisis de los sedimentos en el área de estudio, en base a análisis de muestras tomadas desde 1972 al 2009; y por último un análisis multitemporal de la variación de la línea de costa desde el año 2004 al 2009, utilizando líneas de costa levantadas topográficamente y líneas de costa delimitadas de imágenes satelitales, mediante la utilización del SIG ArcGis 9.2.

El Archipiélago de Jambelí en los últimos años ha presentado una fuerte erosión en algunos sectores, principalmente a lo largo de la costa expuesta al mar, lo cual ha ocasionado periódicamente la destrucción de algunas obras de infraestructura turísticas y agropecuarias, como lo describen los artículos publicados en el diario El Universo los cuales hacen mención a algunas medidas técnicas adoptadas por las autoridades y otras eventuales adoptadas por los moradores de la isla para proteger al balneario turístico de la fuerte erosión provocada por el oleaje. Estas medidas adoptadas son la colocación de geotubos y colocación de sacos de arena formando un muro de contención con características temporales y provisionales. Sin embargo hasta la presente fecha no existe una solución real y definitiva al grave problema que afronta la isla.

Este análisis no tiene la finalidad de presentar soluciones específicas, pues para ello se requieren estudios adicionales de Ingeniería marítima. Lo que si se pretende es que sea un aporte científico-técnico que proporcione información sobre la dinámica y morfología costera en el área de estudio, para que sirva de

base para los estudios y diseño de proyectos y obras civiles de prevención, mitigación y protección de los efectos de esta amenaza natural y un aporte para la toma de decisiones inmediatas y en el futuro.

El análisis de la información histórica de la costa junto con la información actual generada, permitirá delimitar zonas costeras que han sido afectadas por procesos de erosión (pérdida de territorio) o de sedimentación (ganancia de terreno), y a la vez permitirá realizar una proyección en el tiempo de los probables cambios que se darán a futuro, salvo fenómenos catastróficos o de origen externo a los presente análisis.

El área de estudio comprende desde la Punta Norte de la Isla Jambelí, hasta el Estero Boca de Capones. Geográficamente el ADJ está ubicado al sur del Golfo de Guayaquil y posee un área aproximada de 293 Km<sup>2</sup>. La longitud de la línea de costa hacia el mar es de 45,03 Km. aproximadamente, y posee una anchura promedio de 8 a 10 Km. aproximadamente, y posee una anchura promedio de 8 a 10 Km en su sector Sur, 4 a 5 Km en su sector Medio y 1 a 4 Km en su sector Norte.

El Archipiélago de Jambelí está orientado de Suroeste a Noreste, al Sur de la isla Puná, cubierto por manglar y piscinas camaroneras. Está conformado por 15 islas: Bocas, Callejones, Chupadores, Costa Rica, De los Ojos, El Gato, Jambelí, La Plata, Pongal, Patria, Payana, Playón, Pollos, San Gregorio y Tembleque;



**GRÁFICO No. 6.- Archipiélago de Jambelí.- Ubicación Geográfica**

siendo la más sobresaliente la Isla Jambelí debido a que es el principal centro turístico de la provincia de El Oro. El medio de transporte común que conecta al archipiélago con el continente son las lanchas, que parten desde Puerto Bolívar (cantón de la Prov. El Oro) y cuyo viaje dura aproximadamente 30 minutos.

#### **GRÁFICO 6.**

#### **4.1.2 Geología Regional**

El área de estudio está emplazada en una de las cuencas de antearco del Ecuador “El Graben de Jambelí”. Esta cuenca fue descrita por Faucher y Savoyat (1973), cuya interpretación fue luego actualizada por Benítez (1995), está limitada por fallas de desplazamiento de rumbo que pueden generar esfuerzos de transtensión o transpresión, dando origen en el primero de los casos a subsidencia y depositación de grandes paquetes de sedimentos y el segundo provocando la formación de altos estructurales.

En la región predominan dos sistemas de fallas NE-SO y NO-SE, siendo la falla Guayaquil la más relevante por haber sido postulada como límite de placa (Case et al, 1971; Campbell, 1974) y cuyo movimiento transcurrente dextral de dirección NE-SO forma una amplia zona de deformación conocida como Graben Jambelí.

#### **4.1.2.1 Observaciones y Obtención De Datos Durante El Reconocimiento Geológico**

El reconocimiento costero se realizó en línea de costa de algunos sectores del Archipiélago: Jambelí, Payana, Bravito y Pongal, donde existe una dinámica costera alta, típico de estas islas debido a su génesis y edad.

#### **4.1.2.1.1 Sector Jambelí**

El reconocimiento geológico a lo largo de la playa, permitió notar algunos aspectos del comportamiento geomorfológico y dinámica costera, así como tomar algunos datos de interés, tales como:

En el sector del faro, se da un proceso de erosión causado por el avance del mar lo que provoca un retroceso del manglar. **FOTO 13**



**FOTO 13.- Ubicación del antiguo Faro de Jambelí**

Presencia de paleosuelo con depósitos de conchas e intercalaciones de suelo y arena. **FOTO 14.**



**FOTO 14.- Paleosuelo en algunos sectores de la playa**

Presencia de obras (construcciones, muros, y otros tipos de protecciones) a lo largo del cordón litoral. **FOTO 15.**



**FOTO 15.- Construcciones sobre la línea de pleamar.**

Construcción de un muro de contención (sacos rellenos con arena de otro sector de la playa), para protección de la playa. **FOTO 16**



**FOTO 16.- Construcción de muro provisional con sacos de rellenos de arena recogida de la misma playa.**

El sedimento actual depositado en la zona del cordón litoral, esta rellendo algunas piscinas de camaroneras antiguas, que debieron ser abandonadas debido a este proceso, estas piscinas abiertas por la erosión están siendo colonizadas por un nuevo manglar. **FOTO 17**



**FOTO 17.- Zona de intrusión del cordón litoral en las piscinas camaroneras.**

#### 4.1.2.1.2 Sector El Bravito

En este sector se observa una zona de playa con un suave cordón litoral, poco desarrollado y con baja acción de las olas.

Entre el Estero El Bravito y Punta Payana, las áreas tras- cordón están cubiertas por vegetación o manglares y palizada de arrastre (Foto 16), lo que marca la poca agresividad de las olas. **FOTO 18**



**FOTO 18.- Zonas con vegetación detrás de la línea de máxima pleamar (berma).**

Entre el Estero El Bravito y el Estero Del Horno se observa la presencia de una capa de arena litificada de color beige con perforaciones verticales (Foto 17), que sugiere un antiguo paleosuelo de manglar. El cual es muy diferente litológicamente a los paleo-suelos de manglares mencionados anteriormente.

**FOTO 19**



**FOTO 19.- Zona de arena litificada con perforaciones verticales**

#### 4.1.2.2 Análisis Del Reconocimiento Geológico

##### 4.1.2.2.1 Funcionamiento de las playas

Las playas presentan morfologías relativamente similares. La playa alta alcanza una pendiente de 5 a 6 grados, pero no está siempre bien marcada, excepto en la parte noreste donde se ubica el Balneario de Jambelí. **FOTOS 20 Y 21**



**FOTO 20.-** Playa del Balneario de Jambelí.



**FOTO 21.-** Playa caso horizontal: (baja pendiente).

En la mayoría de los casos se observa una playa alta y media con pendiente de 3 a 4 grados, que se extiende hasta un ángulo con la playa baja prácticamente horizontal. **FOTOS 22 Y 23**



**FOTO 22.-** Playa de pendiente media-alta con arena media fina.



**FOTO 23.-** Playa de pendiente media-baja con arena fina limosa

En la parte central, desde el Estero El Bravito hasta Punta Payana, la playa alta está constituida de arena media a fina (**Foto 22**), la playa media de arena fina lodosa (**Foto 23**), y la playa baja de una planicie de limo. **FOTO 24**



**FOTO 24.- Evidencia de sedimentos (arena fina) detrás del Cordón Litoral**

La invasión de sedimentos atrás del cordón ha sido observada solamente en los extremos norte y sur de las costas, es decir en el sector del Balneario de Jambelí, y en el suroeste en la costa de la isla Payana cerca de la Boca de Capones.

En la costa sur, el cordón litoral invade una piscina cuyo borde ya ha sido destruido.

Se observa que la arena gruesa con fragmentos de concha desborda el tope del borde del cordón de hasta 40 m hacia la piscina. Generalmente la invasión de sedimentos atrás del cordón es poco importante, incluido en la zona del Balneario de Jambelí en relación con los últimos aguajes.

