



Universidad Autónoma de Baja California



Especialidad en Gestión Ambiental

TRABAJO TERMINAL



**Estimación de los cambios en la línea de costa de Bahía Colonet,
Baja California, México en el periodo 1986 – 2006.**

PRESENTA:

LUIS MAURICIO BRAVO CORTÈS

Ensenada, Baja California, 29 de Julio del 2009

**Estimación de los cambios en la línea de costa de Bahía Colonet,
Baja California, México en el periodo 1986 – 2006.**

TESINA
QUE PRESENTA

LUIS MAURICIO BRAVO CORTÈS

Aprobado por:



Presidente del jurado

Dr. Alejandro García Gastelum



Sinodal Propietario

M.C. Hirma Rivera Huerta



Sinodal Propietario

M.C. Georges Seingier Hourdin

Resumen

Las costas son uno de los ambientes más dinámicos en nuestro planeta, se ven afectadas por diversos factores ambientales que continuamente modifican su morfología tanto a largo como a corto plazo. El objetivo del trabajo fue hacer una estimación del cambio en la línea de costa de Bahía Colonet, Baja California, México, durante el periodo de tiempo 1986 – 2006. Mediante la herramienta de un SIG (Sistema de Información Geográfica) y las fotografías aéreas obtenidas de vuelos de INEGI (julio 1986, noviembre 1993 y septiembre 2006), se generaron tres modelos SIG para cada comparación de periodo de tiempo: 1986 – 1993, 1993 – 2006 y 1986 – 2006. De acuerdo a las áreas calculadas para el balance general, se registró que la bahía presenta una depositación de 40,255m² y una erosión de 76,106m², lo cual indica que en este periodo de tiempo existió una tendencia a erosionarse. Se obtuvo que la Zona Norte es la que presenta mayores cambios, en la imagen del año 1993, se observa un abanico aluvial producto de la descarga del arroyo San Rafael, lo cual origina una barra arenosa y para el año 2006, la barra arenosa desaparece, sin embargo en la Zona Sur también presenta cambios en la línea de costa considerados. Se puede asumir que la gran cantidad de material sedimentario 370,699m² que se depositó en la Zona Norte durante el periodo (1986 – 1993), probablemente sea una consecuencia del aporte fluvial del Arroyo San Rafael, siendo una fuente importante de material sedimentario al sistema litoral de la bahía y la responsable de la formación de la barra arenosa registrada.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por la beca otorgada para la realización de los estudios de Especialidad.

A mi presidente del jurado Dr. Alejandro García Gastelum por su apoyo en desempeño de este trabajo.

A mis sinodales M.C. Georges Seingier Hourdin y MC.Hiram Rivera Huerta por compartir su conocimiento para que mi trabajo pudiera llevarse a cabo.

A mi abuelo Luis Cortés López por orientarme y enseñarme como ser ante las adversidades. Y por estar en todo momento conmigo.

A mi abuela Silvia Rodríguez Mora por sus oportunos y sabios consejos, que me han ayudado a tomar decisiones correctas.

A mi familia en general por su incansable apoyo que me demuestran día con día, muchas gracias.

A la Dra. Maria Concepción Arredondo García, por sus buenas intenciones, apoyo para cursar y terminar esta especialidad en gestión ambiental.

A mis compañeros de la especialidad con los cuales conviví un año, donde aprendí bastante de ellos.

A mi novia Elizabeth Tovar C., compañera y mejor amiga que he tenido durante parte de mi estancia en Ensenada. Por su amor, paciencia y ayuda.

ÍNDICE GENERAL

1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES.....	3
3. OBJETIVO GENERAL.....	4
3.1 Objetivos Particulares.....	4
4. ÁREA DE ESTUDIO.....	5
4.1 Geología.....	5
4.2 Población.....	7
5. METODOLOGÍA	9
5.1 Georeferenciación.....	10
5.2 Sistema de Información Geográfica.....	11
6. RESULTADOS.....	13
7. DISCUSIÓN	18
8. CONCLUSIONES.....	21
9. REFERENCIAS.....	23
10. ANEXO.....	24

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación Geográfica del área de estudio, Bahía Punta Colonet.....	5
Figura 2. Delegaciones del Municipio de Ensenada y su ubicación geográfica. Fuente IMIP 2007.....	8
Figura 3. Detalle amplio de la región de Colonet. Fuente IMIP 2007.....	9
Figura 4. Diagrama de la 1ª parte de la metodología.....	11
Figura 5. Diagrama de la 2ª parte de la metodología.....	13
Figura 6. Modelo I SIG del periodo de tiempo 1986-1993.....	15
Figura 7. Modelo II SIG del periodo de tiempo 1993-2006.....	16
Figura 8. Modelo III. Es un balance general de la tendencia del cambio en la línea de costa de Bahía Colonet del primer año registrado (1986) y el último año registrado (2006).....	17
Figura 9. Gráfica que muestra las áreas de depositación y erosión total para la Zona Norte.....	18
Figura 10. Gráfica que muestra las áreas de depositación y erosión total para la Zona Sur.	19
Figura 11. Gráfica que representa el balance del período de tiempo del análisis de las fotografías áreas: 1986, 1993, 2006.....	20

1. INTRODUCCIÓN

Las costas son uno de los ambientes más dinámicos en nuestro planeta. A simple vista parecen lugares tranquilos y placenteros para vivir, sin embargo, se ven afectadas por diversos factores ambientales como el oleaje, mareas, vientos, tormentas, lluvias y deslizamientos, que continuamente modifican su morfología tanto a largo como a corto plazo (Appendini y Fisher, 1998).

Las salientes rocosas con altura de pocos metros hasta decenas y que delimitan el ambiente marino del terrestre, se les conoce como cantiles marinos. Se definen así por presentar pendientes abruptas que bordean las costas, su inclinación los hace parecer muy angostos vistos de planta y se encuentran en el 80% de las costas del mundo y en todas latitudes (Emery y Kuhn, 1982).

Por su pendiente abrupta y tipo de suelo, no es el área más apropiada en la zona costera para realizar infraestructura urbana. Sin embargo, la realidad es que la mayoría de los desarrollos turísticos, industriales y urbanos de la costa noroccidental de Baja California, se encuentran ubicados sobre cantiles marinos, los cuales son susceptibles a ser erosionados, ya sea por la acción del oleaje o por agentes sub-aéreos en sus partes altas o crestas (Cruz-Collin y Cupúl-Magaña, 1997).

La erosión marina afecta la base del cantil por la abrasión, incrementada principalmente por el efecto de arenas y gravas que son transportadas tanto en suspensión como arrastre; así como por la actividad biológica, disolución por el agua de las lluvias que provoca deslaves y otros movimientos de masa inducidos. El otro agente erosivo que afecta al cantil es; la erosión sub-aérea esta inicia en la parte superior del cantil, formando canales por el agua que va hacia al mar producto del escurrimiento. Esto se debe al declive o desnivel del terreno, así como por movimientos de masa o movimiento de material que es inducido por el peso de material y el empuje del agua (Emery y Khun, 1982).

Los cambios en la forma de los cantiles activos pueden estar causados tanto por eventos naturales como los inducidos por el hombre. De estos últimos el efecto principal es por asentamientos humanos, construcciones en las crestas de los cantiles: desarrollos urbanos y asentamientos turísticos; así como industrias de diferente tipo.

El proceso de erosión en las playas en si es la disminución del material en el sistema (Bird, 1996).

La playa ancha se ve reducida a una franja angosta de arena y en los cantiles excava la base causando que la parte superior se colapse. (Mendoza, 2001).

La erosión costera es un proceso físico complejo que involucra factores tanto naturales como inducidos por el hombre. Los factores naturales incluyen algunas variables como la fuente y depósito de arena; cambios relativos en el nivel del mar, características geológicas de la costa, tamaño, densidad y forma de la arena, dunas, ancho de playa, barras de arena, el efecto del oleaje, corrientes, mareas, vientos, el clima que modula algunos de estos factores y la batimetría de la zona fuera de la costa (Mendoza, 2001).

Una forma de determinar los cambios que hay en una línea de costa es mediante el conocimiento de las razones de erosión en intervalos de tiempo largos, debido a que la tasa de erosión de los cantiles no es uniforme a lo largo de un periodo determinado, ya que puede ocurrir periodos erosivos intensos y episodios de poco cambio en la evolución de los cantiles marinos. Debido a la erosión de un cantil, es posible conocer la cantidad de material sedimentario que es aportado por ellos al sistema litoral, ya que esto contribuye a mantener el balance sedimentario de la zona costera, mismo que se ve reflejado en la formación o erosión de las playas (Komar, 1976).

