



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS



Especialidad en Gestión Ambiental

TRABAJO TERMINAL

“Comportamiento de las dunas de arena en las barras de San Quintín (Punta Azufre y Punta Mazo) para 1973 y 2006 utilizando técnicas de percepción remota y SIG”

PRESENTA

JOSÉ RUBÉN OCAMPO OROZCO

Ensenada, Baja California, Junio 2011

**“Comportamiento de las dunas de arena en las barras de San Quintín
(Punta Azufre y Punta Mazo) para 1973 y 2006 utilizando técnicas
de percepción remota y SIG”**

TRABAJO TERMINAL

QUE PRESENTA

JOSÉ RUBÉN OCAMPO OROZCO

Aprobado por:



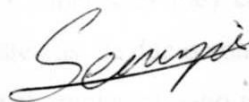
Presidente del jurado

Dr. Oscar E. Delgado González



Sinodal Propietario

M.C. Juan Carlos Ramírez Acevedo



Sinodal Propietario

Dr. Georges Seingier

RESUMEN

La región de San Quintín está formada por una planicie costera, conocida como Valle de San Quintín, y una laguna costera ligeramente hipersalina, la Bahía de San Quintín. La parte marina del sistema puede todavía ser considerada como un ambiente prístino, con dunas costeras, marismas y lechos de pastos marinos donde se protegen diversas especies de peces durante su etapa de vida como juveniles y que constituyen uno de los sitios de invernación más importantes a una importante población de aves migratorias. El objetivo principal de este trabajo, fue realizar una descripción del comportamiento de las dunas costeras de las dos barras de arena de Bahía San Quintín a través de análisis de fotografías aéreas de los años 1973 y 2006. La percepción remota es una técnica que permite monitorear cambios y generar información base para estos dinámicos sistemas. Para describir el comportamiento de las dunas de San Quintín, se utilizó una ortofoto del área de estudio de INEGI de 1992, con una resolución de 2 m y una serie de fotografías aéreas de las barras de arena con una resolución de 1 m, las cuales se georeferenciaron a partir de la ortofoto. Finalmente se llevó a cabo una clasificación supervisada, definiendo zonas de entrenamiento para seis clases: (1) Arena, (2) Vegetación tipo 1, (3) Vegetación tipo 2, (4) Agua, (5) Rocas ígneas y (6) Marismas. Con el propósito de conocer la superficie de las primeras tres clases evaluadas, la información se convirtió a un formato vectorial y se generó un sistema de información geográfica. Los cambios encontrados para cada una de estas tres clases se expresaron en términos de superficie (m^2), los cálculos se llevaron a cabo con la ayuda de un Sistema de Información Geográfica. Gracias a esto se pudo determinar que para el año 2006, Punta Azufre presentó un evidente crecimiento de vegetación tipo 1 ($677,557.25m^2$) y una notable acreción en el extremo oeste de la barra, incrementando su longitud alrededor de 500m. Por su parte, Punta Mazo presenta una notable pérdida de la vegetación del tipo 1 ($450,431.64m^2$) y superficies muy constantes con vegetación del tipo 2. Es importante señalar que los ecosistemas de dunas son sistemas frágiles y dinámicos, pero de gran importancia, no sólo a nivel ambiental, sino también a nivel antropogénico. Estudios de este tipo permiten generar la información que se requiere para una buena toma de decisiones en un futuro programa integral de manejo para esta región.

AGRADECIMIENTOS

- Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por la beca otorgada para la realización de los estudios de Especialidad.
- A la UABC y Facultad de Ciencias Marinas por la oportunidad brindada para la realización de los estudios de posgrado.
- Por todo su apoyo y tiempo brindado, al Dr. Oscar E. Delgado González, (Director de Trabajo terminal).
- Al Dr. Georges Siengier y M.C. Juan Carlos Ramírez por su apoyo en la evaluación de este trabajo.
- A la Ocean. Shirin Svenia Costa por todo su apoyo, cariño brindado, y por impulsarme a ser mejor cada día.
- A mis padres y hermanas por estar siempre presentes y pendientes de mí.

CONTENIDO

RESUMEN	i
AGRADECIMIENTOS.....	ii
LISTA DE TABLAS	v
LISTA DE FIGURAS	vi
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Dunas Costeras	1
1.2. Percepción remota y Sistemas de Información Geográfica	2
2. ANTECEDENTES.....	3
2.1. Percepción remota y dunas costeras	3
2.2. Bahía San Quintín.....	4
3. ÁREA DE ESTUDIO.....	6
3.1. Ubicación y descripción general.....	6
3.2. Importancia ecológica.....	7
3.3. Clima.....	8
3.4. Medio marino.....	8
4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	9
5. OBJETIVO GENERAL	9
6. OBJETIVOS PARTICULARES.....	9
7. METODOLOGÍA	10
7.1. Delimitación del área de estudio.....	10
7.2. Recopilación de imágenes	10
7.3. Georeferenciación de las fotografías aéreas	10
7.4. Clasificación supervisada.....	10
7.5. Construcción de un Sistema de Información Geográfica	12
8. RESULTADOS.....	13
8.1. Descripción de Punta Mazo y Punta Azufre para 1973	13
8.2. Descripción de Punta Mazo y Punta Azufre para el 2006	15
8.3. Descripción del cambio en las barras.....	17
8.3.1 Punta Azufre.....	17

8.3.2 Punta Mazo.....	21
9. DISCUSIÓN.....	28
9.1. Cambios de los elementos de las barras de Bahía San Quintín	28
9.2. Limitantes y ventajas de las técnicas de percepción remota y los sistemas de información geográficos	31
9.3. Las técnicas de percepción remota y los sistemas de información geográfica en la gestión ambiental de los ecosistemas costeros.....	33
10. CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES.....	35
11. BIBLIOGRAFÍA.....	36
ANEXO TÉCNICO DEL SIG.....	43

LISTA DE TABLAS

Tabla I. Ejemplo, con datos no reales, del análisis de cambio generado en el SIG. ID se refiere al número de referencia de cada polígono.....	12
Tabla II. Superficie de arena, vegetación tipo 1 y 2 para ambas barras en 1973.	15
Tabla III. Superficie de arena, vegetación tipo 1 y 2 para ambas barras en 2006.	16
Tabla IV. Cambio de los elementos en Punta Azufre entre los años 1973 y 2006.	17
Tabla V. Descripción de los cambios observados en los elementos de Punta Azufre. (V1=Vegetación de duna tipo 1, V2=Vegetación de duna tipo 2).	20
Tabla VI. Cambio de los elementos en Punta Mazo entre los años 1973 y 2006.....	21
Tabla VII. Descripción de los cambios observados en los elementos de Punta Mazo. (V1=Vegetación de duna tipo 1, V2=Vegetación de duna tipo 2).	23
Tabla VIII. Registro de las anomalías de la temperatura superficial del mar que caracterizan al fenómeno ENSO para los años de interés. (Color naranja= Condiciones Niño, Color azul=Condiciones Nina, sin color=Condiciones neutras). Fuente: NOAA.....	30

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa del área de estudio.....	6
Figura 2. Punta Mazo y Punta Azufre para el año de 1973.	13
Figura 3. Punta Mazo y Punta Azufre para el año 2006.....	16
Figura 4. Cambio en la distribución de los elementos en Punta Azufre entre 1973 y 2006.	18
Figura 5. Cambio a gran escala de los elementos de una parte de Punta Azufre entre los años 1973 y 2006.	18
Figura 6. Cambio de los elementos en Punta Azufre entre 1973 y 2006.	20
Figura 7. Cambio en la distribución de los elementos en Punta Mazo entre 1973 y 2006...	22
Figura 8. Cambio a gran escala de los elementos de una parte de Punta Mazo entre los años 1973 y 2006.	22
Figura 9. Cambios en la cobertura y distribución de la vegetación entre 1973 y 2006 en Punta Mazo. (V1=Vegetación del tipo 1, V2=Vegetación del tipo 2).	24
Figura 10. Crecimiento de la vegetación sobre zonas arenosas entre 1973 y 2006 en Punta Mazo. (V1=Vegetación del tipo 1, V2=Vegetación del tipo 2).	25
Figura 11. Cambio de los elementos en Punta Mazo entre 1973 y 2006.	26
Figura 12. Acercamiento de los cambios de los elementos en una parte de Punta Mazo entre 1973 y 2006.	27
Figura 13. Registro histórico de años Niño (color naranja) y Niña (color azul) (Fuente: NOAA).	29
Figura 14. Firmas espectrales generadas para la clasificación supervisada.	33

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Dunas Costeras

Las dunas costeras son formaciones topográficas de origen eólico. Para que haya formación de dunas debe existir aporte de arena, viento que la mueva y un lugar donde ésta se acumule. Las dunas se pueden desarrollar en cualquier ambiente, aunque favorece su formación un clima seco y con vientos. Todas las dunas tienen como característica común la presencia de una ladera pronunciada de deslizamiento y una inclinación moderada del lado barlovento (Goldsmith, 1976, Brown y McLachan, 1990).

La función principal de las dunas es la protección de la zona adyacente a la playa, ya que actúan como barreras naturales. Ellas disipan y amortiguan el efecto producido por la energía del oleaje y las corrientes litorales (Gil, 1987). Son fuentes de sedimento en la playa ya que remplazan la arena perdida por tormentas severas o inundaciones. Las dunas costeras son importantes ya que tienen una alta variabilidad topográfica y una serie compleja de gradientes ambientales que conforman diferentes microhábitats para una gran cantidad de especies como mamíferos, reptiles e insectos, además son sitios de anidación de aves marinas (Martínez del Río, 1982; Martínez *et al.*, 1993).

Una forma de clasificar a las dunas es en función de su estabilidad. Cuando carecen de vegetación, adquieren una gran movilidad; son las dunas “móviles”. Si están parcialmente cubiertas por vegetación, merma su movilidad y hablamos entonces de “semimóviles”. Finalmente, las dunas “estabilizadas” se hallan totalmente cubiertas de plantas y su arena permanece inmóvil (Martínez, 2008).