En muchos sectores de costa, particularmente en las partes centrales, entre el Estero El Bravito y Punta Payana, las áreas tras- cordón están cubiertas por vegetación o manglares, lo que marca la poca agresividad de las olas si se compara con otros sectores de la costa ecuatoriana. **FOTO 25**



**FOTO 25.- Zonas tras del cordón cubierta con vegetación**

Si el funcionamiento de la costa se hace de manera normal, el cordón se mueve un poco hacia el interior; sin embargo, dos casos extremos pueden alterar este esquema: **FOTOS 26 Y 27**



**FOTO 26.- Área litificada color beige**



**FOTO 27.- Paleosuelo de manglar ubicado en la parte baja de la playa**

La destrucción de una piscina ubicada al borde del mar que amplía bruscamente la playa media varias decenas de metros, impidiendo la formación de un cordón litoral, por ejemplo en el borde oeste de Punta Jambelí.

Cuando el cordón litoral es imposibilitado de moverse por la presencia de diferentes obras (construcciones, muros de sacos de arena, y otros tipos de protecciones), este no es alimentado por sedimentos en su parte alta y tras-cordón; además en su parte baja, la reflexión más fuerte de las olas impide la

reconstrucción de la playa alta y media, es decir la pendiente de la playa, después de un aguaje o tempestad.

Este tipo de situación parece ocurrir en el Balneario de Jambelí.

#### **4.1.2.2.2 Geomorfología a Nivel del mar**

La geomorfología del margen litoral de Jambelí no muestra una variación en términos relativos del nivel del mar o de la tierra, es decir que no se observan zonas con manglares más hundidos con respecto a otros, o islas con morfologías más salientes que otras. Sin embargo, se ha observado entre el Estero El Bravito y el Estero Del Horno la presencia de una capa de arena litificada de color beige con perforaciones verticales, que sugiere un antiguo paleo-suelo de manglar. El cual es muy diferente litológicamente a los paleo-suelos de manglares mencionados anteriormente.

Este paleo-suelo litificado se ubica a nivel de la playa alta, mientras que todos los paleo-suelos de manglares subactuales en relación con la erosión costera, están ubicados en la playa media o baja, a un nivel equivalente a los manglares actuales en relación con el nivel del mar.

Existe un paleo-suelo de manglar subactual cerca de este afloramiento litificado, que se ubica 1,5 a 2 m más abajo en la playa.

Dos hipótesis pueden ser formuladas respecto al nivel del paleo-suelo litificado:

1. Se trata de una litificación de tipo beach rock de sedimentos de arena por encima del paleo-suelo subactual.
2. Se trata de un testigo de un nivel de manglar más alto cuando la transgresión post-glacial llegó a su máximo hace 6500 años.

### **4.1.3 Hidrografía**

Los ríos Guayas y Jubones son las principales cuencas de drenaje, y su importancia radica en su caudal y extensión. Estos ríos descienden abruptamente desde los Andes y drenan una zona de alta pluviosidad, por lo que a veces constituyen destructivos torrentes (Benítez, 1975).

#### **4.1.3.1 El Río Guayas**

La cuenca del Guayas con un área de 32.400 Km<sup>2</sup>, constituye el sistema fluvial más importante, no solo del Golfo de Guayaquil, sino de toda la vertiente occidental de la cordillera de los Andes. El río Guayas propiamente dicho, tiene una orientación norte-sur, una longitud de 50 Km. y una anchura comprendida entre 1,5 y 3 Km., excepto frente a la ciudad de Guayaquil, donde se divide en dos ramales que bordean la Isla Santay. Está conformado por seis subcuencas que se alimentan de los afluentes provenientes de la vertiente oriental de la Cordillera Chongón-Colonche, y de la Cordillera Occidental de los Andes (Benítez, 1975).

#### **4.1.3.2 El Río Jubones**

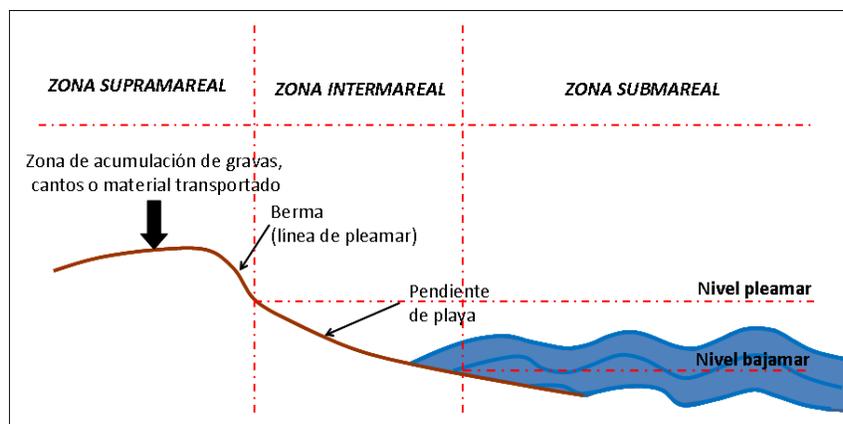
El Río Jubones corre a través de una longitud de 3.000 Km<sup>2</sup> de superficie, escalonado entre 0 y 4.000 m. de altura, y con una orientación este-oeste. Su régimen hidráulico está regido por las dos estaciones del año: seca y húmeda con grandes diferencias en el caudal.

La vegetación poco densa y el substrato rocoso no favorecen la retención de las aguas de lluvia, lo que explica en parte el aumento acelerado del cauce en tiempos de lluvia, y la fuerte carga de sedimentos en suspensión del río en su curso inferior (Martillo, 2002).

#### 4.1.4 Morfología Costera

Si se analiza el perfil costanero del área de estudio y sectores adyacentes, se determina que es una costa irregular, la misma que se extiende desde Posorja hasta la frontera con Perú, pasando por un sinnúmero de islas que se encuentran en la desembocadura del río Guayas. Estas costas irregulares están relacionadas con sistemas fluviales muy importantes como son: el Río Guayas, el Naranjal y el Jubones, lo cual se traduce en un aporte continuo de sedimentos, lo que determina una notable inestabilidad de la línea de costa. También se la puede catalogar de tipo E, según la clasificación de Ottman (1967), es decir, aquellas costas bajas en general, cuya línea costera se formó por procesos deltaico-estuarinos, entre las cuales están los llanos de marea y los manglares, siendo los primeros extensas planicies que solo se aprecian en bajamar. Los manglares son costas sin playas donde predomina una exuberante vegetación, constituida por varias especies de manglares que viven prácticamente sobre el agua salobre (Benites, 1975).

La Berma es el cambio de pendiente o terraplén, generalmente bien marcado, que señala la línea de pleamar normal. Está formado por la acumulación lineal de las gravas, cantos u otros diversos materiales transportados por el agua que se sitúan en lo alto de la playa, justamente en el límite de la marea alta, motivado por la acción constructiva de las olas. **GRÁFICO No. 7.**



**GRÁFICO No. 7.- Morfología característica de una playa**

El Archipiélago de Jambelí es una barra constituida por una acumulación de sedimentos que forma parte del Graben de Jambelí, el cual actúa como una cuenca desde el Mioceno Inferior y tiene como morfología actual el canal de Jambelí que contiene un paquete sedimentario que alcanza los 12 Km. de espesor en su punto máximo. Actualmente recibe los aportes del río Guayas y el río Jubones (LRG, 1987; Benítez, 1995; Martillo, 2002).

En una playa típica se distinguen tres perfiles: La Berma, la superficie de playa y la barra.



FOTO 28.- Berma

La Berma (**FOTOS No. 28, 29 y 30**) es el cambio de pendiente que se observa en la parte alta y seca de la zona Intermareal de la playa, generalmente está bien definido por el inicio de vegetación baja, la acumulación de material y objetos flotantes como palizadas, desechos y recipientes plásticos que son transportados por las corrientes, el viento y las olas. La Berma señala la línea de máxima pleamar.



FOTOS 29 Y 30.- Berma en la parte alta de la zona Intermareal de Jambelí

La costa hacia el mar del sistema de islas y manglares del Archipiélago de Jambelí es baja, sin ningún relieve significativo sobre el nivel alto de la berma. Está dominada por la influencia moderada de las olas, lo que es evidenciado por la construcción de una playa de arena casi continua (excepto donde está cortada por las salidas de esteros), con una playa alta marcada por una berma generalmente poco desarrollada en unos casos o destruida por la dinámica del mar en otros.

La energía de las olas (**FOTO 31**) es el principal controlador del desarrollo y de los cambios producidos en las playas. En las playas con alta energía la acción de las olas es fuerte, mientras que en las playas con baja energía la acción de las olas es de menor intensidad.



**FOTO 31.- Borde costero enfrentando la acción de la dinámica oceánica**

En El Archipiélago de Jambelí, en las zonas de alta energía, producto de la dinámica de las olas, no se observan franjas de manglares, debido a que este último tipo de ambiente necesita otras características físicas a las observadas en este sitio de estudio.