Hay dos tipos de playas según su: morfología, dinámica, transporte de sedimento y tipo de rompiente: disipativas y reflectivas. Las playas **disipativas** se caracterizan por ser extensas, con pendientes poco pronunciadas y presentan una zona de surf. El tipo de rompiente que presentan estas playas es de derrame (spilling) lo cual ayuda a que se disipe la energía de la ola antes de llegar a la cara de la playa. El tipo de sedimento que presenta estas playas es de 2Φ (<0.2 mm), arena fina; el sedimento se deposita en barras de forma paralela en la línea de costa (Appendini, C. y D. Fischer, 1998).

Las playas **reflectivas** presentan playas con pendiente pronunciada y no son tan anchas como las disipativas. No tienen la zona de oleaje (surf), ya que las olas surgen directamente sobre la cara de la playa. Un carácter típico de ellas son las cúspides causadas por el borde de la ola. El tipo de sedimento que podemos encontrar en estas playas es -1Φ ($> 2 \text{ mm}$). El cual corresponde a arenas muy gruesas y también hasta -7Φ ($> 128 \text{ mm}$) lo cual hablamos de guijarros. (Appendini, C. y D. Fischer, 1998).

Es posible encontrar en algunas zonas costeras los dos tipos de playas tanto reflectivas y disipativas; así como sus procesos que los clasifican. Esto lo podemos observar en Bahía Colonet, debido a sus características topográficas, incidencia del oleaje y la forma natural de la bahía.

El beneficio del SIG (Sistemas de Información Geográfica), es proporcionar una herramienta capaz de relacionar varios tipos de datos por medio de la referencia geográfica. Una vez que existe esta relación, el SIG tiene la capacidad de manejar la información geográfica, i.e. someterlas a análisis y/o operaciones (Georges, 1999).

Los SIG es una herramienta que ayuda a interpretar, analizar y/o cuantificar cambios en la línea de costa. Los procesos costeros, debido a la erosión y depositación de sedimento en una línea de costa en diferentes periodos de tiempo ayudan a predecir la peligrosidad y zonas de riesgo en la costa causado por factores físicos (Greeve et al, 2000., Pethick y Crooks, 200).

En este trabajo se hizo una descripción de las zonas que registraron cambios sobre la línea de costa en Bahía Colonet y una estimación del área donde se presentaron los cambios, durante tres periodos de tiempo: 1986 – 1993, 1993 – 2006 y 1986 – 2006.

2. ANTECEDENTES

Doland, et. Al. (1979), describieron un método gráfico para establecer la razón de retroceso promedio a partir de fotografías aéreas, aplicando a la costa media del Atlántico en Estados Unidos de Norteamérica. El análisis de los datos mostro que el retroceso de la

línea de costa en promedio es de 1.5 m/año, sin embargo, se presentó un retroceso de hasta 10m/año en algunas zonas de la costa.

Cruz-Collin y Cupul-Magaña (1997), realizaron un estudio en la Bahía de Todos Santos, por medio de un análisis de fotografías aéreas (vuelos de INEGI: octubre de 1970, octubre de 1985, julio de 1989 y septiembre de 1991). Calcularon la tasa de retroceso y volumen de sedimento aportado al sistema litoral en cuatro sectores identificados en la Bahía de Todos Santos.

Bravo (2009), realizó una descripción y caracterización de los cantiles que bordean a la bahía de Punta Colonet. Presentándose cambios relevantes durante el periodo de muestreo 2007 – 2008. Se determinó el agente erosivo dominante, también se relacionó con el tipo de playa (reflectiva y disipativa) y rompiente (spilling, plugging y surging).

Jiménez (2009), establece una propuesta de rompeolas para un futuro puerto en Colonet. Generó la batimetría de la bahía y los datos de oleaje para el análisis estadístico.

3. OBJETIVO GENERAL

Estimar el cambio de la línea de costa de Bahía Colonet, Baja California, México, durante el periodo de tiempo 1986 – 2006.

3.1 Objetivos Particulares

Georeferenciar las fotografías aéreas de los años 1986, 1993 y 2006.

Generar un Sistema de Información Geográfica SIG para cada comparación de periodo de tiempo: 1986 – 1993, 1993 – 2006 y 1986 – 2006.

Identificar cuáles son las zonas con mayor cambio, mediante el cálculo del área de erosión y acreción.

Determinar cuáles son las zonas donde hay mayor erosión y acreción a lo largo de la línea de costa de Bahía Colonet, por medio de fotografías aéreas de los años: 1986, 1993 y 2006.

4. ÁREA DE ESTUDIO

La Bahía de Colonet se localiza a 130 km al sur de Ensenada (Fig. 1). El área de estudio está delimitada al norte por Punta Colonet ubicada entre los $30^{\circ}57'22.43''$ de latitud Norte y $116^{\circ}13'20.79''$ de longitud Oeste; y al sur hasta donde terminan la zona de caseríos de Cuatro Casas con coordenadas $30^{\circ}55'04.46''$ de latitud Norte y $116^{\circ}13'17.82''$ de longitud Oeste.

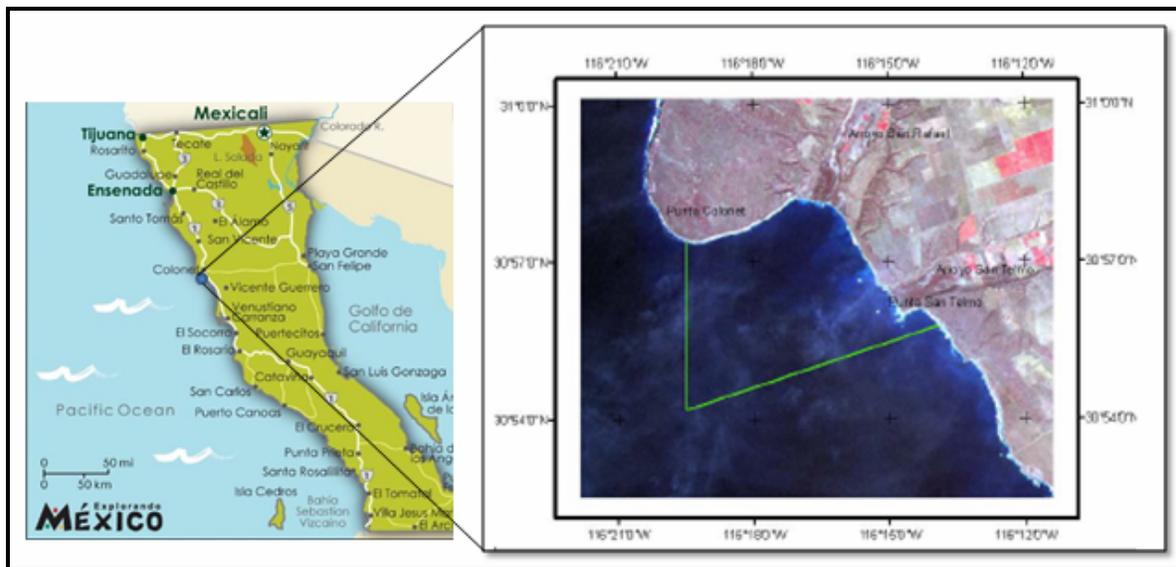


Figura 1. Ubicación Geográfica del área de estudio, Bahía Punta Colonet

4.1 Geología

En la zona predominan los materiales sedimentarios de origen marino que corresponden a la formación Rosario, tales como limolitas, areniscas, lutitas y algunos horizontes ricos en gravas y arenas. Las formaciones geológicas más frecuentes son de los períodos Terciario, Cuaternario y Cretácico superior e inferior, están representados por aluviones y médanos. El Tiempo Paleoceno está representado por areniscas calcáreas con conchas arcosas, arenas y lutitas, incluyendo sedimentos tanto marinos como fluviales. (Miller .V, y Abbott.P, 1988). Es una costa formada por bloques de roca volcánica en la cual existen pequeñas playas de gravas. Desde Bahía Colonet hasta 2 km al Norte de Bahía Camalú, la costa está conformada por una terraza del Pleistoceno. En las playas dominan los guijarros y cantos rodados, existiendo arena en muy pocos lugares (Martínez, 1981). El

litoral es de cantiles altos excepto en las playas de las desembocaduras de los arroyos, que cabe mencionar están conformadas por piedra bola.