Las dunas más abundantes son las marinas, pues hay más costas colindando con el mar que cualquier otra masa de agua. Éstas requieren la coincidencia de tres “ingredientes” para su formación: sedimentos de tamaño adecuado, viento intenso y obstáculos (plantas, rocas, troncos, etc.) (Martínez, 2008).

Varias especies de plantas formadoras de dunas alcanzan el límite de su distribución sureña en la Bahía de San Quintín: *Cakile maritima* (cohete marino), *Ambrosia chamissonis* y *Carpobrotus chilensis*. El sistema de dunas costeras ubicado entre Ensenada y San Quintín, con 25 especies, es el más diverso de Baja California (Aguirre *et al.*, 1999).

Particularmente en la bahía de San Quintín existen dos barras (Punta Mazo y Punta Azufre), que están compuestas por sistemas de dunas, marismas y matorral costero (Cárdenas-Torres, 2007).

1.2. Percepción remota y Sistemas de Información Geográfica

La percepción remota es una tecnología que permite la adquisición de datos a distancia (Chuvienco, 1999). Se basa en el uso de sensores instalados en plataformas diversas (satélites, aeronaves, globos, etc.), que registran la energía radiada o reflejada por los objetos que están presentes en la superficie de la Tierra (Felkner, 1995). Dentro de los productos convencionales más reconocidos y de mayor utilización, se encuentran las imágenes de satélite, que actualmente constituyen la fuente principal de información sistemática acerca del estado que guarda la superficie terrestre. El avance en el conocimiento de la distribución espacial de las especies vegetales permite contar con información detallada de gran utilidad en la planificación de diferentes alternativas de manejo (Méndez González *et al.*, 2007).

Por otro lado, un sistema de información geográfica (SIG) integra hardware, software y datos para capturar, administrar, analizar y mostrar todas las formas de información geográficamente referenciada. Un SIG permite ver, entender, cuestionar, interpretar y visualizar datos a través de formas que revelan las relaciones, patrones y tendencias y las plasman en mapas, informes y gráficos. Un SIG ayuda a responder preguntas y resolver problemas en una forma sencilla de entender y fácil de compartir (Esri, 1995).

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) se están convirtiendo en una importante herramienta para el manejo integral de recursos y actividades a lo largo del mundo (Campagna, 2006).

Estos sistemas se están empleando de manera efectiva, en áreas ecológicas con el fin de almacenar información sobre su estado natural y los factores que las alteran, proporcionando por lo tanto métodos para su monitoreo sustentable, evaluación y creación de escenarios. Este tipo de información es de gran importancia en la toma de decisiones (Campagna, 2006).

2. ANTECEDENTES

2.1. Percepción remota y dunas costeras

Brown y Arbogast (1999) realizaron un monitoreo a través de fotografías aéreas de dunas costeras activas en Michigan, encontrando que el método permite medir los cambios presentes en el ecosistema además de un adecuado mapeo.

Noyola (1999) aplicó técnicas de percepción remota en la caracterización litológica de la franja costera entre Puertecitos y Bahía de San Luis Gonzaga, Baja California México, obteniendo como resultado un mapa litológico con 26 clases diferentes, de las cuales 13 pertenecieron a rocas ígneas, 3 a rocas metamórficas y 10 correspondieron a sedimentos.

Curr *et al.* (2000) determinaron el impacto en las dunas de arena del Mediterráneo a través de fotografías aéreas digitales, encontrando que los factores que influyen en la cobertura vegetal de las dunas son complejos, sin embargo, la pérdida de vegetación está totalmente relacionada con factores antropogénicos, para ese determinado caso de estudio.

Janke (2002), realizó un análisis de la estabilidad del campo de dunas (Greate Sand Dunes National Monument) en Colorado utilizando un par de imágenes satelitales (1984 y 1998), realizando una clasificación supervisada de éstas. Los resultados demostraron la estabilidad del principal complejo de dunas.

Dewidar (2004) realizó una clasificación no supervisada y supervisada de dos sets de imágenes satelitales Landsat con el fin de detectar cambios en el uso y cobertura vegetal del suelo, para la parte norte del delta del Nilo (región de Burullus) en Egipto entre los años 1984 y 1997, a fin de evaluar la naturaleza de cambios futuros después de la construcción de la carretera costera internacional que cruza el área de estudio.

Mitasova *et al.* (2005), utilizaron modernas técnicas geoespaciales con el fin de cuantificar los cambios en el mayor campo de dunas activas del Este de Estados Unidos (Jockey's Ridge) en Carolina del Norte, encontrando que el campo principal de dunas se erosionó 21.9 metros entre 1953 y el 2004.

Berberoglu y Akin (2009) evaluaron diferentes técnicas de sensores remotos para detectar cambios en cobertura del uso de suelo en la parte este del Mediterráneo,

encontrando que la detección de cambios a través de un análisis vectorial fue la técnica más adecuada para determinar los cambios de cobertura y uso de suelo para el Mediterráneo.

Mathew *et al.* (2010) estudiaron la evolución de las dunas de arena de Greenwich entre 1936 y 2005 a través de un modelo de elevación digital generado a partir de fotografías aéreas que le permitió determinar los cambios topográficos y volumétricos del campo de dunas.

2.2. Bahía San Quintín

La Bahía de San Quintín, B.C. ha sido objeto de una gran variedad de estudios, en su mayoría con un enfoque descriptivo, como Banard (1962) y Menzies (1962). En este mismo año Dawson hizo un análisis comparativo entre la vegetación costera de la bahía y los eventos de surgencias. Por su parte, Gorsline y Stewart (1963) y Banard (1964) realizan estudios sobre las comunidades bentónicas de la bahía.

Cooper (1967), realizó una descripción detallada de las dunas costeras de la costa de California, incluyendo a las de Baja California. El autor describe a partir de una visita al campo en Agosto de 1933, a las dunas de San Quintín, generando una de las primeras descripciones para este ecosistema costero. De acuerdo a Cooper, las dunas de la barra principal de San Quintín se encontraban muy bien vegetadas, con muy pocos espacios con arena descubierta, y por lo tanto con muy poco movimiento de la misma.

Por otro lado, en la década de los 70's y principios de los 80's es cuando se da la mayor contribución al conocimiento de la estructura biológica de la bahía. Los trabajos sobre hidrología descriptiva aportan importantes datos sobre el comportamiento de variables físico-químicas como lo son: temperatura, salinidad, densidad, oxígeno disuelto, pH, alcalinidad, entre otras (Álvarez-Borrego y Che-Barragán, 1976; Álvarez Borrego *et al.*, 1975 y Chávez-Nishikawa y Álvarez-Borrego 1974). De éstos trabajos se concluyen que los brazos de la laguna (Bahía Falsa y Bahía San Quintín) tienen comportamientos diferentes y que, en general, la dinámica biológica está muy correlacionada con la marea.

La productividad primaria en la bahía fue estudiada por Lara-Lara y Álvarez-Borrego (1980) analizando el ciclo anual de clorofilas y de productividad orgánica primaria. Estos mismos autores; Álvarez-Borrego *et al.* en 1975 y Lara-Lara en 1979 realizaron estudios químicos e hidrográficos de la bahía.

Álvarez-Borrego y López-Álvarez (1975) conducen un estudio sobre la biomasa fitoplanctónica y su distribución por grupo taxonómico siendo complementado por otro trabajo del mismo autor Álvarez-Borrego y Nájera en 1979.

Posteriormente Del Valle (1979), Monreal (1980) y Ocampo (1980) implementaron el uso de modelos numéricos en Bahía San Quintín. Lara-Lara *et al.* (1980) mostraron que la variación temporal de los nutrientes, salinidad, Cl-a y fitoplancton en la boca del sistema, se debían a la alternancia en los eventos de surgencia. Mientras que la temperatura varió debido a la marea semidiurna. Los autores identificaron a la turbulencia inducida por el viento como el principal causante de turbidez que se presenta.

Millán-Núñez *et al.* (1982), analizaron series de tiempo para tres estaciones dentro de la bahía y la boca, e identificaron a la marea como el forzamiento que importa nutrientes hacia el interior del sistema.

Estudios más recientes como los de Camacho-Ibar *et al.* (2003) estudiaron los flujos de fósforo y nitrógeno, así como la producción neta de Bahía San Quintín durante dos temporadas distintas, agosto y febrero. Millán-Núñez *et al.* (2004) estudiaron la estructura de la comunidad de fitoplancton; así mismo, Moreno-Miranda (2007) realizó trabajos al respecto.

Aveytua-Alcázar (2008) simuló mediante un modelo acoplado físico-químico la dinámica de la bahía en una estación cercana a la boca de la misma, con la finalidad de entender como los factores físicos y biogeoquímicos de la bahía controlan las concentraciones de nutrientes.

Blancas-Gallangos (2009) zonificó el espacio acuícola a través de las herramientas de los Sistemas de Información Geográfica y profundidad.

3. ÁREA DE ESTUDIO

3.1. Ubicación y descripción general

La Bahía de San Quintín se localiza en la Delegación de San Quintín, Municipio de Ensenada, Baja California, México, en la costa occidental de la península. Cerca de la bahía y hacia el Este se localizan los poblados de San Quintín y Lázaro Cárdenas. La población cercana más numerosa está en la ciudad de Ensenada, cabecera municipal, ubicada a 180 Km. al Norte y con una población de alrededor de 400,000 habitantes (FIR, 2007).