No se observa un litoral de manglar directamente hacia el mar, salvo en la zona central frente a la isla Patria, donde el manglar está invadido por la arena del cordón litoral, y obras civiles de las camaroneras como muros y piscinas, lo que hace que esté alejado del borde costero. En la parte norte y sur de la isla, en pequeños tramos, el manglar tiene presencia escasa cerca de la playa pero está siendo destruido por el oleaje del mar.

Casi todos los sectores de costa observados, *presentan en cierto grado indicios directos o indirectos de erosión costera*, es decir de una pérdida del material de la berma ocasionando un ingreso de la línea de costa hacia el interior de la isla, evidenciados por los siguientes aspectos:

1. Reemplazo de la barrera natural que constituye el manglar por zonas pobladas y por piscinas camaroneras con sus respectivos muros, rompiendo de esta forma el equilibrio natural, permitiendo el ingreso del mar tierra adentro, especialmente en las zonas más bajas y de mayor dinamismo marino.
2. Inundación de zonas habitadas, (camaroneras, obras civiles y muelles).

**FOTOS 32, 33,34.**



**FOTO 32.- Obras civiles de camaroneras en la parte norte de la Isla Jambelí, afectadas por la intrusión del mar**



**FOTO 33 Y 34.- Obras civiles de camaroneras en la parte sur de la Isla Jambelí, afectadas por la intrusión del mar.**

3. Presencia de paleosuelo. **FOTOS 35 y 36**



**FOTOS 35 y 36.- Presencia de Paleo Suelo en la parte norte de la Isla Jambelí**

4. Restos de lo que fue zona de abundante manglar. Actualmente aún quedan algunos árboles de mangle, secos y enraizados en la zona Intermareal. **FOTOS 37 y 38.**



**FOTOS 37 Y 38.- Manglar seco en la Zona Intermareal**

5. Presencia de raíces de mangle en la Zona Intermareal. **FOTOS 39 y 40**



**FOTOS 39 Y 40.- Raíces del manglar desaparecido encontradas en la zona Intermareal al sur de Jambelí**

6. Aproximación paulatina del mar a estructuras de ayudas a la navegación que fueron construidas a prudente distancia de la orilla. **FOTOS 41, 42, y 43**



**FOTOS 41, 42 Y 43.- Actual Faro Jambelí inclinado y en peligro de colapsar por socavación de su base de sustentación.- Extremo norte de la Isla.**

7. Destrucción de obras de protección provisional para los muros de las camaroneras adyacentes al mar. **FOTOS 44 y 45.**



**FOTOS 44 Y 45.- Muros y obras de protección destruidos por el oleaje del mar, especialmente en las Sicigias y necesidad de protección temporal**

9. Arena del mar depositada en áreas de camaroneras. **FOTOS 46 y 47**



**FOTO 46.- Ingreso del mar en áreas de camaroneras al norte de Jambelí.**



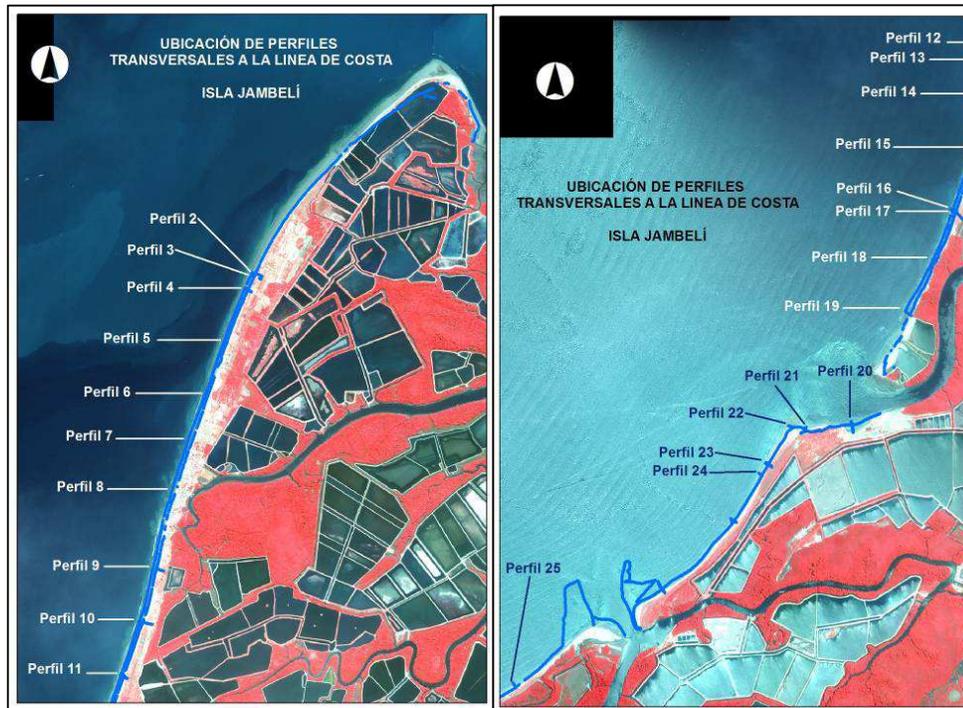
**FOTO 47.- Ingreso del mar en áreas de camaroneras al sur de Jambelí**

#### 4.1.4.1 Análisis de la pendiente de playa

Las playas presentan una configuración topográfica vertical relativamente similar. La parte alta de la playa alcanza una pendiente de 5 a 6 grados, pero no está siempre bien marcada, excepto en la parte central noreste donde se ubica el Balneario de Jambelí.

En la mayoría de los casos se observa una playa alta y media con pendiente de 3 a 4 grados, que se extiende hasta un ángulo con la playa baja prácticamente horizontal.

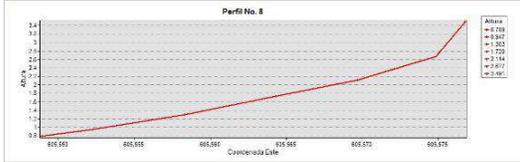
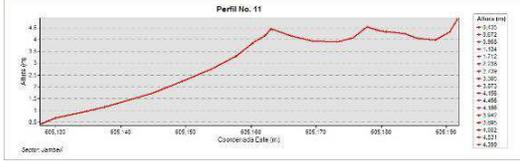
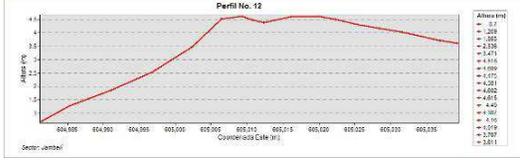
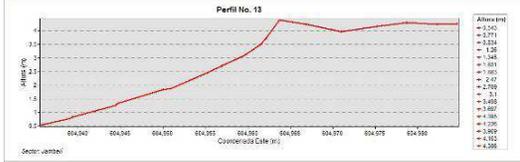
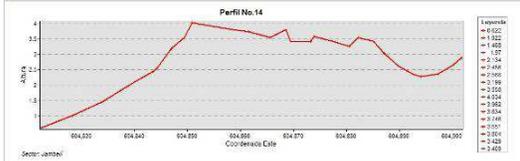
Se realizaron perfiles perpendiculares a la línea de costa, levantados con DGPS diferencial, con la finalidad de medir la pendiente de la playa. **GRÁFICO No. 8**



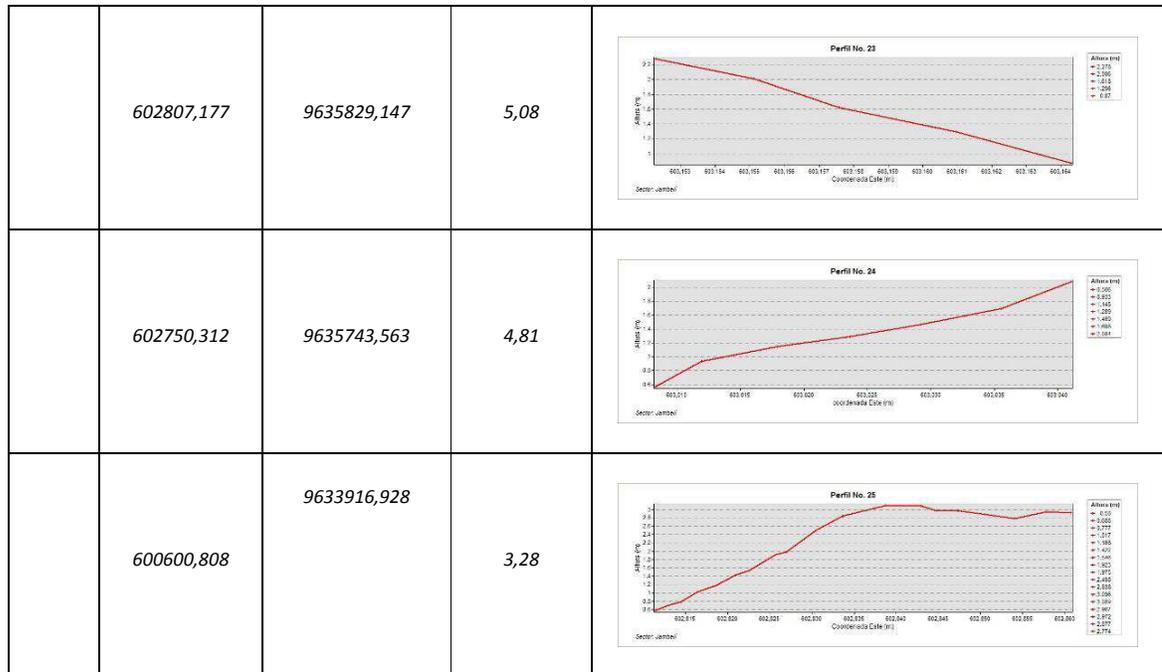
**GRÁFICO No. 8.- Ubicación de Perfiles de Playa en Jambelí**