Las sierras que conforman la región se caracterizan por presentar una pendiente suave al oeste, y abrupta al este. El drenaje natural de la zona está caracterizado por corrientes intermitentes de la vertiente del Pacífico. Los principales ríos son San Vicente, San Antonio del Mar, San Telmo y San Rafael. De la misma manera, la plataforma continental de San Antonio del Mar es amplia y de pendiente suave, la cual varía en promedio de 0.23° y 0.40° , la zona de mayor pendiente se presenta al oeste de Cabo Colonet, y coincide con una costa formada por paredes de acantiladas. Por el contrario, la zona de menor pendiente, ubicada al este-sureste de Cabo Colonet y al noreste de Punta San Isidro, coincide con la descarga de los Ríos San Telmo y San Rafael (Carranza-Edwards, 1988).

El arroyo San Rafael es intermitente y fluye solo durante la estación de lluvias que ocurre en el invierno. Se origina en las inmediaciones de la Sierra San Pedro Mártir, dirigiéndose hacia el Suroeste hasta desembocar en la Bahía Colonet. Sus aguas erosionan las rocas del tipo grabo, tonalita, gneiss, volcánica no diferenciada, granodiorita, conglomerado y aluvión (Gastil, *et al*, 1975).

De acuerdo con Shepard (1973), clasifica la costa desde el punto de vista geomorfológico y genético en: una costa secundaria por erosión de oleaje, promontorios cortados por olas, costas de línea de playa y costas de terrazas elevadas cortadas por oleaje. De acuerdo con Martínez (1981), la dirección predominante del transporte litoral en Bahía Colonet es de Norte a Sur.

4.2 Población

La Delegación Municipal Punta Colonet, con 7,718 residentes, es la más poblada de la Región. Su población está distribuida en 96 localidades. Dentro de su jurisdicción se localizan 13 de las 21 localidades con más de 100 habitantes que están enclavadas en el territorio regional

Se localiza desde su parte central a 140 km. al sur de la ciudad de Ensenada con las siguientes colindancias:

- Al Norte con la delegación de San Vicente y al Noroeste con Valle de Trinidad.
- Al Sur con las delegaciones de Camalú y Colonia Vicente Guerrero.
- Al Este con las delegaciones de Valle de la Trinidad y Puertecitos
- Al Oeste con el Océano Pacífico.

La Región interactúa con los centros de población y las actividades sociales, culturales, políticas y económicas de Ensenada, Tijuana y Mexicali, por la movilidad de su actividad comercial, migratoria y administrativa, a través de la Carretera Federal No. 1, que se articula con las carreteras No. 3 y No. 5.

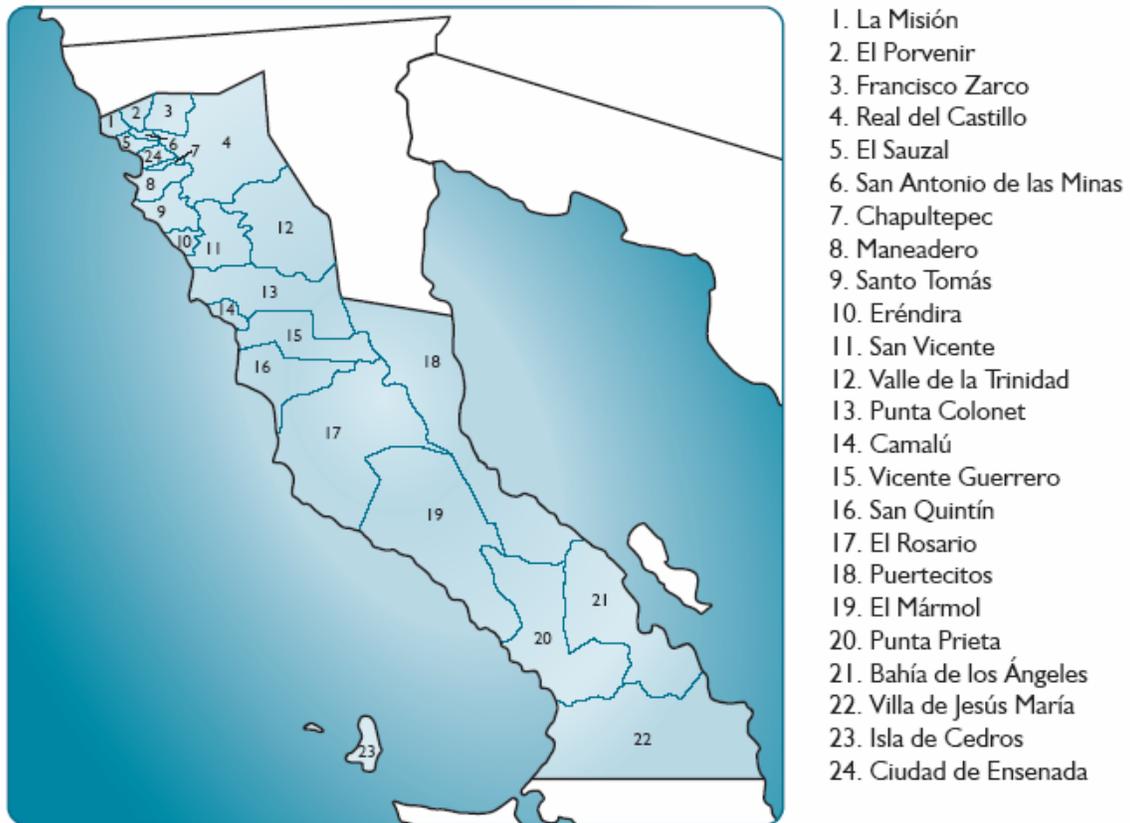


Figura 2. Delegaciones del Municipio de Ensenada y su ubicación geográfica. Fuente IMIP 2007.

La Región Colonet comprende un área de cuatro delegaciones municipales de Ensenada: Santo Tomás, Eréndira, San Vicente y Colonet. La superficie de la Región abarca un total de 405,897.

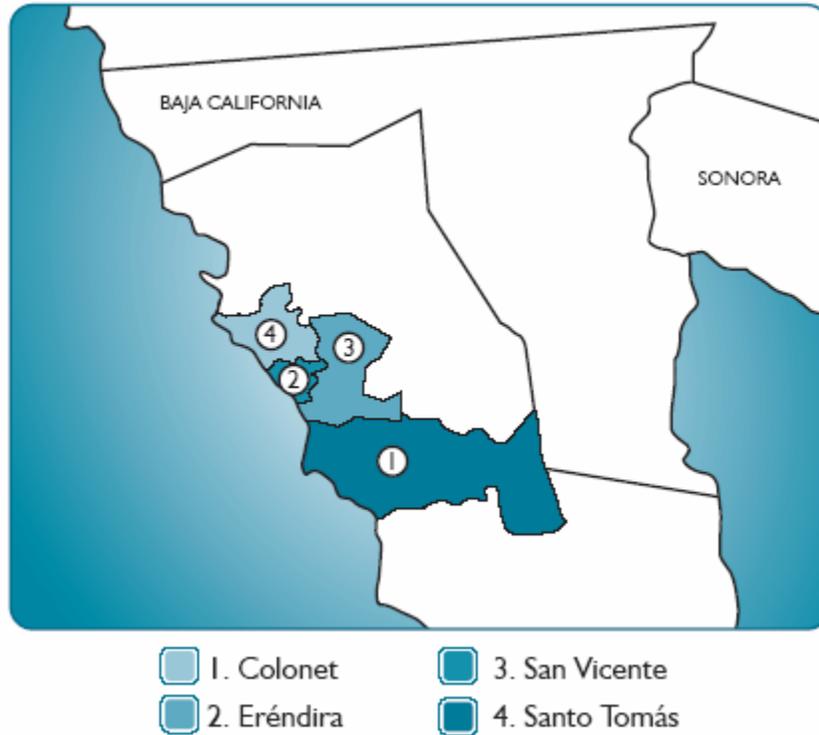


Figura 3. Detalle amplio de la región de Colonet. Fuente IMIP 2007.