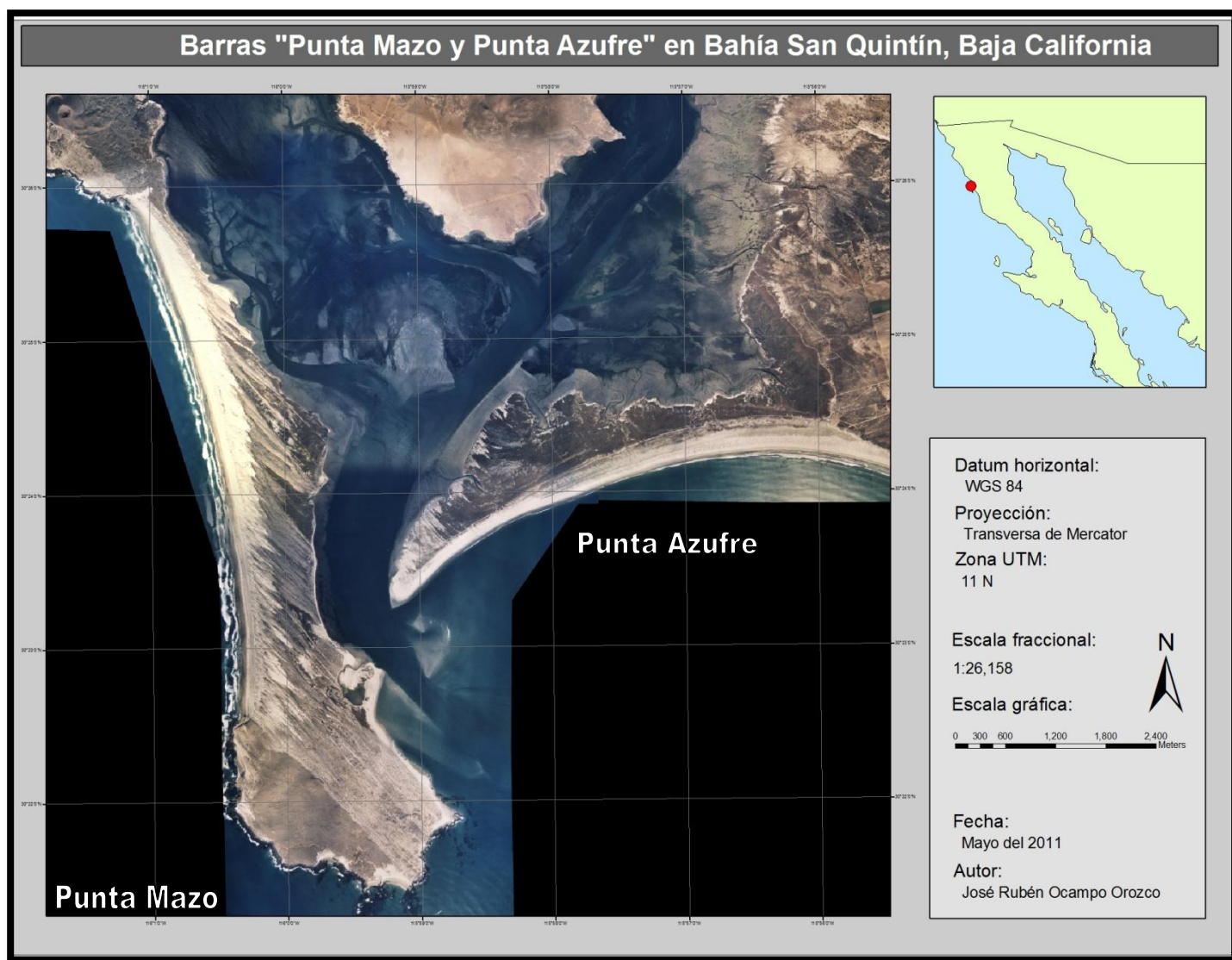


Figura 1. Mapa del área de estudio.

La región de San Quintín está formada por una planicie costera, conocida como Valle de San Quintín, y una laguna costera ligeramente hipersalina, la Bahía de San Quintín. La actividad agrícola de riego, sujeta a los aportes de agua subterránea, domina el valle; la acuacultura de ostiones, dependiente de los nutrientes y la materia orgánica de las surgencias, domina la bahía (FIR, 2007).

Bahía San Quintín colinda al oeste por un tómbolo de 8 km de largo que tiene orientación noroeste y al sur por una barrera de arena de 5 km con orientación este. Entre la punta de la barra arenosa y el costado interno del tómbolo se forma la única boca que permite el intercambio de agua permanente entre el océano y la laguna (Lara-Espinoza, 2007).

Es un sistema lagunar costero con una extensión aproximadamente de 42 km² en forma de “Y”; en donde uno de los brazos es “Bahía San Quintín” (lado este) y el otro “Bahía Falsa” (lado oeste) (Blancas 2009).

El canal secundario localizado en el margen derecho de Bahía falsa tiene profundidades mayores a 4 m en su inicio y disminuye conforme se interna hacia la cabeza de esta Bahía. Bahía Falsa cuenta con una anchura de 2.3 km y una longitud de 6 km desde la cabeza hasta un límite imaginario que resulta de trazar una recta paralela al canal principal desde la punta de la masa volcánica hasta el tómbolo (Blancas, 2009).

3.2. Importancia ecológica

La Bahía de San Quintín, es uno, de sólo dos humedales en la costa occidental de Baja California que representan lo que en épocas pasadas era un ecosistema más común en la región biogeográfica Californiana. Su biodiversidad deriva de su alta productividad, al ser un ecosistema que cuenta con una gran variedad de hábitats en un saludable estado de conservación y de estar ubicada en una región biogeográfica Mediterránea de transición entre zonas templadas y subtropicales. En esta área convergen flora y fauna con afinidades tropicales y templadas, dándole un carácter único a la región (Aguirre *et al.*, 1999).

Este hábitat es el componente más sureño (junto con el área de El Rosario) de la provincia florística Californiana y de la provincia faunística San Dieguense (Aguirre *et al.*, 1999; POEBC, 2005), y contiene varias especies y subespecies endémicas de plantas y

animales. La parte marina del sistema puede todavía ser considerada como un ambiente prístino, con marismas y lechos de pastos marinos donde se protegen diversas especies de peces durante su etapa de vida como juveniles y que constituyen uno de los sitios de invernación más importantes (refugio y sitios de alimentación) a una importante población de aves migratorias (FIR, 2007).

3.3. Clima

El clima que predomina es muy seco templado, para la zona de planicie costera que tiene pendiente ligera hacia el mar. La temperatura media anual oscila entre 18° y 22° C, la media mensual más alta es de 20°C para agosto; los meses más fríos son diciembre y enero con medias mensuales de 11° y 12° C. La precipitación más alta es en diciembre y en enero con medias mensuales de 20 a 25mm y las mínimas para los meses de mayo, junio y julio con medias menores a 1mm (González-Barradas, 1999).

Los vientos que dominan son del noroeste con variación diurna, en un régimen predominante de brisas marinas. Debido a lo somero de algunas zonas en BSQ éstas se encuentran sujetas a un intenso calentamiento que crean gradientes de temperatura causante de cambios en la densidad y corrientes (Juárez, 1982).

3.4. Medio marino

BSQ encuentra flanqueada por dos barras arenosas: la de Bahía Falsa, formada entre dos volcanes, con una extensión de 7 Km y la de Punta Azufre, de aproximadamente 5.5 Km. en su parte Sur. BSQ cubre un área de 42 Km², con una profundidad promedio de 2 m y un volumen aproximado de 90x10⁶ m³. La boca de acceso a la laguna se encuentra permanentemente abierta, conectada al mar por un canal de 15 m de profundidad, la cual va disminuyendo hacia el interior.

Es una laguna costera hipersalina que presenta un comportamiento antiestuarino con aportes de agua dulce a través del Arroyo San Simón en época de lluvias (Pro Esteros, 2000).

4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las dunas costeras representan un ecosistema frágil y dinámico que actúa como protección natural para la zona costera. Las dunas costeras de las barras de San Quintín cuentan con una gran importancia ecológica, siendo un hábitat que alberga gran diversidad de especies. Al mismo tiempo estas dunas representan una protección para las actividades antropogénicas que se desarrollan en el interior de la laguna costera.

Los cambios que ha sufrido este complejo ecosistema no han sido documentados; definir cuál ha sido su comportamiento a lo largo de las últimas décadas, permitirá generar la información necesaria para la buena toma de decisiones en el manejo de esta región.

5. OBJETIVO GENERAL

Describir el comportamiento de las dunas costeras en las barras “Punta Mazo y Punta Azufre”, San Quintín, B.C. entre los años 1973 y 2006

6. OBJETIVOS PARTICULARES

- Determinar el cambio en los elementos de las dunas entre 1973 y 2006 en términos de cobertura.
- Explicar los cambios y tendencias observados en el sistema de dunas analizado.
- Determinar la utilidad de las técnicas de percepción remota utilizadas como herramientas de gestión ambiental.

7. METODOLOGÍA

7.1. Delimitación del área de estudio

El área de estudio se dividió en dos polígonos, correspondientes a las barras de arena de San Quintín. El primero de ellos corresponde a la barra de arena conocida como “Punta Mazo”, mientras que el segundo se refiere a barra de arena de menor tamaño “Punta Azufre”.

7.2. Recopilación de imágenes

Se recopilaron imágenes correspondientes a 3 años. Fotografías aéreas con formato digital del año 1973 con 1 m de resolución. Para el año 2006, se contó con una serie de fotografías aéreas en formato digital y con una resolución de 1 m. Es importante mencionar que, con fines complementarios, se obtuvo una ortofoto del área de estudio de INEGI de 1992, con una resolución de 2 m.

7.3. Georeferenciación de las fotografías aéreas

Tanto las fotografías aéreas de 1973, como las del 2006, se georeferenciaron en el programa ER Mapper mediante el asistente de codificación geografía Geocoding Wizard. Se utilizó como referencia la ortofoto de 1992 de INEGI de la Bahía de San Quintín, debido a su resolución espacial y procesamientos previos; fue una corrección de tipo polinomial orden lineal. Se asignó un sistema de coordenadas (UTM, Zona 11) y datum WGS84.