Una vez determinadas las cotas y coordenadas de los puntos que conforman cada uno de los perfiles, en ArcGis se procedió a determinar la pendiente de los mismos en la zona Intermareal. **GRAFICO No. 9**

Perfil No.	Punto Inicial del Perfil COORDENADAS UTM WGS 84, Zona 17 sur		Pendiente (Grados)	OBSERVACIONES
	ESTE	NORTE		
	606273,895	9643491,542	3,17	
	606268,365	9643461,862	4,16	
	606221,648	9643346,569	3,79	<p><b>Cabañas ubicadas en el cordón litoral</b></p>
	606035,738	9642885,662	4,16	
	605869,036	9642410,073	5,61	<p><b>Zona poblada de Jambeli</b></p>
	605692,172	9641921,493	6,21	

	605548,894	9641480,894	5,53	 <p><b>Zona de construcción de un muro de contención con sacos de arena y llantas</b></p>
	605292,847	9640439,267	4,78	 <p><b>Erosión evidente</b></p>
	605127,826	9639968,101	5,58	
	604981,399	9639500,181	6,86	
	604935,688	9639354,442	6,33	
	604822,361	9639044,047	5,38	





**GRÁFICO No. 9.- Perfiles de la zona Intermareal Isla Jambelí**

La invasión de sedimentos atrás del cordón (detrás de la berma) ha sido observada solamente en los extremos norte y sur de las costas, es decir en el sector del Balneario de Jambelí, y en el suroeste en la costa de la isla Payana cerca de la Boca de Capones.

#### 4.1.4.2 Evidencia de Retraso o Retroceso Costero

En la isla Jambelí predominan los procesos de erosión, siendo el oleaje y los cambios en el nivel de mar los causantes de este problema, de tal forma que eventos anómalos, tales como El Niño o tormentas tropicales del Pacífico, ocasionan severos daños en pocas horas o días.

Se ha evidenciado el proceso de erosión en algunos sectores del Archipiélago, especialmente en la Punta Norte de la Isla Jambelí, donde se encuentra el Faro Jambelí. **FOTO 48, GRÁFICO No. 10**



**FOTO 48.- Fotografía de la Punta Jambelí (Norte de la Isla).  
Se evidencia erosión**



**GRÁFICO No. 10.- Imagen Satelital de la  
Punta Jambelí (Norte de la Isla). Se  
evidencia erosión.**

#### **4.1.4.3 Análisis Multitemporal De La Variación De La Línea De Costa**

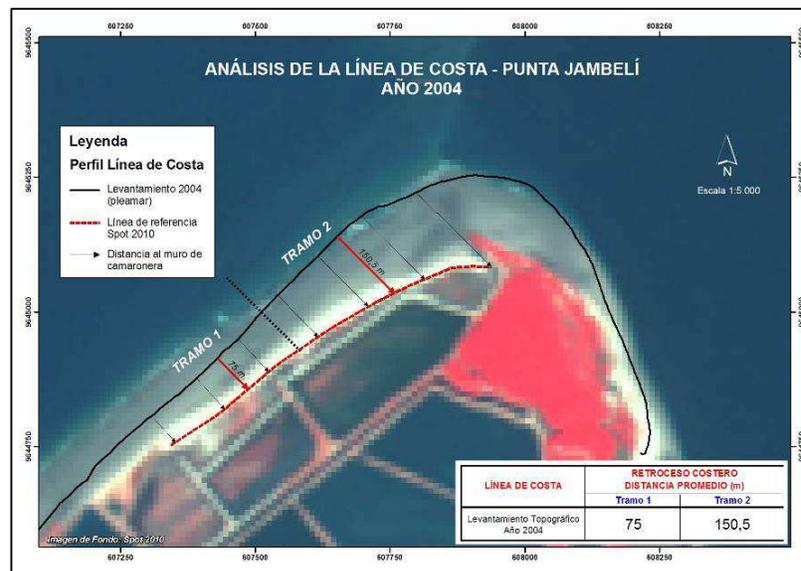
##### **4.1.4.3.1 Punta Jambelí**

Para la delimitación de la línea de costa se utilizaron como base dos imágenes satelitales: *Ikonos* y *Spot*, tomadas el 28-03-2006 a las 16h02 y el 14-01-2010 a las 15h41 respectivamente. También se utilizaron los datos de levantamientos topográficos realizados en los años 2004 y 2009. Con toda esta información se pueden analizar la variación de cuatro líneas de costa del año 2004, 2006, 2009 y 2010, siendo esta última la línea base desde donde se realizaron las mediciones para los otros años.

##### **4.1.4.3.2 Línea de Costa Año 2004**

Se utilizó como línea base la línea de costa marcada en la imagen satelital *Spot 2010*, como referencia para la medición de la distancia promedio de las líneas de costa, por tratarse de la línea más actual para elaboración de este análisis.

La comparación con el levantamiento topográfico de la línea de costa del año 2004, determinó que la traza de la línea pleamar (alta marea) en el primer tramo 1 se ubica a un promedio de 75 metros con respecto a la línea de referencia Spot 2010, mientras que en el tramo 2 la línea de pleamar se ubica a un promedio de 150,5 metros de la línea de referencia. **GRÁFICO No. 11.**

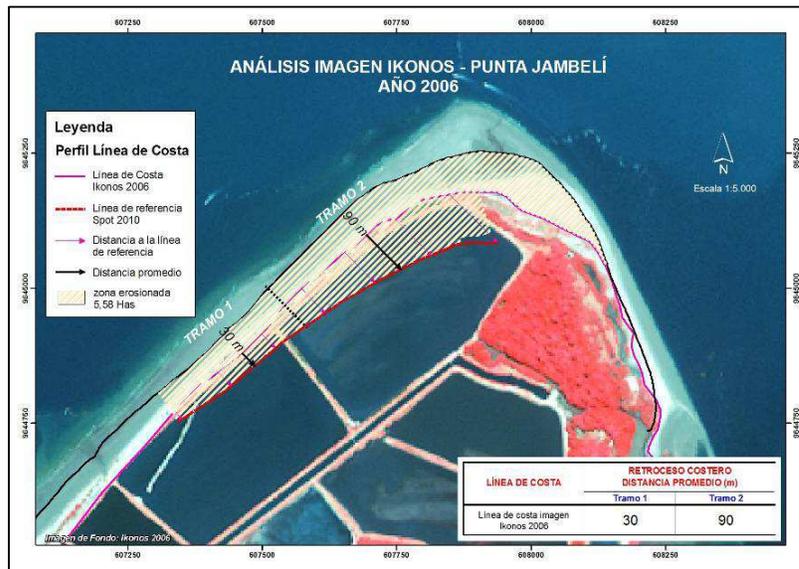


**GRÁFICO No. 11.- Análisis de la línea de costa del levantamiento topográfico del año 2004,**

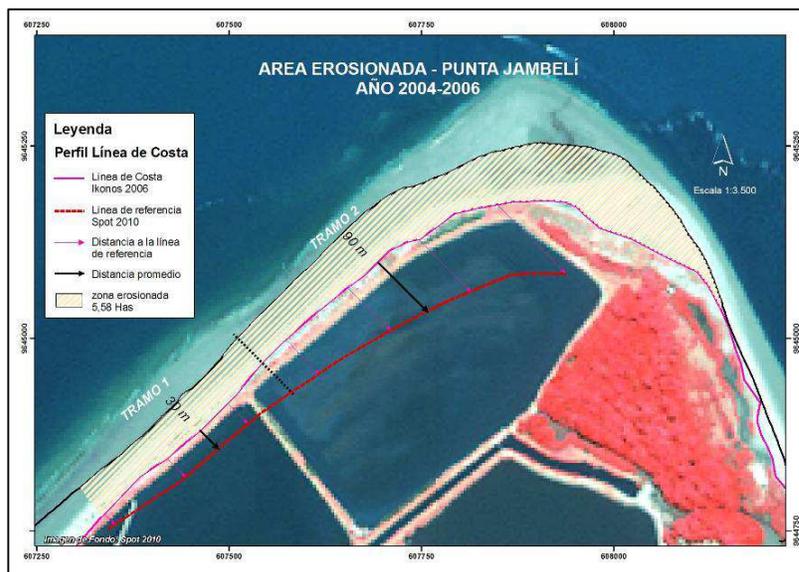
#### 4.1.4.3.3 Línea de Costa Año 2006

El análisis con el levantamiento topográfico de la línea de costa del año 2004, determinó que la traza de la línea pleamar (alta marea) en el primer tramo 1 se ubica a un promedio de 30 metros con respecto a la línea de referencia, mientras que en el tramo 2 la línea de pleamar se ubica a una distancia promedio de 90 metros de la línea de referencia. **GRÁFICO No. 12.**