5. METODOLOGÍA

De forma general la metodología se dividió en dos partes: la Georeferenciación que se hizo con la ayuda del programa ER Mapper 6.3 y la generación de modelos SIG, la cual se generó a partir del programa ArcMap. 9.2.

Se obtuvieron las fotografías aéreas a partir de vuelos de INEGI de los meses y años: julio 1986, noviembre 1993 y septiembre 2006. Posteriormente se escanearon las fotografías aéreas para poder trabajar con las imágenes en los programas ER Mapper 6.3 y ArcMap. 9.2.

5.1 Georeferenciación

La primera parte de la metodología (Fig.2), consistió en identificar el Sistema de referencia de la ortofoto (Fotografía de 1993) estos datos se encontró en la información (metadatos) de la imagen la cual corresponde: DATUM WGS84, Zona 11, UTM (Universal Transversal de Mercator). Como la ortofoto se encuentra en este sistema de referencias es necesario tener las otras imágenes con las que vas a trabajar en ese mismo sistema de referencia.

Los siguientes dos pasos consisten en una georeferenciación con puntos de control; las fotografías aéreas del julio 1986 y septiembre 2006, no tenía sistema de referencia para poder trabajarlas con los programas. Así que se tomó como mínimo, para cada foto 10 puntos geográficos de control, básicamente fue reconocer puntos que coincidieran en las tres imágenes (Fotografías de: julio 1986, noviembre 1993 y septiembre 2006) como: cruces de carreteras, desembocaduras de ríos, construcciones o rasgos que no sean demasiado dinámicos, que no hayan cambiado ó movido de lugar en este periodo de tiempo de análisis. Los puntos se distribuyeron sobre todo la imagen tomando mucho en cuenta la zona costera.

Una vez que se obtuvo, que todas las imágenes estuvieran en el mismo sistema de referencia, se sobre pusieron y se les aplicó una transparencia, esto con el fin de identificar visualmente que los puntos de control y todos los rasgos geográficos coincidieran lo mejor posible entre imagen e imagen; esto con la finalidad que el grado de error sea menor. El error medio cuadrático como estándar fue de ± 3 metros.

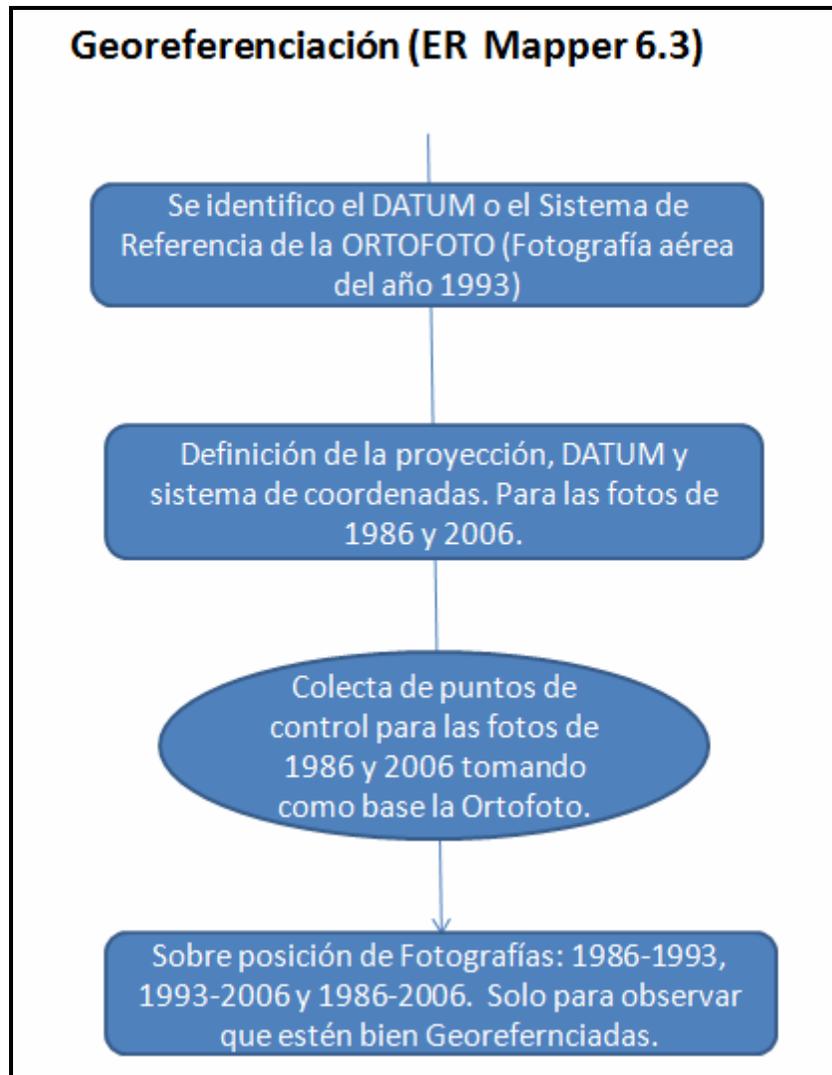


Figura 4. Diagrama de la 1ª parte de la metodología

5.2 Sistema de Información Geográfica

La segunda parte de la metodología (Fig.3) de este trabajo inicio digitalizando las líneas de costa correspondientes para cada fotografía aérea; la digitalización de las tres imágenes se hizo a una escala aproximada de 1:2,500, que vario entre 1:2,100 y 1:2,900. El criterio de digitalización de la línea de costa para cada imagen fue identificando un camino que bordeaba la línea de costa, teniendo en la imagen una franja clara, posteriormente hacia

el oeste (mar adentro) se observó un tono de gris más oscuro y posterior a ese tono, se forma una línea con un tono de gris más claro al anterior, que bordea todo el mar, asumiendo que esta línea corresponde a la línea de costa. Para las tres imágenes estos rasgos se presentaron estas mismas características.

Una vez que las líneas de costas estaban digitalizadas se realizaron las comparaciones en tres periodos de tiempos: 1986 – 1993, 1993 – 2006 y 1986 – 2006. Para cada comparación se hizo un SIG, obteniendo tres mapas.

Al comparar las líneas de costa de diferente año se hacen intersecciones y a su vez se generan polígonos, esos polígonos corresponden a aéreas de retroceso (erosión) o acreción (depositación) en el cambio de la línea de costa. Con herramientas del programa (Overlay, Extract, Field Calculator), se pudo identificar si los polígonos eran de retroceso (erosión) o acreción (depositación), así como observando la posición de las líneas de costa; sabiendo que si la línea de costa más vieja estaba por detrás de la línea de costa más reciente, se trataba de una acreción (depositación) y por el contrario si la línea de costa mas reciente se encontraba por detrás de la línea de costa más vieja se trataba de un retroceso (erosión). Para todos los polígonos se calculo el área en metros cuadrados.

En base a estos polígonos que me arrojó de aéreas de retroceso (erosión) ó acreción (depositación) en el cambio de la línea de costa, se obtuvo la zonificación. Dividiéndola en Zona Norte y Zona Sur.

Finalmente se generaron tres modelos representativos a cada análisis de comparación: modelo I (1986 –1993), modelo II (1993 – 2006) y modelo III (1986 – 2006). Sumando las tendencias de erosión y depositación total para cada zona, el total de las dos zonas de erosión y depositación; y el balance general de erosión y depositación, el cual corresponde al modelo III. Ya que las fotografías aéreas tenían diferentes escalas entre sí, tuve que usar una misma escala para poder realizar las comparaciones de las líneas de costa; los modelos quedaron a una escala de 1:35,000.