7.4. Clasificación supervisada

Con el fin de identificar en las imágenes los elementos que describen la estabilidad de las dunas costeras para cada año a analizar, se llevó a cabo una clasificación supervisada en cada una de las imágenes de interés en el programa Idrisi Kilimanjaro. Para ello se le dio un tratamiento preliminar a las respectivas imágenes.

Primeramente se realizó un realce de las imágenes con el fin de optimizar su aspecto visual a través de un estiramiento lineal del histograma de frecuencias a través del modulo “Strech” del programa Idrisi Kilimanjaro.

Posteriormente se realizó un “falso color”, una técnica de mezclado de los distintos canales espectrales a través de filtros de colores rojo, verde, azul. En este caso se empleó la combinación RGB 321 (Rojo, Verde, Azul por sus siglas en inglés) a través del módulo “Composite” del mismo programa y se realizó para cada una de las imágenes.

Se establecieron áreas de entrenamiento, en cada imagen, a través de la definición de polígonos para cinco clases: (1) Arena, (2) Vegetación de duna tipo 1, (3) Vegetación de duna tipo 2, (4) Agua, (5) Rocas ígneas y (6) Marismas. Entendiendo como vegetación del tipo 1 a la que se distribuye principalmente sobre dunas embrionarias u poco estabilizadas, dominada por *Abronia marítima*, mientras que la vegetación del tipo 2 es la que se distribuye sobre las dunas secundarias, más estabilizadas, dominadas por *Croton californicus*, *Hazardia berberidis*, *Isocoma menzeisii* y *Lycium* spp (Vanderplank, 2010). Dentro de este tipo de vegetación también se considera aquella que coloniza las zonas más lejanas de la costa, compuesta principalmente por especies de matorrales costeros pero con una composición que está dominada por cactus y suculentas, incluyendo *Agave shawii* subsp. *shawii*, *Bergerocactus emoryi*, *Cylindroptuntia* spp., *Dudleya cultrata*, *Lophocereus schottii*, *Mammillaria dioica*, *Myrtillocactus cochal* y *Stenocereus gummosus* (Vanderplank, 2010).

A partir de las áreas de entrenamiento de cada imagen se generaron y analizaron las firmas espectrales de cada una de las clases definidas con el fin de observar la respuesta espectral de cada una de ellas. Es importante señalar que en cuanto más separadas se encuentren una de la otra, mejor será el resultado de la clasificación. Una sobreposición de las firmas espectrales de dos o más clases nos estará indicando una respuesta espectral similar, y por lo tanto un grado de error mayor.

Estas firmas se utilizaron, finalmente, para realizar una clasificación supervisada para cada una de las imágenes a través del módulo MAXLIKE. Este módulo realiza una clasificación de la máxima probabilidad de los datos remotamente detectados basados en los archivos de las firmas espectrales.

La clasificación de máxima probabilidad se basa en la función de la densidad de la probabilidad asociada a una firma particular del sitio del entrenamiento. Los píxeles se asignan a la clase más probable basada en una comparación de la probabilidad posterior que pertenece a cada uno de las firmas que son consideradas.

7.5. Construcción de un Sistema de Información Geográfica

Con el fin de determinar los cambios ocurridos en el periodo de tiempo estudiado para los elementos correspondientes a las clases 1, 2 y 3 (Arena, Vegetación de dunas tipo 1 y 2), se convirtieron las imágenes ya clasificadas en un formato raster a polígono, a través de la herramienta “Conversion Tool, From Raster to Polygon” del programa ArcGIS 9.3.

Una vez convertidas las imágenes se eliminó toda la superficie sin interés (resto de la bahía y el mar) de las mismas, conservando únicamente a las barras de arenas. Para ello se utilizó la herramienta “Clip”, la cual permite cortar los rasgos de interés a partir de un “molde”. Con el fin de cortar únicamente las dos barras, se generó un molde para cada una de ellas, basándose en el contorno de las mismas.

Posteriormente, se eliminaron los rasgos no analizados en este estudio, marisma, agua y superficies rocosas, con el fin de conservar los datos referentes a la arena y los dos tipos de vegetación. Para cada una de estas clases de interés se determinó su cobertura en metros cuadrados correspondiente a cada año para cada barra.

Finalmente, con el objetivo de observar los cambios de manera más detallada, se utilizó la herramienta de análisis “Union”, a partir de la cual, se unieron las tablas de datos de ambos años, para cada barra. A partir de esta unión fue posible generar una columna de cambio, en la cual se indica que elemento había en 1973 y que elemento había en el 2006. Un ejemplo simplificado y no real se presenta en la Tabla I:

Tabla I. Ejemplo, con datos no reales, del análisis de cambio generado en el SIG. ID se refiere al número de referencia de cada polígono.

ID_1973	Tipo_1973	ID_2006	Tipo_2006	Cambio	Descripción
1	Vegetación de duna Tipo 1	1	Arena	V1-A	Pérdida de vegetación tipo 1
2	Arena	2	Arena	A-A	Sin cambio

Por último se generó un mapa con los cambios encontrados para cada una de las barras y se determinó la superficie de cada uno. Los resultados se reportan tanto de manera gráfica como de manera tabular.

8. RESULTADOS

8.1. Descripción de Punta Mazo y Punta Azufre para 1973

A partir de la clasificación supervisada llevada a cabo para 1973, se generó el mapa que presenta la situación de los dos tipos de vegetación analizados y la superficie de arena desnuda (Figura 2).

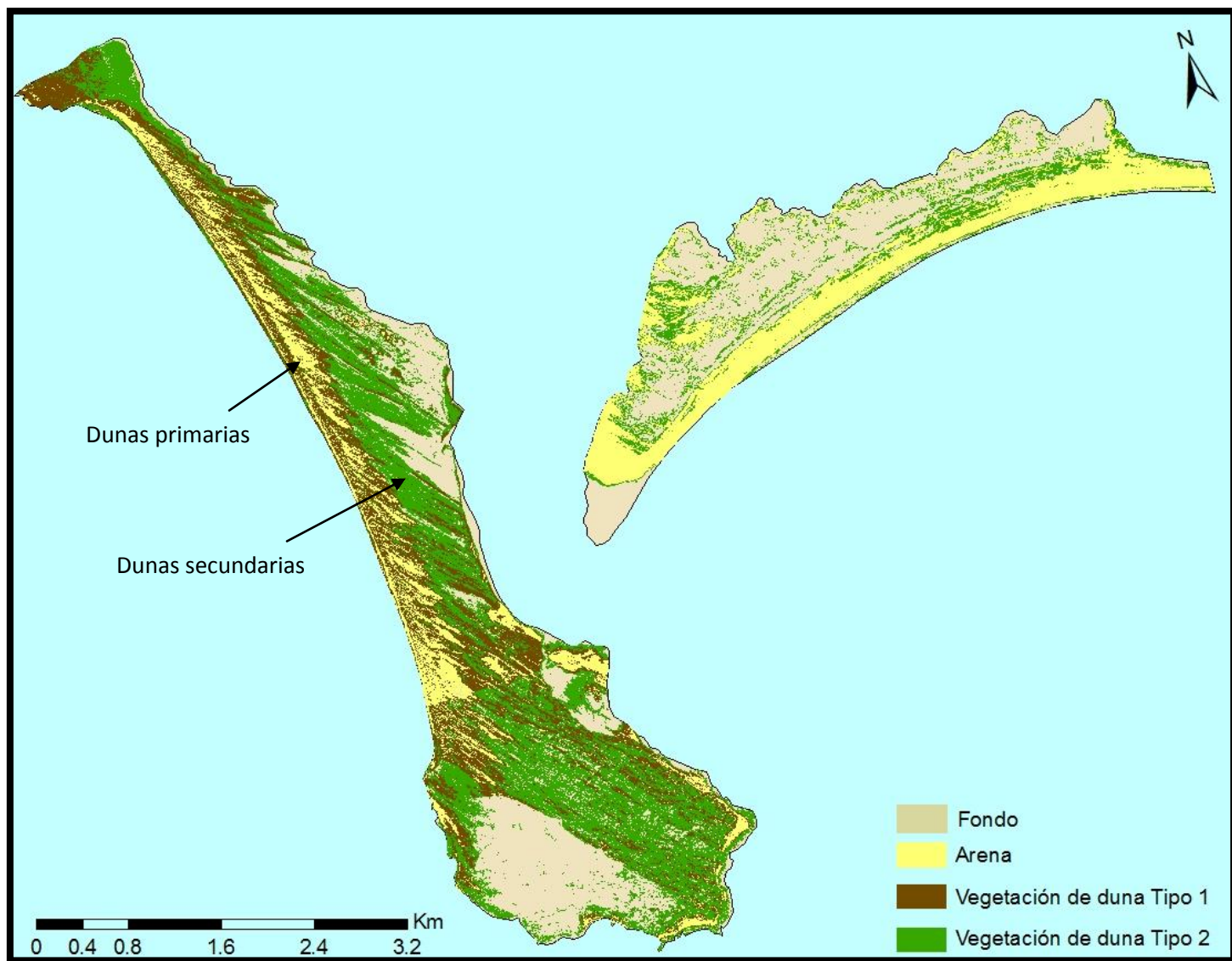


Figura 2. Punta Mazo y Punta Azufre para el año de 1973.

Se aprecia claramente el estado de las barras para este año. Punta Mazo, presenta un campo de dunas con un gradiente bien definido en su vegetación. Las dunas primarias de esta barra de arena presentan vegetación del tipo 1, prácticamente en su totalidad, debido a que únicamente este tipo de vegetación puede colonizar este dinámico ambiente.

Por otro lado, las dunas secundarias, están completamente compuestas por el segundo tipo de vegetación, la cual incluso se propaga sobre el extremo rocoso sur de la barra. Este tipo de vegetación es la que predomina, cubriendo una superficie total de 3,923,723 m², significativamente mayor que la del resto de los elementos.