El área erosionada desde el año 2004 al año 2006 es de aproximadamente 5,58 hectáreas, tomando en consideración para la medición, toda la línea de costa delimitada en el año 2006. **GRÁFICO No. 13.**



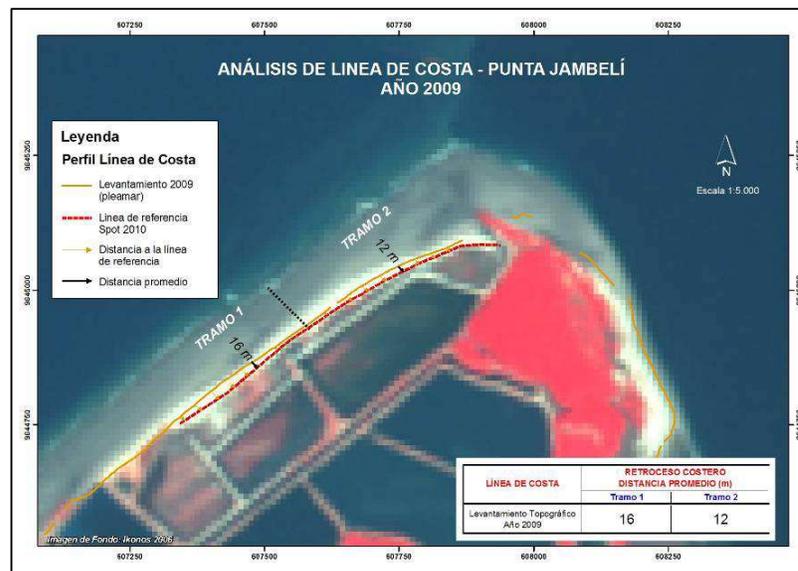
**GRÁFICO No. 12.- Análisis de la línea de costa en base a la imagen satelital Ikonos**



**GRÁFICO No. 13.- Zona erosionada en el periodo 2004-2006**

#### 4.1.4.3.4 Línea de Costa Año 2009

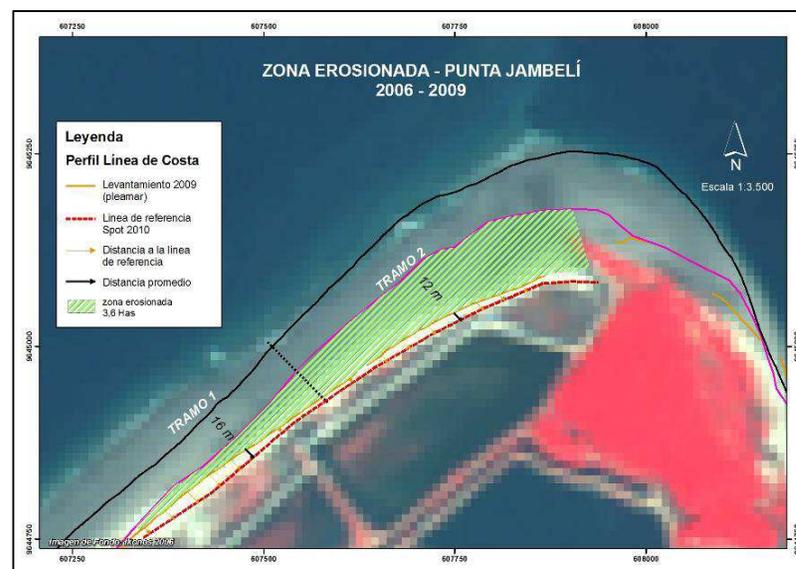
El análisis con el levantamiento topográfico de la línea de costa del año 2009, determinó que la traza de la línea pleamar (alta marea) en el primer tramo 1 se ubica a un promedio de 16 metros con respecto a la línea de referencia, mientras que en el tramo 2 la línea de pleamar se ubica a un promedio de 12 metros de la línea de referencia. **GRÁFICO No. 14.**



**GRÁFICO No. 14.- Análisis de la línea de costa según levantamiento topográfico del año 2009. Imagen de fondo: Spot 2010**

El área erosionada en el periodo del año 2006 al 2009 es 3,6 hectáreas.

#### GRÁFICO No. 15



**GRÁFICO No. 15.- Zona erosionada en el periodo 2006-2009**

El área erosionada en el periodo del año 2009 al 2010 es 0,6 hectáreas.

### GRÁFICO No. 16

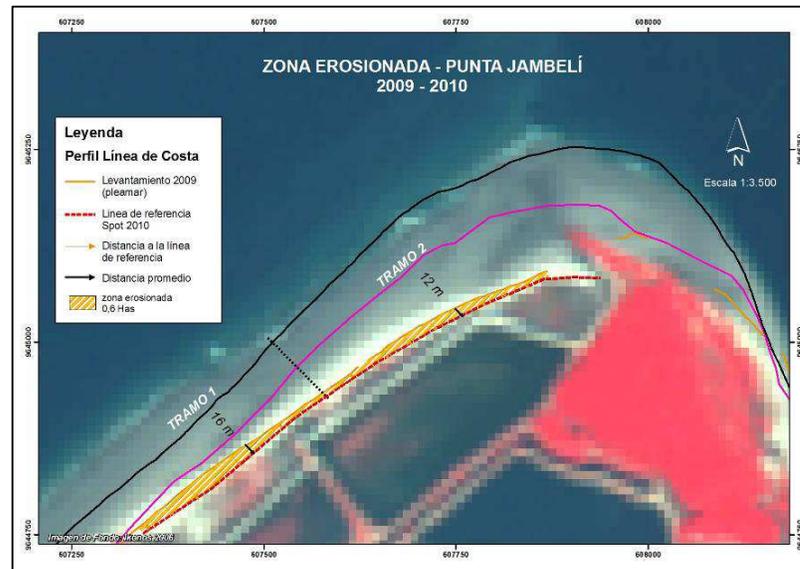


GRÁFICO No. 16.- Zona erosionada en el periodo 2006-2010

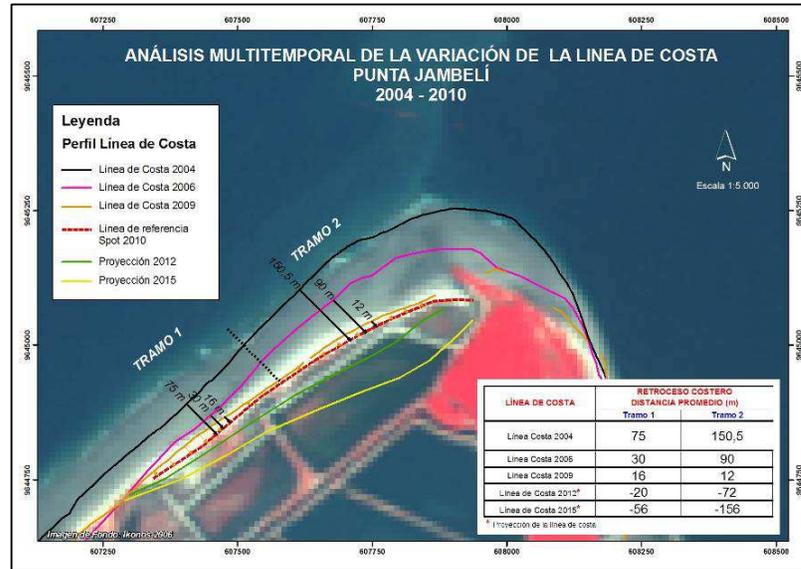
En total desde el año 2004 hasta el año 2009 se ha erosionado en la Punta de Jambelí un área de 9,78 hectáreas, un aproximado de 1,96 Ha/año.