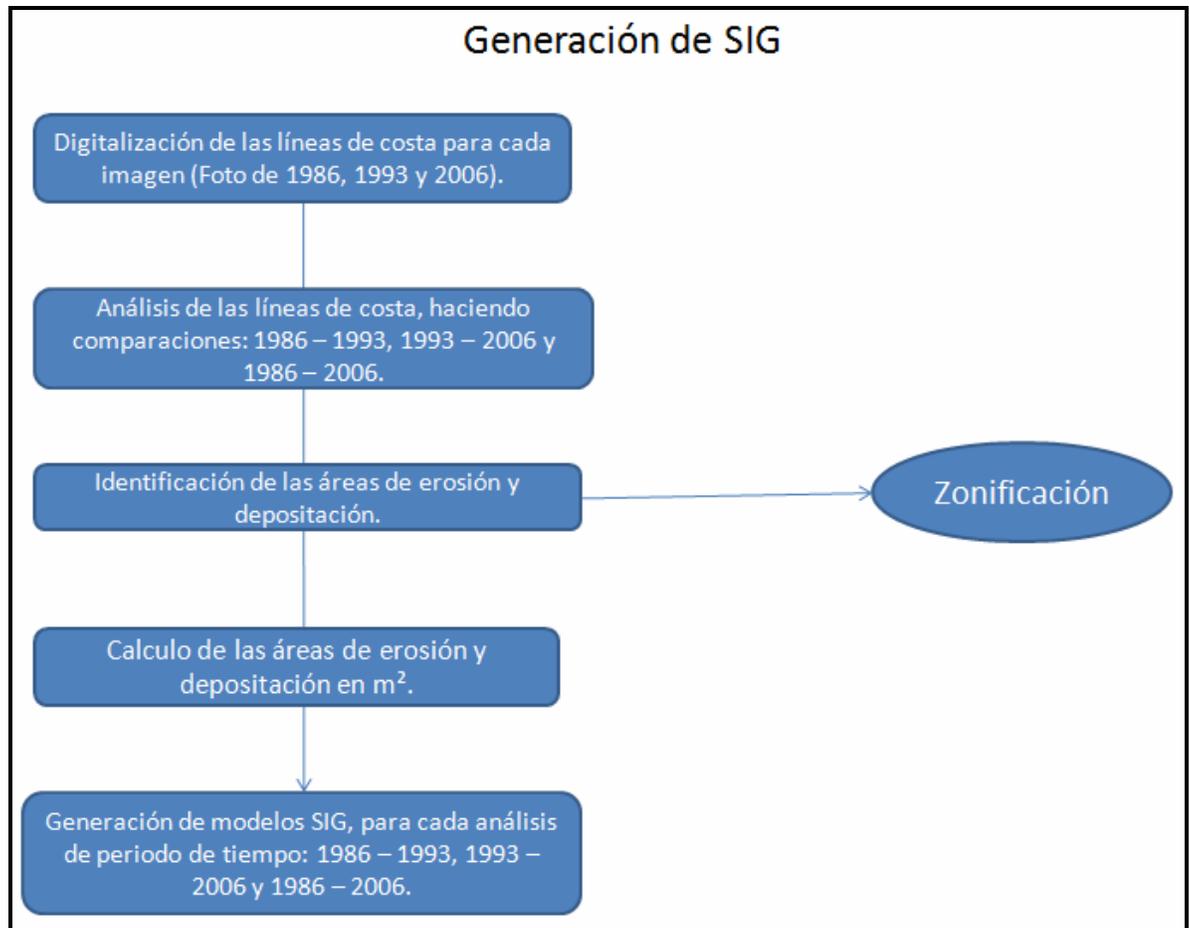


Figura 5. Diagrama de la 2ª parte de la metodología.

6. RESULTADOS

Se delimito un área de estudio dentro de la Bahía Colonet donde incluyeran las tres fotografías aéreas, ya que las imágenes aéreas no exponían la misma área.

De acuerdo con las líneas de costa que se obtuvieron, una vez que se digitalizaron las fotografías aéreas de los años 1986, 1993 y 2006. El área de estudio se dividió en dos Zonas: Zona Nortes y Zona Sur. La Zona Norte que está influenciada por el arroyo San Rafael y la Zona Sur que se encuentra influenciada por el arroyo San Telmo.

Esta zonificación coincidió con la reportada por, Bravo (2009), debido a las características morfológicas que están presentes a lo largo de la línea de costa y por el tipo de erosión que domina en cada zona.

En cada zona se estimó el área de erosión y acreción, calculando su área total aproximada. Mediante las herramientas del SIG se partieron esas pequeñas áreas en polígonos donde se pudo determinar el área de cada uno de ellos; los cuales corresponden a las zonas de erosión y acreción. Esto con el fin de saber cuál es la zona donde existe mayor cambio.

En el modelo 1, (Fig.4) podemos observar que las áreas de color azul corresponden a las zonas de depositación y las áreas de color café corresponden a las zonas de erosión durante el periodo de tiempo 1986 – 1993.

En contraste con el modelo I se presenta el modelo II (Fig.5) este modelo como se puede observar presenta zonas de mayor erosión que zonas de depositación. La barra arenosa que se depositó presentó un área aproximada ($35,620\text{m}^2$) para la Zona Norte de la bahía en el año 1993, posteriormente desaparece en la fotografía del año 2006.

El modelo III (Fig. 6) en la Zona Norte podemos observar áreas de erosión y depositación mayores, que las presentes en la Zona Sur; esto es evidente por la coloración que bordea la línea de costa. Asumiendo que la Zona Norte está expuesta a un mayor cambio que la Zona Sur.

Las mayores zonas donde se registraron cambios, como se puede observar corresponden a la Zona Norte, donde obtuvimos (Fig. 7) en el balance general (Modelo III) una erosión de $32,907\text{m}^2$ y una depositación de $64,486\text{m}^2$. La Zona Sur es una zona donde no se observa demasiado cambio; los números que arrojo en el balance general son: una erosión de $7,348\text{m}^2$ y depositación de $11,620\text{m}^2$ (Fig.8.Modelo III)

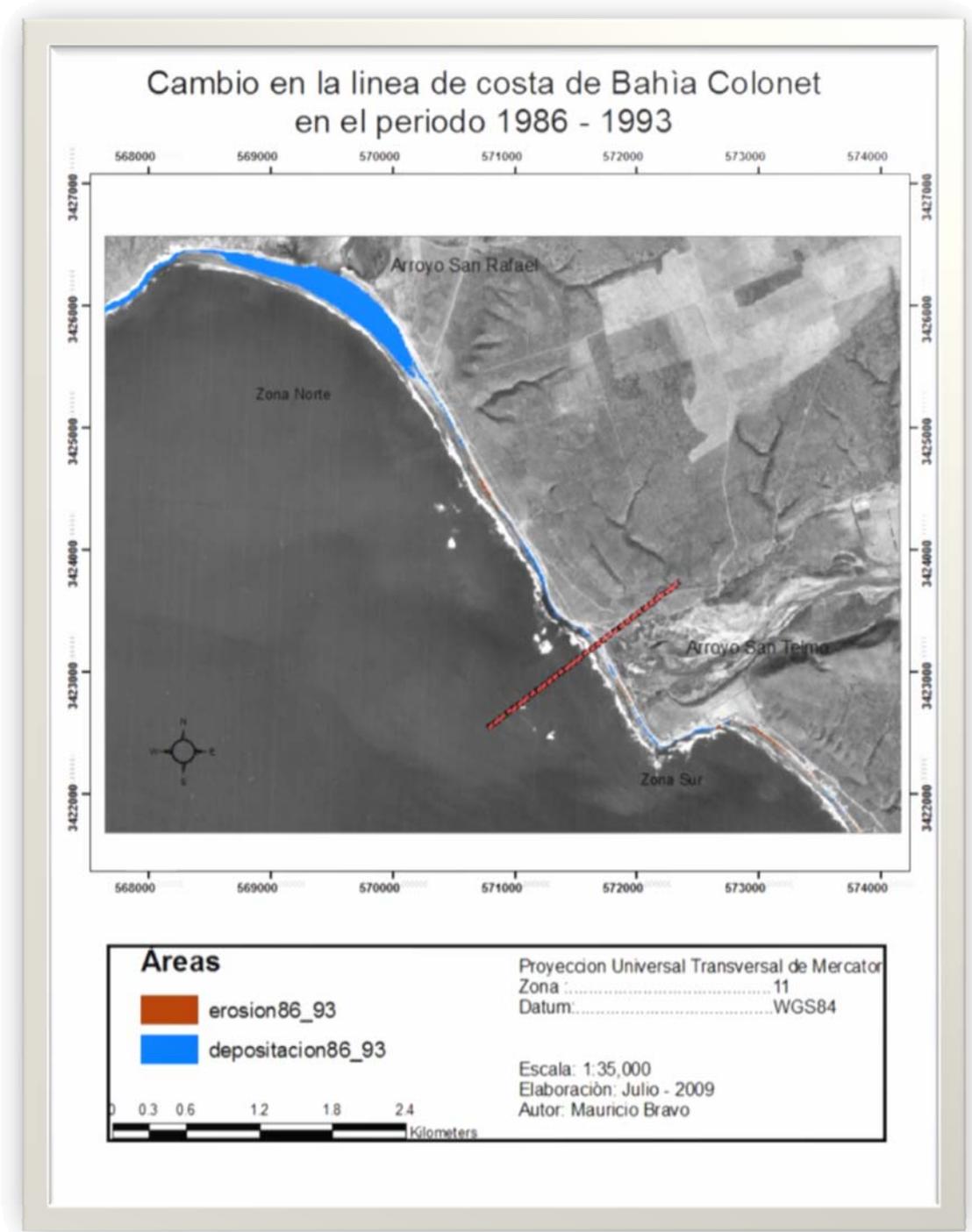


Figura 6. Modelo I SIG del periodo de tiempo de 1986 – 1993.