La distribución de la vegetación y las zonas de arena en las dunas primarias, e incluso en las más estabilizadas, representa de manera clara los patrones de vientos predominantes con dirección noroeste y velocidades que oscilan entre los 2 y 12 m/s de acuerdo a la estación (Pro Esteros, 2000).

Por otro lado las superficies con zonas de arena desnuda se encuentran en el cordón de dunas primarias, representado las dunas sin estabilizar sujetas a la acción erosiva del viento con una superficie total de 3,923,723 m² (Tabla II).

Punta Azufre, por su parte, presenta una situación diferente. Primeramente es importante notar la ausencia de vegetación del tipo 1 en esta barra de arena. El segundo tipo de vegetación se encuentra distribuido hacia el interior de la misma, prácticamente en contacto con la región de la marisma y cubriendo una extensión de 887,046 m² (Tabla II).

En el caso de las zonas de arena, están prácticamente en su totalidad representadas por la playa y postplaya, así como por el extremo de la barra, siendo éstas totalmente carentes de vegetación.

Finalmente, cabe mencionar, el comportamiento de esta barra es característico de un ambiente dinámico, en el cual los factores marinos influyen de manera determinante en su morfología, presentando prácticamente ausencia de estabilización en su extremo oeste (Figura 2).

Tabla II. Superficie de arena, vegetación tipo 1 y 2 para ambas barras en 1973.

	Punta Mazo	Punta Azufre
Arena (m²)	1,302,744	1,750,943
Vegetación Tipo 1 (m²)	2.829,995	----
Vegetación Tipo 2 (m²)	3,923,723	887,046

8.2. Descripción de Punta Mazo y Punta Azufre para el 2006

El resultado del análisis realizado para las barras en el año 2006, (Figura 3), en la cual se aprecian cambios notables para ambas barras, particularmente para el caso de Punta Azufre.

La situación de Punta Mazo indica una pérdida en la vegetación de las dunas primarias. Claramente se aprecia como la superficie de arena se ha incrementado, en esta zona, dando como resultado un sistema aún menos estable (Figura 3).

Punta Azufre, por su parte presenta una condición totalmente distinta a la descrita para 1973. La barra de arena se ha alargado en su extremo más oeste propiciando un cambio en la distribución y composición de la vegetación.

Para este año se registra presencia de vegetación del tipo 1, la cual ha colonizado de manera clara a la postplaya, evidenciando la formación de dunas embrionarias en dicha zona.

Por su parte, el extremo de la barra, se encuentra casi en su totalidad estabilizado por vegetación de ambos tipos (Figura 3), a pesar de que esta zona represente la parte más dinámica del sistema.

Finalmente, a pesar que, al igual que para el año anteriormente analizado, la mayor parte de la superficie de esta barra está representada por arena desnuda (1,244,698 m²) como se aprecia en la Tabla III, existe un evidente incremento en la superficie ocupada por la vegetación.

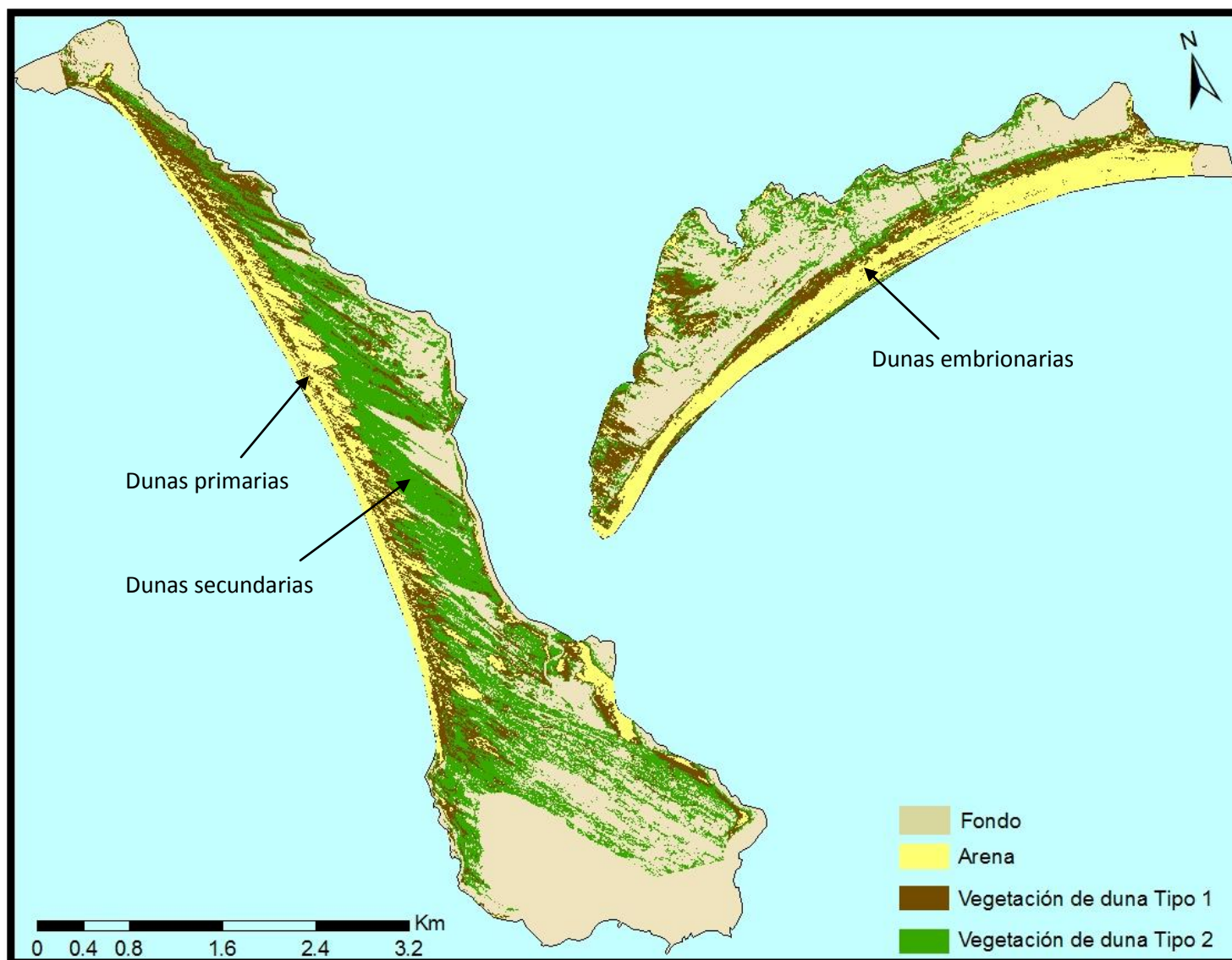


Figura 3. Punta Mazo y Punta Azufre para el año 2006.

Tabla III. Superficie de arena, vegetación tipo 1 y 2 para ambas barras en 2006.

	Punta Mazo	Punta Azufre
Arena (m²)	1,104,246	1,244,698
Vegetación Tipo 1 (m²)	1,539,000	903,642
Vegetación Tipo 2 (m²)	2,996,403	733,637

8.3. Descripción del cambio en las barras

Con el fin de analizar los cambios descritos de manera general en el apartado anterior, se analizó el cambio de los elementos de cada barra en el transcurso del tiempo (1973-2006).

8.3.1 Punta Azufre

En la Tabla IV se aprecia claramente cómo, tanto la superficie de arena desnuda, como la superficie de vegetación del tipo 2, disminuyeron, con el 29 y 17 % respectivamente en el periodo de 32 años analizados. Esta disminución se contrarresta con el surgimiento de un nuevo tipo de vegetación en la barra de arena, vegetación del tipo 1, la cual ocupa para el 2006 una superficie de 903,642 m².

En la Figura 4 se observa el cambio en los elementos que componen la barra. Para 1973, el 66% de la misma se encontraba completamente libre de vegetación, con únicamente el 34% de la superficie vegetada. Para el año 2006, la superficie de arena desnuda solo representa el 43%, lo que implica que la cobertura vegetal se incrementó al 56%.

Este cambio se ejemplifica con el acercamiento realizado para el extremo oeste de la barra para ambos años, (Figura 5). En la imagen se distingue la colonización de la vegetación en lo que anteriormente era arena completamente desestabilizada. El surgimiento de vegetación del tipo 1 indica que la zona corresponde a dunas embrionarias, al igual que las encontradas para este mismo año en la parte de la postplaya descritas en el apartado anterior.

Tabla IV. Cambio de los elementos en Punta Azufre entre los años 1973 y 2006.

	1973	2006	Cambio (m ²)	% de cambio
Arena (m²)	1,750,943	1,244,698	Pérdida de 506245	Pérdida del 29%
Vegetación Tipo 1 (m²)	0	903,642	Ganancia de 903642	Ganancia del 100%
Vegetación Tipo 2 (m²)	887,046	733,637	Pérdida de 153409	Pérdida del 17%

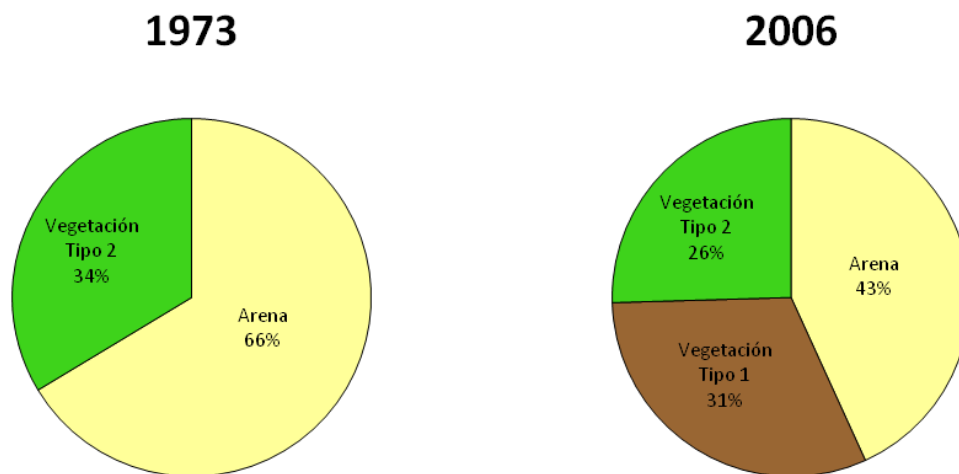


Figura 4. Cambio en la distribución de los elementos en Punta Azufre entre 1973 y 2006.