El análisis de la Variación de la línea de costa, se realizó con la ayuda del software ArcGis 9.3.1, mediante una superposición de las líneas de costa en pleamar correspondientes a los años 2004, 2006 y 2009 (Fig. 13), tomando como referencia la línea de costa marcada en la imagen satelital Spot 2010.

Se puede notar un retroceso de la línea de costa desde el año 2004 hasta el 2009, con un promedio de erosión de 12 m/año en el Tramo 1, medido desde la línea de pleamar hasta la línea de referencia de la imagen Spot 2010, mientras que en el Tramo 2 el retroceso es mayor con un promedio de 28m/año.

Según los datos obtenidos, la proyección del retroceso de la línea de costa para el año 2012 en el *Tramo 1* será de 20 metros sobrepasando la línea de referencia Spot 2010. Para el año 2015 el retroceso será de 56 metros sobrepasando la línea de referencia.

En el Tramo 2 para el año 2015 el mar avanzará sobrepasando el límite de referencia 72 metros y el año 2015 sobrepasará a la línea de referencia en 156 metros. **GRÁFICO No. 17**



**GRÁFICO No. 17.- Análisis multitemporal de la línea de costa Punta Jambelí. Proyección para el año 2012 y 2015**

En los **TABLAS 1 y 2**, se resume lo mencionado:

LÍNEA DE COSTA		RETROCESO COSTERO: Distancia Promedio	
ACTUAL	PROYECCIÓN	Tramo-1	Tramo-2
Año 2004		75m	151m
Año 2006		30m	90m
Año 2009		16m	12m
	Año 2012	-20m	-72m
	Año 2015	-56m	-156m

**TABLA No. 1.- Retroceso de la Línea de Costa: Proyección 2012-2015**

PERÍODO		ÁREA EROSIONADA: (Has.)
2004	2006	5.58
2006	2009	3.60
2009	2010	0.60
<b>2004</b>	<b>2010</b>	<b>9.78</b>

**TABLA No. 2.- Área erosionada: 2004-2010**

En la Punta Jambelí se evidencia un proceso de erosión acelerado, el cual ha sido comprobado con los datos geológicos tomados y observados en campo.

#### **4.1.5. Estudio Sedimentológico Del Archipiélago De Jambelí.**

##### **4.1.5.1 Marco Sedimentológico del Golfo de Guayaquil.**

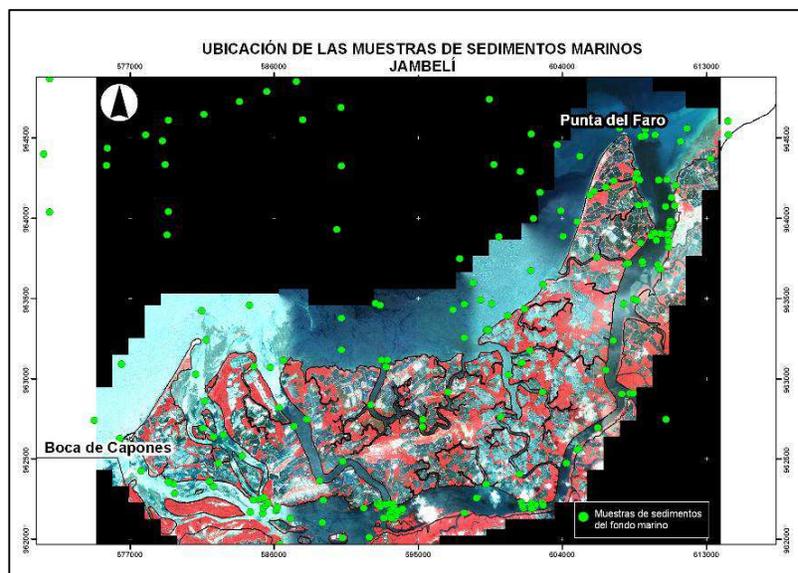
El contexto sedimentológico del Archipiélago de Jambelí corresponde al Golfo de Guayaquil, como se presenta a continuación.

Deniaud identificó cuatro mega-secuencias marcadas como M1 hasta M4, desde el Mioceno hasta el actual: M1 en el Mioceno inferior, M2 en el Mioceno inferior a medio, M3 en el Mioceno medio a superior, y M4 en el Plio-Cuaternario hasta el actual. La Cuenca De Progreso termina de rellenarse al final de la mega-secuencia M3, y la mega-secuencia M4 marca la etapa de abertura del Golfo de Guayaquil. Sin embargo, los pocos datos estratigráficos anteriores a la secuencia M4 en el piso marino del Golfo de Guayaquil hace difícil de precisar la historia ante-Pliocena del Golfo. La mega-secuencia M4 que registro la etapa de abertura principal del Golfo de Guayaquil se compone de las formaciones Puná y Tablazos, y de los depósitos del Holoceno-Pleistoceno del Golfo de Guayaquil.

La Formación Puná constituye la parte más potente de los sedimentos encontrados en pozos del Golfo de Guayaquil. Está compuesta de arcillas gris-olivo, poco compactadas con yeso fino, de lutitas arcillosas de color marrón-amarillo a veces calcáreas, de areniscas finas de color marrón poco compactadas, de conglomerados guijarrosos, y de raras lumaquelas. En base a estudios bioestratigráficos (Benítez, 1995; Ordóñez, 1994; Deniaud et al., 1999; Deniaud, 2000) proponen una edad Plio-Pleistoceno, con dos miembros estratigráficos: Puná Inferior de edad Plioceno compuesta de areniscas y arcillas de color gris verdoso, y Puná Superior de edad Pleistoceno inferior compuesta de los dos miembros Placer y Lechuza. El miembro Placer, es el más antiguo y aflora en el NE de Puná. Está compuesta por areniscas de color marrón con intercalaciones finas de arcillas y lutitas, niveles de canales conglomeráticos guijarrosos y capas poco potentes de arenisca con moluscos tipo lumaquelas. El miembro Lechuza, el más joven, aflora en la Cordillera Zambapala al sur de Isla

Puná. Se compone de areniscas poco compactadas con niveles de lumaquelas y de conglomerados guijarrosos.

En su síntesis Deckelman (2008) considera que la historia sedimentaria del Golfo de Guayaquil empieza en el Oligoceno, por la presencia de los sedimentos encontrados en continuidad por debajo de los niveles fechados del Mioceno temprano. La interpretación de una sección sísmica N-S entre la zona de falla Posorja al norte y la sub-cuenca Esperanza al sur muestra que los depósitos pre-Miocenos son más importantes al sur. **GRÁFICO 18**



**GRÁFICO No. 18.- Ubicación Geográfica de los sitios de muestreo de sedimentos marinos desde 1972 hasta el 2009**

Para el análisis de muestras, se consideraron un total de 251 muestras de sedimentos superficiales de fondo, recolectadas en el INOCAR para los diferentes proyectos de investigación, desde el año 1972 hasta el año 2009. Este archivo fue proporcionado por el laboratorio de Geología Marina del INOCAR.

#### 4.1.5.2 Trabajo de Campo

El trabajo de campo consistió en un muestreo sistemático de sedimentos del fondo desde el año 1972 al año 2009, utilizando una draga modelo Van Veen y buzos, en el canal de Jambelí, en el estero Santa Rosa y estero Capones, con el fin de cubrir tanto las zonas cercanas a la costa, así como la parte central del

canal, en algunos casos a través de perfiles transversales. Para el posicionamiento de las estaciones de muestreo se utilizó el sistema GPS y datum PSAD 56 y WGS 84.

#### **4.1.5.3 Pruebas de Laboratorio**

Las muestras tomadas en el periodo 1972 – 2008 fueron analizadas en el laboratorio siguiendo la metodología convencional (pesado – secado – tamizado – clasificación Wenworth); mientras que las muestras tomadas en el periodo 2009 fueron analizadas en el granulómetro láser y para la clasificación de las muestras se consideró el criterio utilizado en el laboratorio de Geología Marina del INOCAR.

Para muestras con contenido de Grava, Arena, Arcilla o Limo:

75% = Nombre

50 – 75% = Nombre + adjetivo

25 – 50% = Adjetivo

<25% (no se menciona)

#### **4.1.5.4 Resultados**

##### **4.1.5.4.1 Textura de los Sedimentos**

El concepto de textura se refiere al tamaño de los granos que conforman el sedimento y a la proporción con la que ciertos tipos determinados de tamaño intervienen en el mismo. El conocimiento preciso de la textura de un sedimento se obtiene mediante el análisis granulométrico.

Las partículas de un sedimento marino pueden ser de tamaños muy variados, por lo que en la práctica es imposible determinar el tamaño de cada grano individual; lo que se hace es determinar la cantidad de material en determinados grupos de tamaño definido.