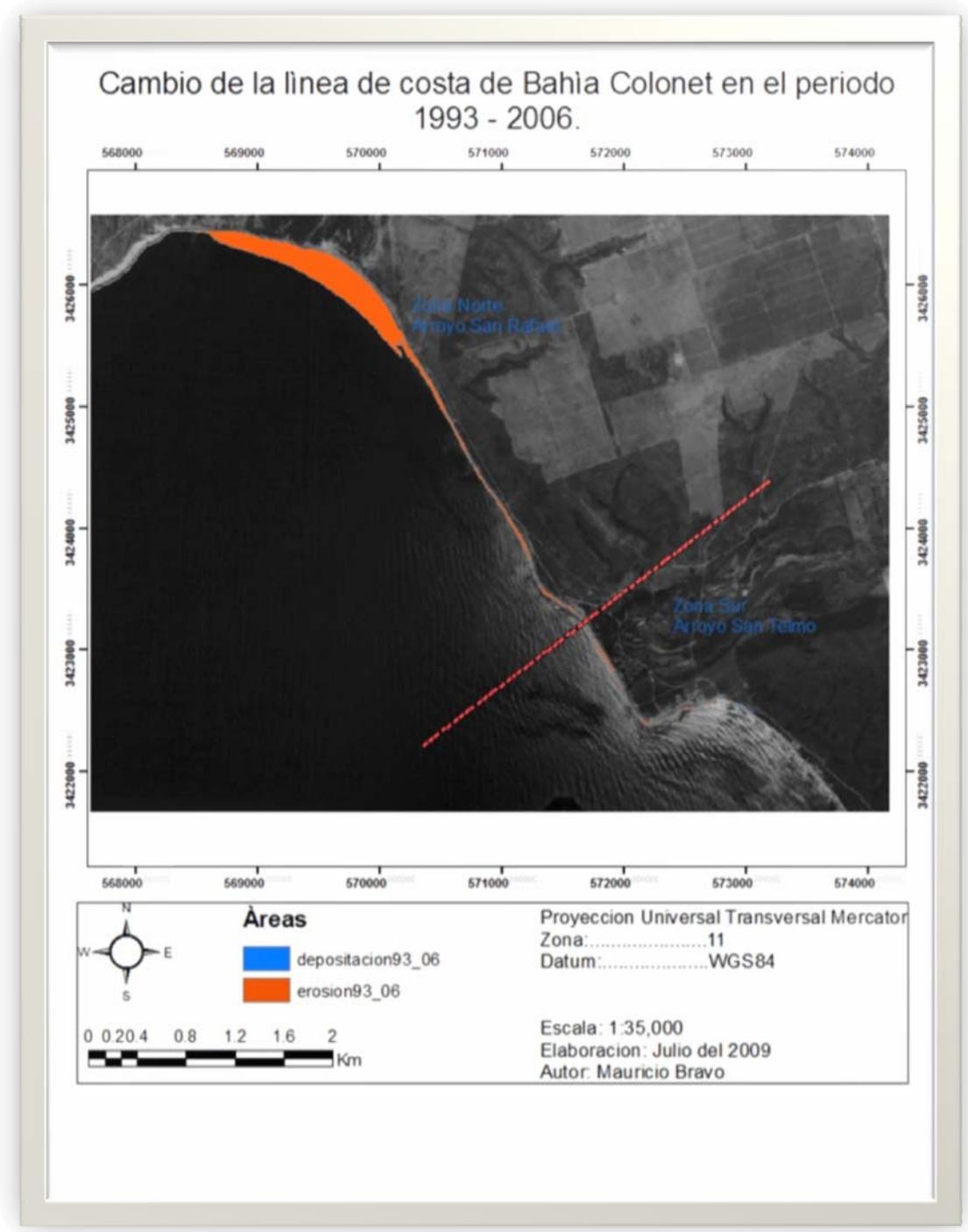


Figura 7. Modelo II SIG, del periodo de análisis 1993 – 2006.

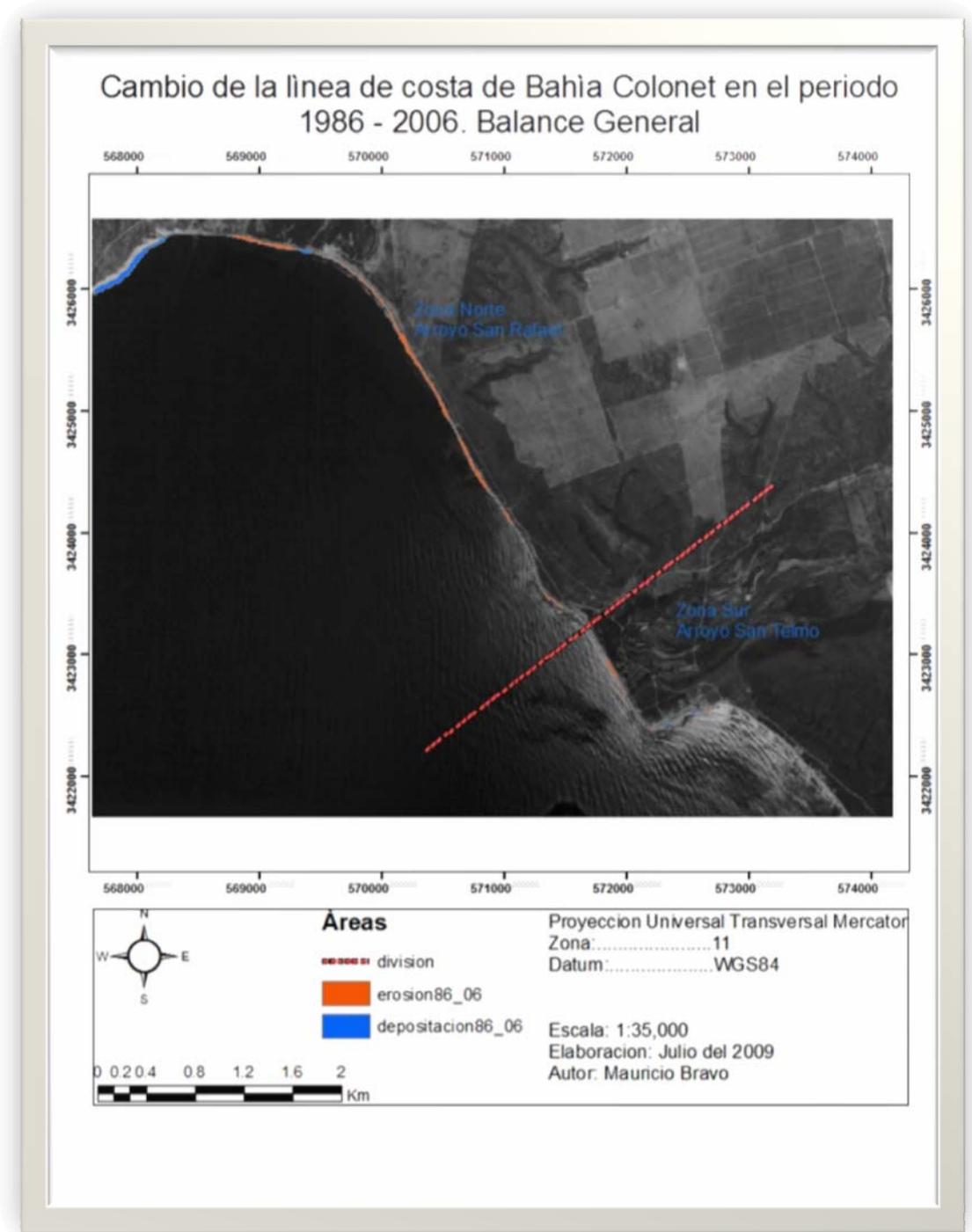


Figura 8. Modelo III. Es un balance general de la tendencia del cambio en la línea de costa de Bahía Colonet del primer año registrado (1986) y el último año registrado (2006).