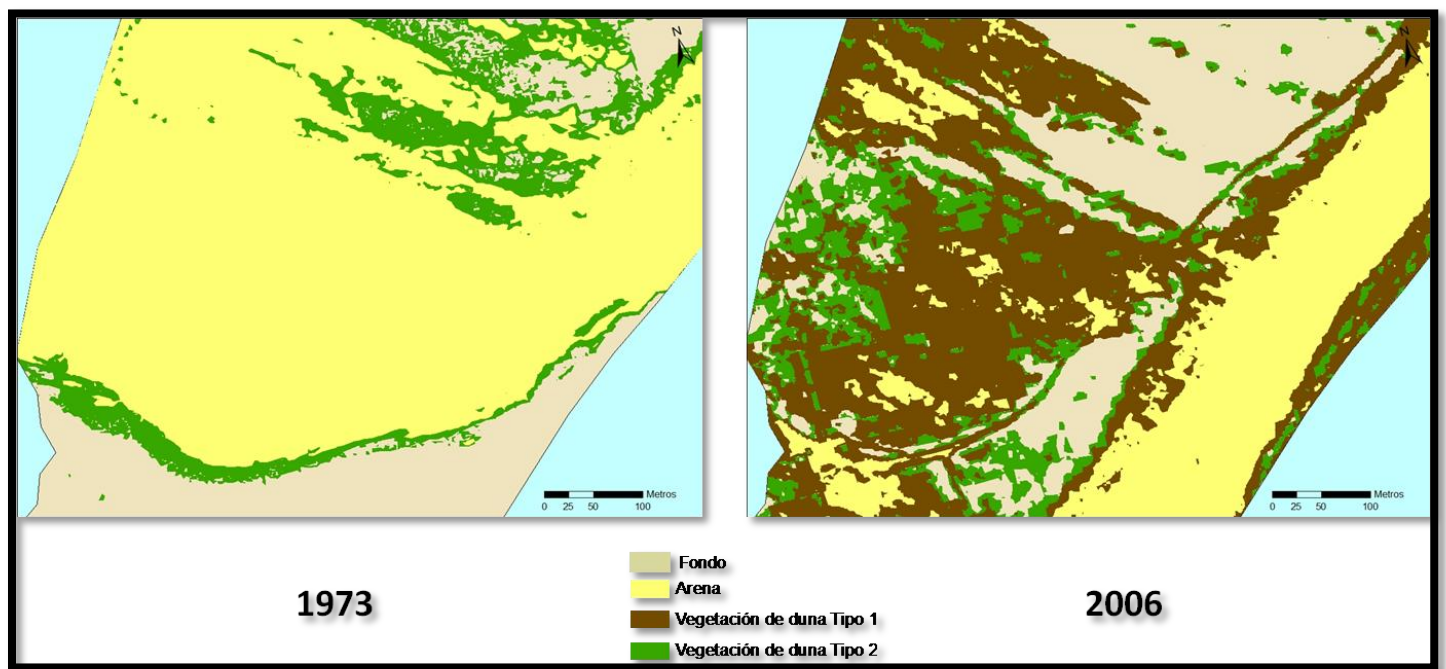


Figura 5. Cambio a gran escala de los elementos de una parte de Punta Azufre entre los años 1973 y 2006.

Posteriormente se describió el tipo de cambio experimentado para cada uno de los elementos descritos, con el fin de visualizar el comportamiento de la barra de arena.

Para ello se analizó el cambio en la superficie de la barra, en términos de que elemento ocupaba la superficie en 1973 y cual la ocupa para el año 2006.

Se encontró que, Punta Azufre presentó un crecimiento de vegetación del tipo 1 de 677,557 m² sobre lo que anteriormente correspondía a superficie de arena desnuda. De la misma forma la vegetación del segundo tipo se propagó sobre la superficie arenosa cubriendo alrededor de 542,991 m².

En la Figura 6 se aprecia claramente cómo este crecimiento de la vegetación del tipo 1 sobre zonas anteriormente arenosas, una vez más describe el surgimiento de dunas embrionarias vegetadas en la postplaya, confirmando lo encontrado de manera más general en el mapa de la Figura 3.

Por otra parte se aprecia, en menor escala, una sustitución de la vegetación del tipo 2 por vegetación característica de dunas embrionarias en una superficie de 226,084m² en las mismas zonas en las que se describe su crecimiento.

La vegetación del tipo 2, presenta una segunda pérdida en términos de cobertura. Para el año 2006 alrededor de 150,658 m² de lo que anteriormente era vegetación de este tipo, corresponde a zonas de arena desnuda. Estas áreas de pérdida vegetal se ubican principalmente en el extremo más este de la barra de arena.

Uno de los cambios más notorios de Punta Azufre, es la acreción observada para el 2006. Alrededor de 184,358 m² de superficie de arena desnuda se han añadido a la superficie total de la barra, incrementando su longitud alrededor de 500 m (Figura 6) en un periodo de tiempo de 32 años.

La parte de la playa de la barra se mantuvo prácticamente sin cambio, como se aprecia a través de la superficie de arena de 778,010 m² que no ha experimentado variación alguna en el periodo analizado (

Tabla V).

Tabla V. Descripción de los cambios observados en los elementos de Punta Azufre. (V1=Vegetación de duna tipo 1, V2=Vegetación de duna tipo 2).

Tipo de cambio	Descripción	Superficie (m ²)
acreción	Crecimiento de la barra de arena	184,358
V2 sin cambio	Vegetación del tipo 2 que no presenta cambio	190,646
V2 a V1	Vegetación del tipo 2 que fue sustituida por vegetación del tipo 1	226,084
V2 a arena	Pérdida de cobertura de vegetación del tipo 2	150,658
crecimiento V2	Crecimiento de vegetación del tipo 2	542,991
crecimiento V1	Crecimiento de vegetación del tipo 1	677,557
arena sin cambio	Arena desnuda sin cambio	778,010

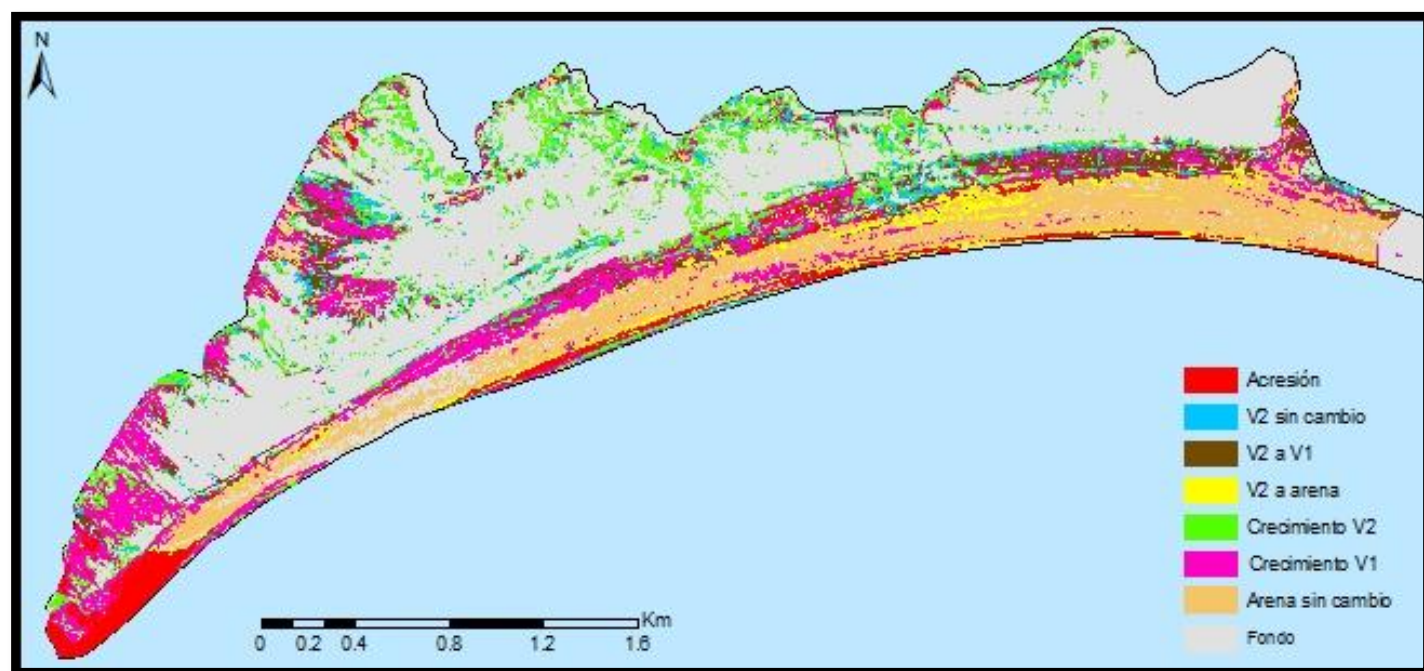


Figura 6. Cambio de los elementos en Punta Azufre entre 1973 y 2006.

8.3.2 Punta Mazo

En la Tabla VI se aprecia claramente cómo todos los elementos de la barra de arena registraron una pérdida en términos de superficie para el año 2006. La superficie mayormente afectada, con un 46%, corresponde a la cobertura de la vegetación del tipo 1, sin embargo, la vegetación del segundo tipo también presentó una disminución importante (24%).

En la Figura 7 se aprecia claramente cómo la disminución de la superficie de cada uno de los elementos, ocasionó un cambio en la proporción de la cobertura de los mismos. En 1973 la vegetación del tipo 2 cubría el 49% de la barra, sin embargo, en el 2006, cubre el 53% de Punta Mazo.