Los sedimentos en general contienen partículas del tamaño de las gravas, arena, limo y arcilla en proporciones variables. Muchos autores han establecido clasificaciones y nomenclaturas según la proporción en que los distintos tamaños intervienen en un sedimento.

#### **4.1.5.4.2 Distribución según la Textura**

La textura de un sedimento depende de muchos factores, ya que sus componentes son de orígenes muy variados, y como consecuencia de esto, de tamaños muy diferentes. Varias de estas fracciones pudieron haber sido transportadas, por lo que su tamaño dependerá de su tamaño inicial y de los efectos del transporte.

Los resultados han sido analizados considerando periodos de tiempo, con la finalidad de resaltar los cambios sedimentológicos. A continuación se describe el resultado por cada periodo:

##### **4.1.5.4.2.1 Periodo 1972-1975**

En este periodo se analizaron 64 muestras de sedimentos del fondo marino.

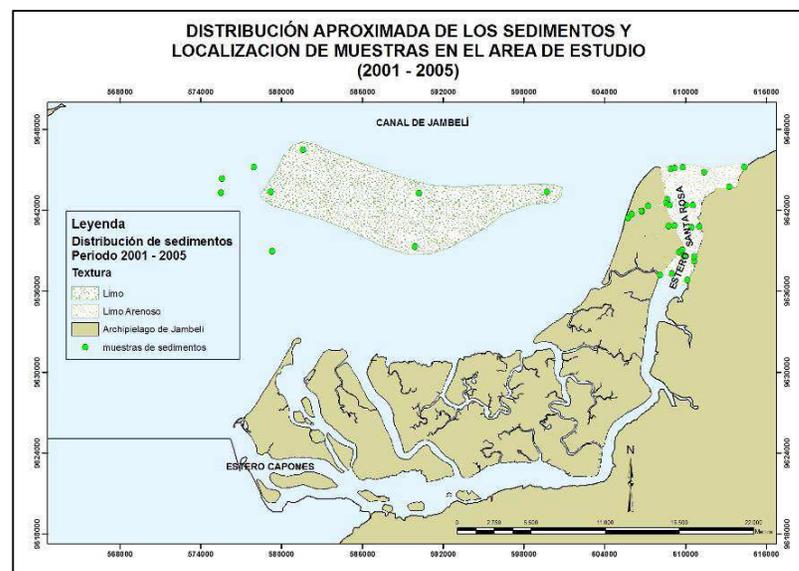
En el área de estudio predominan los sedimentos del tamaño de las arenas y arenas limosas. A partir de los resultados sedimentológicos, se procedió a la elaboración de un mapa de distribución de sedimentos (Fig. 4), en el cual se puede apreciar que las arenas se ubican cercanas a la zona costera del archipiélago de Jambelí, mientras que las arenas limosas predominan en la parte Este del Archipiélago, especialmente en los esteros Santa Rosa y Capones.

#### **GRÁFICO 19.**



**GRÁFICO No. 19.- Mapa de distribución de sedimentos del Archipiélago de Jambelí. Período 1972-1975**

#### 4.1.5.4.2.2 Período 2001-2005



**GRÁFICO No. 20.- Mapa de distribución de sedimentos del Archipiélago de Jambelí. Período 2001-2005**

Se analizaron 39 muestras de sedimentos del fondo marino. Debido a la poca densidad de muestreo la interpolación se realizó solo en las zonas donde se

ubicaban las muestras, dando como resultado una acumulación de sedimentos de limo arenoso en la parte NNE de la Isla Jambelí, en el Estero Santa Rosa, mientras que al NO de la Isla en el Canal de Jambelí predominan los limos.

Realizando una comparación de la sedimentación en los dos periodos **1972-1975** y **2001-2005** se puede apreciar que en la parte NNE de la isla Jambelí ha habido un cambio en la sedimentación, de arena limosa a limo arenoso, sin embargo cabe mencionar que en este sector se mantiene siempre una sedimentación de grano más fino, que en la parte Oeste de la isla. **GRÁFICO 20.**

#### 4.1.5.4.2.3 Periodo 2006-2009

Se analizaron 45 muestras de sedimentos del fondo marino. Se procedió a la elaboración de un mapa de distribución de sedimentos (Fig. 6), en el cual se puede apreciar que las arenas se ubican cercanas a la zona costera de la parte norte del Archipiélago de Jambelí, siguiendo una secuencia de limos en dirección al canal de Jambelí.

En el Estero Capones, la interpolación abarcó solo las zonas donde se ubican las muestras, notándose la presencia de arenas y limos, sin embargo se recomienda realizar una red de muestreo más densa para poder realizar una distribución más precisa. **GRÁFICO 21.**



**GRÁFICO No. 21.-** Mapa de distribución de sedimentos del Archipiélago de Jambelí. Período 2006-2009

## 5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los resultados obtenidos mediante la metodología empleada, han sido analizados desde los siguientes puntos de vista:

- Geología Regional
- Hidrografía
- Morfología Costera
- Estudio Sedimentológico,

que han permitido obtener los siguientes resultados que se resumen en la siguiente tabla:

ESTUDIO	RESULTADOS	CONFIABILIDAD	COMENTARIOS
Geología Regional	Clasificación de los suelos del área de estudio, dentro del contexto geológico universal. Se determinaron aspectos del comportamiento geomorfológico asociados con la dinámica marino-costera. Se tomaron datos de los suelos para análisis físico-químico-mecánico útiles para el diseño y emplazamiento de obras civiles de Ingeniería.	Alta	Se requieren estudios adicionales de Ingeniería Marítima, Ambiental, Oceanográficos, Socioeconómicos, y otros, para dar soluciones específicas a fenómenos puntuales encontrados.
Hidrografía	Se ubicó la zona de estudio dentro del contexto hidrográfico, asociándola con el régimen sedimentológico de la cuenca del Guayas para determinar el tipo, cantidad, frecuencia de materiales en suspensión, su capacidad de sedimentación e incidencia en el área de estudio y la interacción con las futuras obras civiles.	Alta	
Morfología Costera	Clasificación y delimitación de zonas costeras que han sido afectadas por procesos de erosión (pérdida de territorio) o por progradación (ganancia de terreno), y a la vez permite realizar una proyección en el tiempo de los cambios que se darán a futuro. Mapas temáticos multitemporales de variabilidad.	Alta	
Sedimentológico.	Ubicación del área de estudio en la época geológica. Muestreo sedimentológico superficial del área. Análisis de laboratorio y clasificación de los suelos muestreados, resultados. Mapas temáticos multitemporales de variabilidad	Alta	

**TABLA 3.- Discusión de Resultados**

Toda la información levantada, resultados de análisis de laboratorio, son de alta confiabilidad y sirven de fundamento para sumarse a los resultados de otras disciplinas de investigación técnicas y científicas.

Los eventos climatológicos océano-atmosféricos que interactúan con una realidad geográfica dan como resultado cambios dinámicos en su morfología.

Como alternativa se propone:

- Mantener un seguimiento continuo de estos cambios mediante estudios multitemporales de los elementos morfológicos más inestables de esta área de estudio como lo son el "margen costero, los perfiles de la zona Intermareal y la berma, los datos batimétricos del fondo marino adyacente, las corrientes litorales. Las corrientes de marea.
- Registrar la variación del nivel del mar de forma continua implementando una estación mareográfica con mareógrafos digitales con envío de datos en tiempo real a una central de monitoreo permanente.
- Efectuar estudios oceanográficos para complementar los presentes estudios

## 6. CONCLUSIONES

1. La costa entre Punta Jambelí y la Boca de Capones presenta de manera general características de erosión,
2. El retraso costero desde la construcción de las camaroneras alcanza más de 10 m, ampliado por la extensión de las piscinas cuando están muy cercas de la playa y por los diques de protección que fueron destruidos.
3. La erosión de las playas interviene en un contexto general de estuario en acreción, si se consideran los extensos bajos de limo y lodo que bordean las playas.
4. Junto con estudios batimétricos y oceanográficos, el presente estudio será de mucha gran utilidad tener un conocimiento más cercano de los fenómenos climatológicos, oceano-atmosféricos, dinámica litoral y en general del comportamiento en conjunto de dichos fenómenos para presentar alternativas de solución mediante obras civiles de ingeniería que neutralicen las consecuencias negativas de los efectos combinados de dichos fenómenos.