7. DISCUSIÓN

Como se pudo observar en el modelo 1, las zonas de depositación son mayores que las zonas de erosión. En la Zona Norte es donde se presenta la mayor depositación, justo en la descarga del arroyo San Rafael se puede observar una barra arenosa. La barra arenosa se observa en la imagen del año 1993; para el 2006 desaparece.

Teniendo un gran aporte en el primer periodo de análisis 1986 – 1993 y una erosión mínima. Para el segundo periodo de análisis (1993 – 2006) pasa lo contrario al desaparecer la barra arenosa para el 2006, se registra una mayor erosión y un mínimo de depositación. El análisis del balance general presenta una atendencia de erosión (Fig. 7).

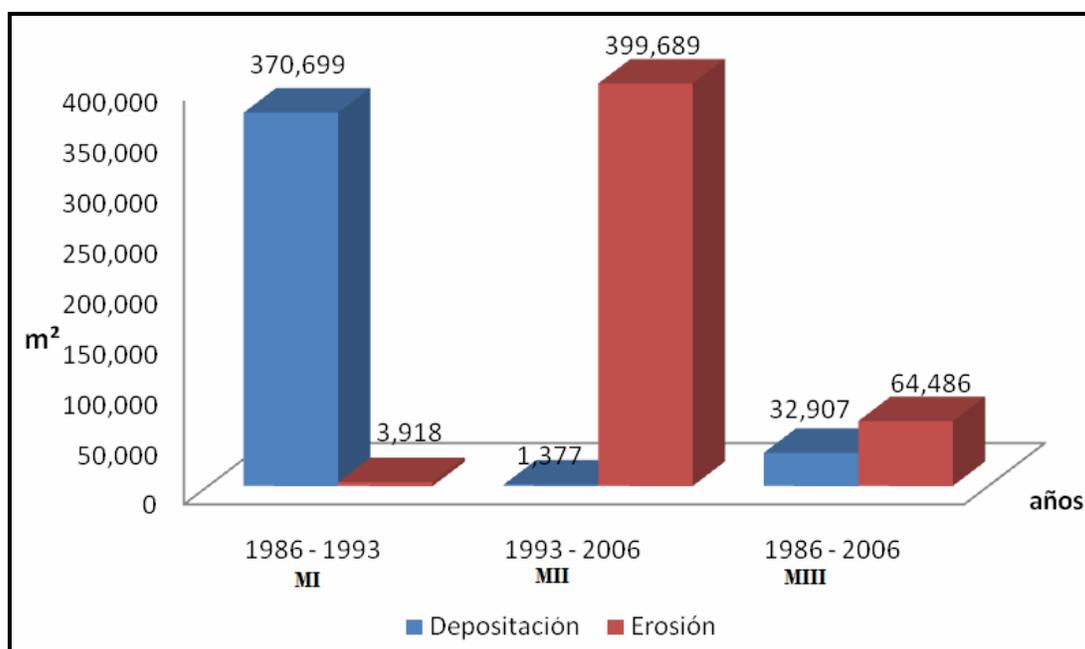


Figura 9. Grafica que muestra las áreas de depositación y erosión total para la Zona Norte.

En la Zona Sur como se observo en los modelo I, II y III; no se observan cambios tan evidentes ni tan altos. Los cambios de erosión y depostación han sido mas equilibrados en compración con la Zona Norte. Sin embargo se comportan muy similar los modelos de

análisis: en el Modelo I es mayor la depositación, en el Modelo II es mayor la erosión y finalmente en el balance genreal la tendencia es de erosión 11,620m² (Fig.8).

Lo cual indica que aunque el aporte de material es alto en la Zona Norte y también considerable en la Zona Sur, en ciertas temporadas pueden presentarse otros factores de procesos costeros como incidencia del oleaje, corriente litoral, cambios estacionarios, eventos de tormenta, que estimulan una mayor erosión, provocando un cambio de retroceso en la línea de costa de Bahía Colonet durante el periodo de análisis.

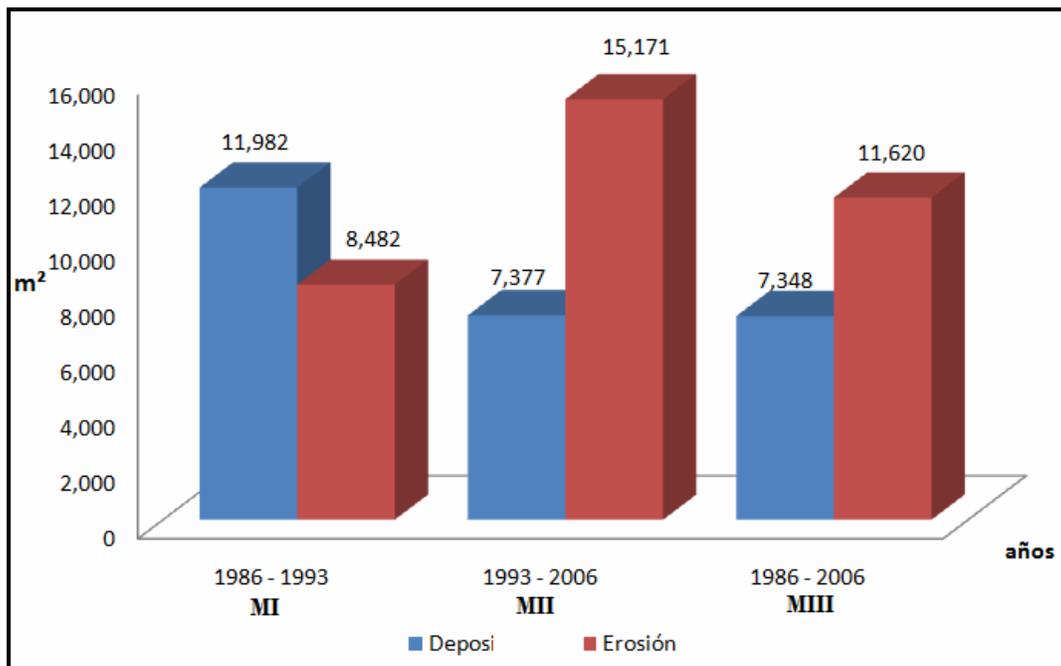


Figura 10. Grafica que representa las áreas de erosión y depositación total, de la Zona Sur.

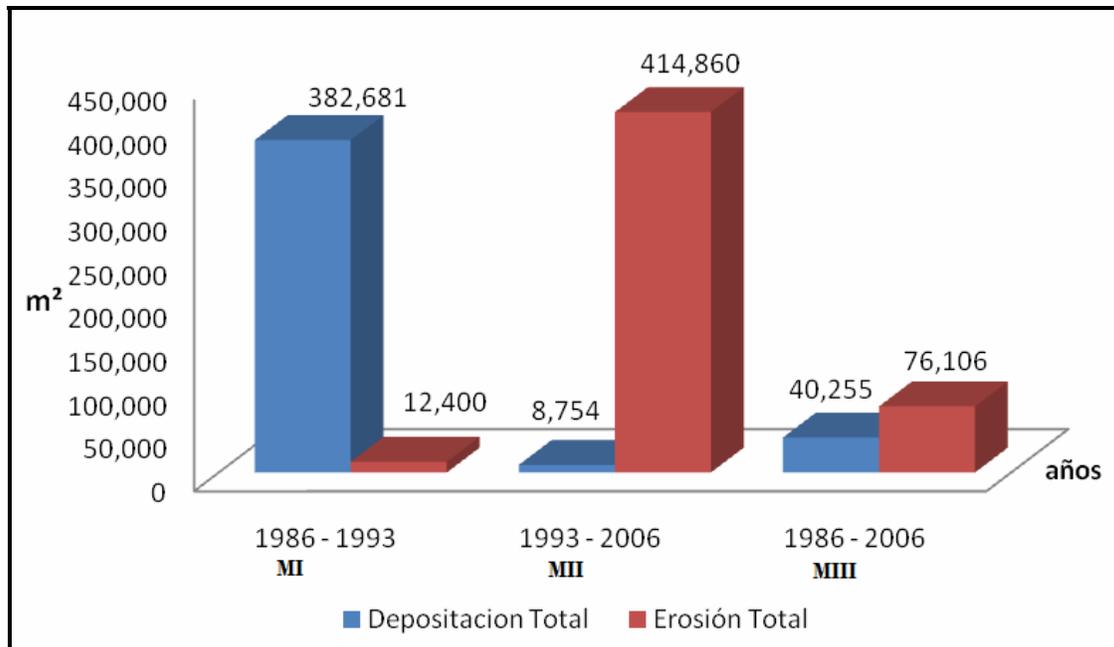


Figura 11. Grafica que representa al balance del periodo de tiempo del análisis de las fotografías aéreas: 1986, 1993 y 2006.