Para el caso de la vegetación del tipo 1, en 1973 cubría alrededor del 35% de la barra de arena, sin embargo, su cobertura para el año 2006 únicamente representa el 26% (Figura 7).

Por su parte, la superficie de arena desnuda, presenta una situación muy parecida a la descrita para la vegetación de tipo 2. A pesar de que existen menos m^2 de arena para el año 2006, la proporción con el resto de los elementos, especialmente debido a la pérdida de vegetación del tipo 1, hace que la arena desnuda represente el 20% de la barra, comparado al 16% que representaba para 1973 (Figura 7).

Estos cambios se visualizan de manera clara en el acercamiento de la barra presentado en la Figura 8, donde se aprecia la disminución de la cobertura vegetal del tipo 1, y el aumento en la proporción de arena para el año 2006 con respecto a 1973. El acercamiento no muestra notable cambio en la vegetación del segundo tipo, sin embargo, su proporción con respecto a 1973, como ya se mencionó, es mayor.

Tabla VI. Cambio de los elementos en Punta Mazo entre los años 1973 y 2006.

	1973	2006	Cambio (m^2)	%
Arena (m^2)	1,302,744	1,104,246	Pérdida de 198,497	Pérdida del 15%
Vegetación Tipo 1 (m^2)	2,829,995	1,539,000	Pérdida de 1,290,995	Pérdida del 46%
Vegetación Tipo 2 (m^2)	3,923,723	2,996,403	Pérdida de 927,320	Pérdida del 24%

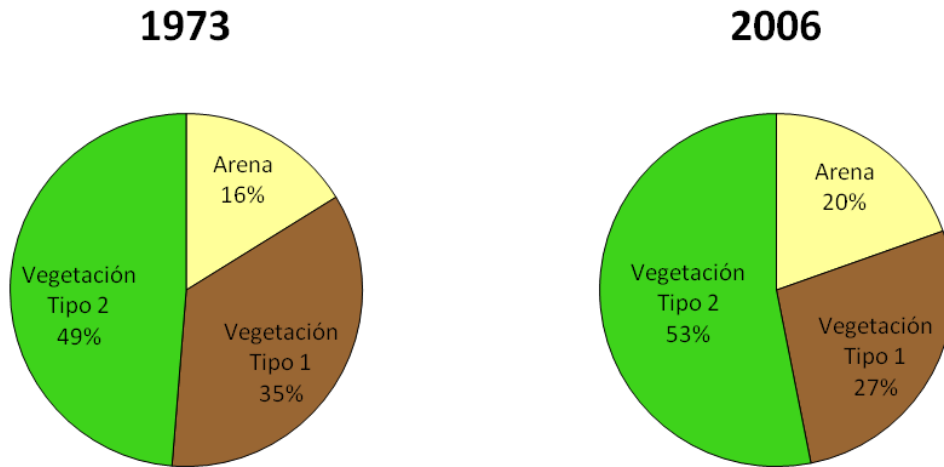


Figura 7. Cambio en la distribución de los elementos en Punta Mazo entre 1973 y 2006.

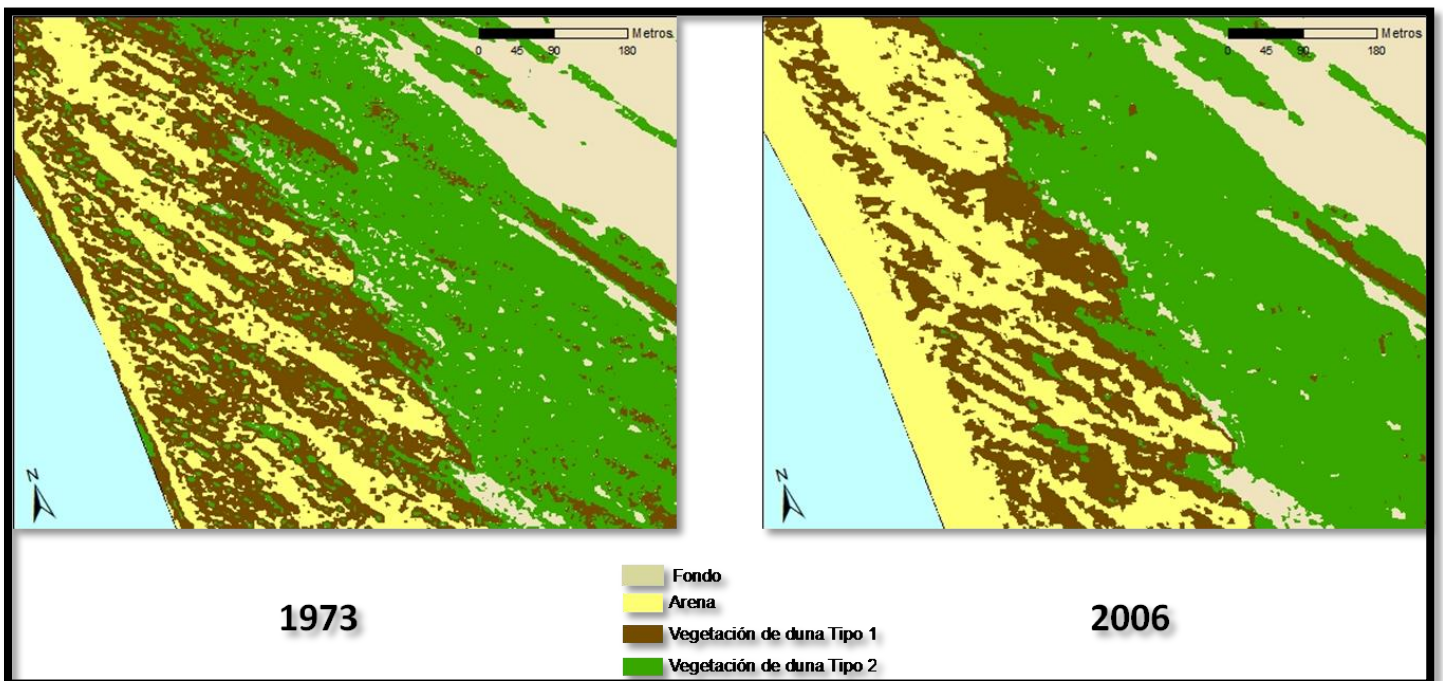


Figura 8. Cambio a gran escala de los elementos de una parte de Punta Mazo entre los años 1973 y 2006.

Posteriormente, como en el caso del análisis anterior, se describió el tipo de cambio de la superficie de la misma en términos más detallados y con el objetivo de visualizar su comportamiento.

Como se aprecia en la Tabla VII, la pérdida de vegetación del tipo 1 para el 2006, al ser sustituida por vegetación del segundo tipo, representa el cambio más relevante en términos de superficie, con alrededor de 916, 595 m². Este cambio en la composición vegetal se presentó principalmente en el primer cordón de dunas (Figura 9).

Sin embargo, la pérdida de la vegetación del tipo 1, no se limita a su sustitución por vegetación del tipo 2. De acuerdo a lo presentado en la tabla, su cobertura también se ve afectada, en una superficie de 450,431 m², correspondiente, para el 2006, a arena desnuda. Este proceso se observa de manera clara en las dunas secundarias (Figura 9).

Tabla VII. Descripción de los cambios observados en los elementos de Punta Mazo. (V1=Vegetación de duna tipo 1, V2=Vegetación de duna tipo 2).

Tipo de cambio	Descripción	Superficie (m²)
acreción	Crecimiento de la barra de arena	43,579
V1 sin cambio	Vegetación del tipo 1 que no presenta cambio	695,606
V2 sin cambio	Vegetación del tipo 2 que no presenta cambio	1,613,531
V1 a V2	Vegetación del tipo 1 que fue sustituida por vegetación del tipo 1	916,595
V2 a V1	Vegetación del tipo 2 que fue sustituida por vegetación del tipo 1	319,141
V1 a arena	Pérdida de cobertura de vegetación del tipo 1	450,431
V2 a arena	Pérdida de cobertura de vegetación del tipo 2	129,666
crecimiento V1	Crecimiento de vegetación del tipo 1	527,002
crecimiento V2	Crecimiento de vegetación del tipo 2	469,047
arena sin cambio	Arena desnuda sin cambio	485861

En el caso de la vegetación del tipo 2, la mayor parte de su cobertura en términos superficiales, se mantuvo constante e igualmente distribuida con el paso de los 32 años analizados (1,613,351 m²). Solo una pequeña porción de esta vegetación fue sustituida por la del tipo 1, 319,141 m², a lo largo de la extensión de la barra y de manera dispersa (Figura 9). Una segunda pérdida para este tipo de vegetación, aun menos importante, de 129,666 m², se encuentra en las zonas, que para el año 2006, representan arena desnuda, principalmente ubicadas en las dunas primarias, y en el lado este de la barra.

El crecimiento o expansión de ambas vegetaciones sobre lo que anteriormente eran zonas de arena, es parecido en términos de extensión (527,002 y 469,047.51 m² para la vegetación del tipo 1 y 2 respectivamente). Sin embargo la ubicación en la que se presenta este crecimiento difiere. Como es de esperarse, la expansión de la vegetación del primer tipo se observa principalmente en las dunas primarias, mientras que el crecimiento de la vegetación del tipo 2 se aprecia claramente en las dunas más estabilizadas (Figura 10).