## 5. EVALUACION DE RESULTADOS

PROCESO	LOGROS/BENEFICIOS	DEFICIENCIAS/LIMITACIONES
<b>Levantamiento Geodésico de los perfiles de playa en la Zona Intermareal.</b>	Conocimiento detallado y actualizado de la topografía costera, enlazado a la red oficial del país.	N/A
<b>Geología Regional.</b>	Conocimiento detallado y actualizado e integral de la Morfología Geológica del área de estudio	N/A
<b>Sistema Geodésico de Referencia Vertical.</b>	Definición del Dátum vertical para la referenciación vertical de los geodatos	N/A
<b>Análisis Sedimentológico del Archipiélago de Jambelí.</b>	Conocimiento pormenorizado del proceso sedimentario del área de estudio.	N/A
<b>Análisis Multitemporal de la Variación de la Línea de Costa.</b>	Conocimiento de la variabilidad costera en el área de estudio.	N/A

**TABLA 4.- Evaluación de Resultados**

## 7. RECOMENDACIONES

1. Realizar periódicamente perfiles transversales a la línea de costa y la zona intemareal para poder realizar un análisis de variación y cálculo de volumen, que me permita determinar la cantidad de material depositado o erosionado.
2. Realizar levantamientos topográficos de la línea de costa por períodos de tiempo, de tal manera que podamos tener una línea definida de pleamar y bajamar y poder realizar análisis más precisos de la variabilidad costera.
3. Las imágenes satelitales utilizadas para la demarcación de la línea de costa, deben ser alta resolución, de tal manera que se pueda diferenciar la línea de bajamar y pleamar.
4. Atendiendo las recomendaciones indicadas en 1, 2 y 3 de estas conclusiones, Implementar un plan de estudio multitemporal de los parámetros que inciden en la variabilidad costera del sector de Jambelí, siguiendo los siguientes pasos:
  - Efectuar levantamientos topográficos de detalle de los perfiles de playa desde la zona submareal hasta la zona supramareal. Incluir en estos detalles las zonas habitadas y clasificarlas según su afectación por la variación costera. En las zonas críticas, efectuar levantamientos periódicos.

*Costo anual estimado de estos trabajos* *25000USD*

- Instalación de una estación mareográfica digital permanente para monitorear y conocer los niveles de marea, especialmente los máximos y mínimos sobre todo en Aguajes (Sicigias) y su afectación en la playa y zonas habitadas.

*Costo equipo + instalación + insumos* *15000USD*

*Costo anual estimado operador* *10000USD*

- Adquirir imágenes satelitales de alta resolución poniendo atención a fecha y hora de la toma para interpretar la morfología costera respecto a la altura de la marea de la fecha y hora de la toma.

- *Costo estimado 5 imágenes multitemporales*  
+ *georeferenciación* *10000USD*

- Mediante el SIG ArcGis, integrar toda la información, analizar la variabilidad costera y establecer zonas de riesgos, zonas seguras para establecer un plan de reordenamiento, reubicación poblacional y regeneración del playa supramareal e Intermareal.

*Costo anual estimado de estos trabajos* *25000USD*

***Costo total*** ***85000USD***

Con un año de implementación del proyecto, se pueden conseguir resultados bastante reales para definir la dinámica del área de estudio, sobre todo si este periodo involucra un fenómeno de El Niño que es donde se presentan valores extremos de todos los parámetros ocano-atmosféricos que definen la Variabilidad Costera.

En los últimos 10 años, hasta la presente fecha, se han intentado varias formas caseras de neutralizar el impacto de la variabilidad costera en la población de Jambelí, sin que estas soluciones tengan un sustento técnico basado a su vez en el conocimiento real de dicha variabilidad, consecuentemente todas estas inversiones han resultado infructuosas debido a que estas soluciones han sido momentáneas, pasajeras y localizadas sin entendimiento del fenómeno de una forma global.

Analizadas desde otro punto de vista, estas soluciones transitorias basadas solamente en el sentido común, en vez de ayudar, han perjudicado a la población al generar confianza y falsas expectativas pensando que los problemas causados por la variabilidad costera estaban resueltos, cuando en realidad estas soluciones están muy lejos ser. En las **FOTOS 49, 50, 51 Y 52**, se aprecia claramente lo indicado.



**FOTOS 49, 50, 51 y 52.-** *Afectación de la Zona Intermareal y supramareal por la Variabilidad Costera y su afectación en la población y sus inversiones habitacionales o turísticas.*

El beneficio material de esta inversión es evidente y si se trata de la protección de vidas humanas, incalculable.

## 8. CITAS BIBLIORÁFICAS

Remote Sensing and GIS Techniques for monitoring The Coastal Environmental Changes: A Case Study in Tuticorin Coast, India. M. Thanikachalam, S. Ramachandran.

GIS Applications in Coastal Management

A GIS TOOL FOR ANALYSIS AND INTERPRETATION OF COASTAL EROSION MODEL OUTPUTS (SCAPEGIS) Koukoulas S., Nicholls R.J., Dickson M.E., Walkden M.J., Hall J.W., Pearson S.G., Mokrech, M. and Richards, J.

LOUISIANA COASTAL ZONE EROSION: 100+ YEARS OF LANDUSE AND LAND LOSS USING GIS AND REMOTE SENSING.

LA ACELERADA EROSIÓN DE LA PLAYA DEL BALNEARIO DE JAMBELÍ (VARIOS MÉTODOS PARA SU REGENERACIÓN).

COMPARACION DE LA TASA ANUAL DE TRANSPORTE DE SEDIMENTOS DE PLAYA EN LA ISLA DE JAMBELI, UTILIZANDO FORMULACIÓN SUGERIDA POR VARIOS AUTORES.

INFORME TÉCNICO DEL ESTADO DE LA DINÁMICA LITORAL DE LA ISLA JAMBELÍ

Informe Técnico: "Reconocimiento Geológico del Sector de Costa Comprendido entre Punta Jambelí y Boca de Capones, Cantón Puerto Bolívar, Provincia de El Oro". Essy SANTANA y Jean François DUMONT. Diciembre 4 del 2009.

Contrato de Consultoría para la Realización de un Documento Científico-Técnico para Definir el comportamiento Morfo-Estructural del Golfo de Guayaquil en la Parte Terrestre Correspondiente a los Sectores de: Posorja-Guayaquil-Naranjal-Puerto Bolívar-Puná-Santa Clara, Mediante el Análisis de Documentación Científica y Cartográfica Existente y Asistencia Especializada en Trabajos de Reconocimiento Geológico en los Sectores de Jambelí y Posorja-Puná. Essy SANTANA y Jean François DUMONT. Diciembre 16 del 2009.

Informe del Reconocimiento Geológico en la Comisión a Jambelí durante los días 04 al 09 de Octubre del 2009. Lourdes Muñoz Heredia. Octubre del 2009.

## 9. GLOSARIO

<i>Caminamiento:</i>	Levantamiento Topográfico mediante sistema DGPS en modo RTK o Cinemático Post Proceso.
<i>DGPS:</i>	Diferencial Global Positioning System (Sistema Diferencial de posicionamiento GLOBAL GPS).
<i>RTK</i>	Real Time Kinematic (Posicinamiento en tiempo real mediante un sistema DGGPS que consiste en una base receptora GPS equipada con transmisión de datos GPS vía radio a un receptor o móvil equipado con otro GPS y una libreta controladora (computador de mano). Las coordenadas son obtenidas en el móvil o rover de manera instantánea en la libreta controladora, es decir en el momento de la medición.
<i>Margen Costero:</i>	Zona adyacente al mar.
<i>Olas:</i>	Variación del nivel de las masas de agua, producto de ondas que se desplazan superficialmente, puestas en marcha por el viento.
<i>Oleaje:</i>	Olas con mayor frecuencia y amplitud producidas por condiciones meteorológicas especiales.
<i>Zona Intermareal:</i>	La franja del margen costero adyacente a la playa que está en contacto directo con el mar, esta franja está permanente humedecida por el agua de mar en los ciclos continuos de marea. También es afectada por la acción de las olas.
<i>Pleamar:</i>	Máximo nivel del mar alcanzado en un ciclo de marea.
<i>Bajamar</i>	Mínimo nivel del mar alcanzado en un ciclo de marea.
<i>Sicigia (Aguaje):</i>	Periodo en que se producen los Niveles máximos y mínimos del mar, causado al pasar la luna por el meridiano del lugar. Se producen cada 15 días, o sea 2 por mes en luna nueva y luna llena.
<i>Sirgas:</i>	Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas
<i>Proyecto Sirgas</i>	Monitoreo permanente del desplazamiento (x,y,z) de las placas tectónicas que forman los continentes mediante estaciones DGPS distribuidas estratégicamente en la superficie terrestre. Proceso de la información, ajuste y reporte periódico de los desplazamientos (velocidades) de dichas estaciones a través de los ITRF.
<i>ITRF 94</i>	International Terrestrial Referencial Frame, ajuste de la red Sirgas en 1994
<i>Época de referencia:</i>	Año y mes del ajuste del Sirgas.