Los análisis de las imágenes arrojan datos de tendencia, esto debido a la falta de material como: fotografías aéreas de diferentes años, con un mayor registro uno puede predecir eventos que posiblemente puedan pasar. Y no solo es necesario las imágenes, sino la información de los vuelos (hora, altura, calibración de la cámara fotográfica); considerando este tipo de información y adicionándola a los programas uno puede reducir el grado de incertidumbre.

No obstante el registro del cambio en la línea de costa es notorio y se pudo hacer una aproximación, calculando áreas de erosión y depositación a lo largo de la línea de costa durante el periodo de tiempo 1986 - 2006.

Estos datos son una parte importante para el manejo integral de esta zona costera en particular de Bahía Colonet, debido a los proyectos que están por desarrollarse. En la Zona Norte que es la que presentó mayor cambio es una zona susceptible a la erosión y depositación, así que cualquier asentamiento que se quiera realizar a futuro cerca de la zona costera, deberá tomar en consideración este cambio de la línea de costa, para no sufrir pérdidas materiales.

Es necesario trabajar con más imágenes (fotografías aéreas y/o imagen satelital) que puedan registrar eventos temporales en el transcurso de un año.

Durante el periodo 1986 – 1993 se registro la barra arenosa en la Zona Norte, la cual se asume que es debido a la descarga fluvial del arroyo San Rafael; por lo cual se revisó la precipitación pluvial de esos años (Anexo Tabla. 1). No se pudo obtener la precipitación de Colonet, por lo cual considere hacer un aproximación, tomando los registros de precipitación pluvial de Ensenada, ya que es una zona cercana que cuenta con estos registros.

Como se puede observar el periodo en que se presenta mayor precipitación anual es 1992 – 1993 con 441.6mm y justamente a finales de noviembre. La fotografía aérea de 1993 corresponde al mes de noviembre a finales de este mes, se registro un aumento considerable en el acumulativo de precipitación con 106.9mm. Redondo, es una aproximación ya que los datos son de una zona cercana a Punta Colonet.

Para poder afirmar y obtener datos duros, es necesario trabajar con los registros de precipitación de la región, ya que así podríamos saber si el aporte de los arroyos es debido a eventos estacionales, continuamente o se presenta cada cierto periodo de tiempo. Sería bueno obtener imágenes de satélite o en su defecto fotografías aéreas de los años donde se presenta una mayor precipitación.

8. CONCLUSIONES

El cambio en la línea de costa de Bahía Colonet está demostrado y la Zona Norte es donde se estimo un mayor cambio a lo largo del periodo (1986 – 2006).

En los tres modelos generados a partir de las fotografías aéreas (julio 1986, noviembre 1993 y septiembre 2006), el periodo en el que la línea de costa sufrió mayor cambio fue: un aporte de material sedimentario $370,699\text{m}^2$ en la Zona Norte durante el periodo (1986 – 1993) y posteriormente una erosión $399,689\text{m}^2$ de una barra arenosa

depositada también en la Zona Norte, durante el periodo (1993 – 2006). Dicha barra en el año 2006 desapareció y en el año 1986 no está registrada en la imagen.

Se puede asumir que la gran cantidad de material sedimentario $370,699\text{m}^2$ que se depositó en la Zona Norte durante el periodo (1986 – 1993), es una consecuencia del aporte fluvial del Arroyo San Rafael, siendo una fuente importante de material sedimentario al sistema litoral de la bahía y la responsable de la formación de la barra arenosa registrada.

El balance general de Bahía de Colonet durante los veinte años presentó una tendencia a erosionarse; se depositó aproximadamente $40,255\text{m}^2$ y se erosionó $70,106\text{m}^2$.

Este trabajo es una estimación de una cuantificación real de material sedimentario depositado a lo largo de la línea de costa en Bahía Colonet y en contraparte la erosión que sufre la línea de costa, durante el periodo 1986 – 2006.

9. REFERENCIAS:

- Appendini, C. y D. Fischer (1998). Hazard management planning for severe storm erosion. *Shore&Beach*. Vol. 66 (4):5:8 pp.
- Bird, E., 1996. *Beach Management*. Jhon Wiley & Sons. England. 281 p.
- Bravo, L.M., 2009. Caracterización de los Cantiles en Bahía Colonet, B.C. México. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Baja California, Facultad de Ciencias Marinas, Ensenada B.C.
- Cruz-Colin, M y Cupúl- Magaña, L.A. 1997. Erosión y Aporte de los Cantiles Marinos de la Bahía de Todos Santos, Baja California, en el periodo de 1970 a 1991. *Ciencias Marinas*. 23(3): 303-315.
- Doland, et.al. 1979. Shoreline erosion rates along the middle Atlantic coast of the United States. *Geology*, V7, pp 602-606.
- Seinger, G.H. 1999. Sistematización del Proceso de Regionalización con un sistema de Información Geográfico (S.I.G) en la Región Punta Banda – El Rosario, Baja California, México. Facultad de Ciencias Marinas. 73pp.
- Jimenez, V.M. 2009. Propuesta de Diseño de Rompeolas para Puerto Colonet, B.C. México. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Baja California, Facultad de Ciencias Marinas, Ensenada B.C.
- K. O. Emery, and G. G. Kuhn, 1982; Sea Cliffs Their processes, profiles, and classification. *Global Society of America Bulletin*. 93(7):644-654.
- Komar P.D. 1976. *Beach process and sedimentation*. Prentice Hall. Inc. New Jersey, E.U.A. 429p.
- Mendoza, E.T., 2001. Modelo de riesgo a la erosión costera por oleaje de tormenta: caso estudio playas de Rosarito, B.C., México. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de Baja California, Facultad de Ciencias Marinas, Ensenada B.C.
- http://www.imipens.org/IMIP_files/PDRColonet2008.pdf

10. ANEXO

Tabla 1. Tabla comparativa de precipitación pluvial en Ensenada B.C. Proporcionada por el Dpto. Meteorología en CICESE.

Mes	1990-1991		1991-1992		1992-1993		1993-1994		1994-1995		1995-1996	
	MENS.	ACUM.										
	milímetros		milímetros		milímetros		milímetros		milímetros		milímetros	
JULIO	0	0	2.6	2.6	0	0	0	0	0	0	0	0
AGOSTO	0.2	0.2	0	2.6	2	2	0	0	0.2	0.2	0	0
SEPTIEMBRE	0	0.2	5	7.6	0	2	0	0	0.1	0.3	0	0
OCTUBRE	0	0.2	21.5	29.1	4.5	6.5	3.2	3.2	5.7	6	0	0
NOVIEMBRE	23.1	23.3	7	36.1	0.5	7	22.6	25.8	6.1	12.1	2	2
DICIEMBRE	29	52.3	48.3	84.4	101.9	108.9	15	40.8	28.4	40.5	10.2	12.2
ENERO	34.5	86.8	54.3	138.7	217.6	326.5	23.2	64	135.1	175.6	42.4	54.6
FEBRERO	99.5	186.3	80.7	219.4	78	404.5	100.5	164.5	36.7	212.3	36	90.6
MARZO	103.5	289.8	135.8	355.2	34.7	439.2	49.3	213.8	124.6	336.9	53.4	144
ABRIL	0	289.8	10	365.2	0	439.2	27.5	241.3	26.7	363.6	3.7	147.7
MAYO	0.7	290.5	3	368.2	0	439.2	0.9	242.2	7.4	371	0	147.7
JUNIO	0	290.5	0	368.2	2.5	441.7	0	242.2	7.6	378.6	0	147.7
ANUAL		290.5		368.2		441.7		242.2		378.6		147.7