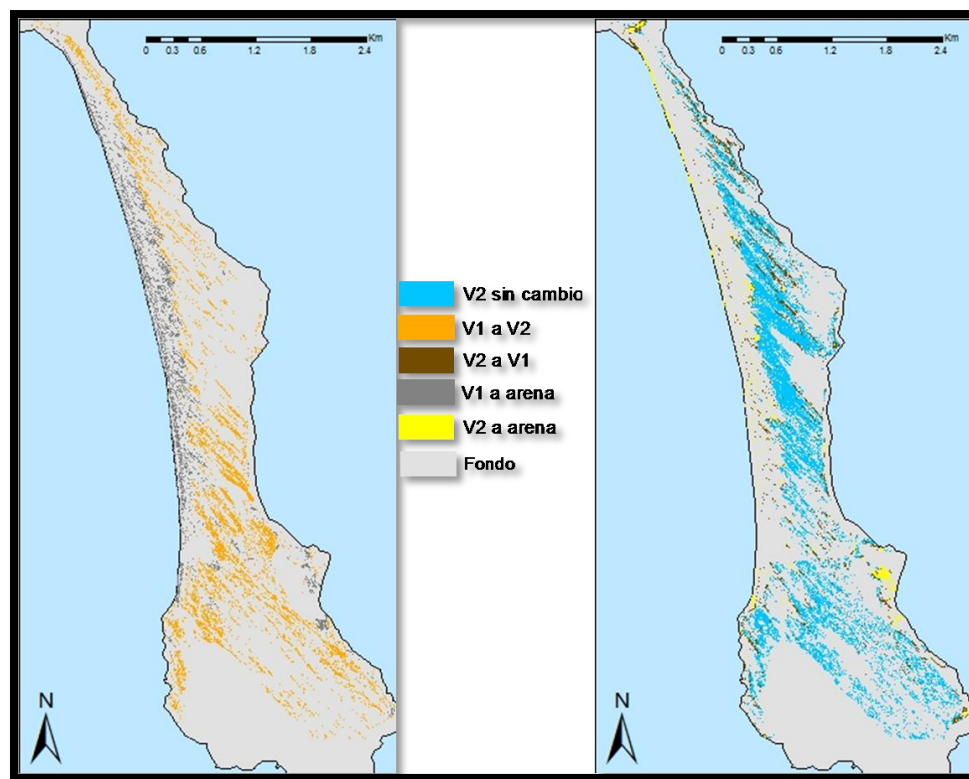


Figura 9. Cambios en la cobertura y distribución de la vegetación entre 1973 y 2006 en Punta Mazo. (V1=Vegetación del tipo 1, V2=Vegetación del tipo 2).

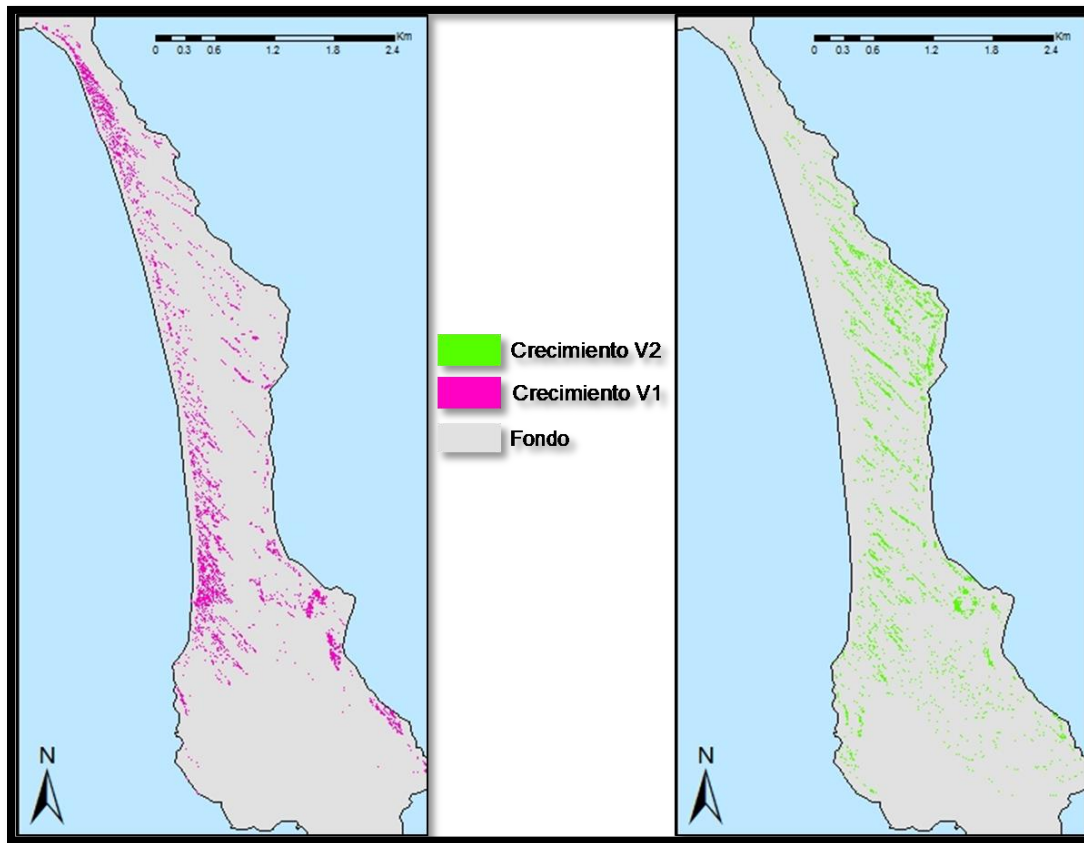


Figura 10. Crecimiento de la vegetación sobre zonas arenosas entre 1973 y 2006 en Punta Mazo. (V1=Vegetación del tipo 1, V2=Vegetación del tipo 2).

En la Figura 11 se observan todos los cambios encontrados en Punta Mazo y descritos en la Tabla VII, de forma separada, en las dos figuras anteriores.

A diferencia de la primera barra analizada (Punta Azufre), Punta Mazo no presenta evidencias de importante movimiento de arena, prácticamente no existe acreción y la barra ha mantenido su morfología en el lapso de tiempo analizado.

Con el fin de apreciar los cambios de manera más clara se presenta un acercamiento a una parte central de la barra Figura 12. Como ya se describió, se observa claramente la pérdida de vegetación del tipo 1, y la extensa superficie de vegetación del tipo 2 que se ha mantenido constante a lo largo del tiempo.

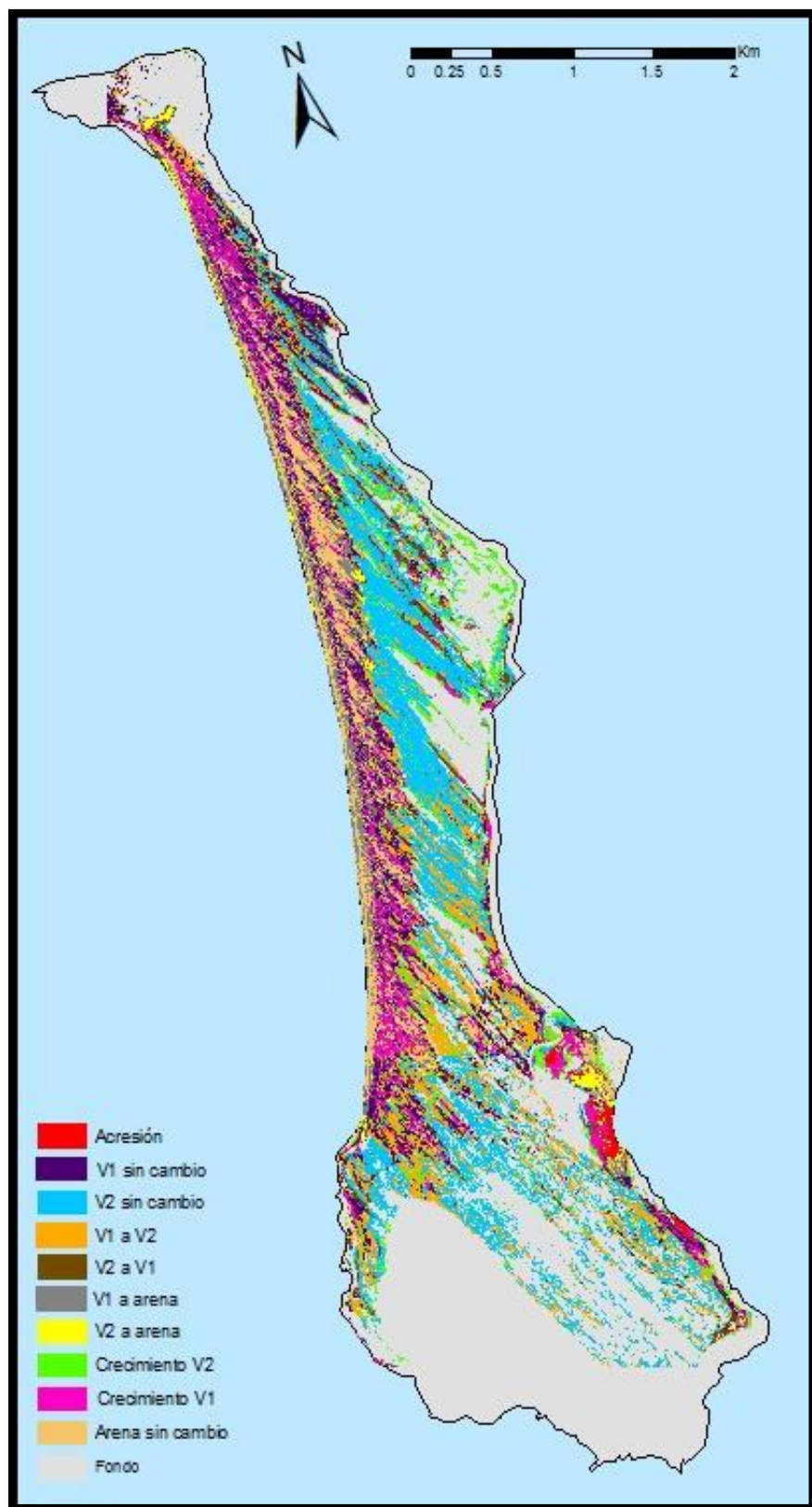


Figura 11. Cambio de los elementos en Punta Mazo entre 1973 y 2006.

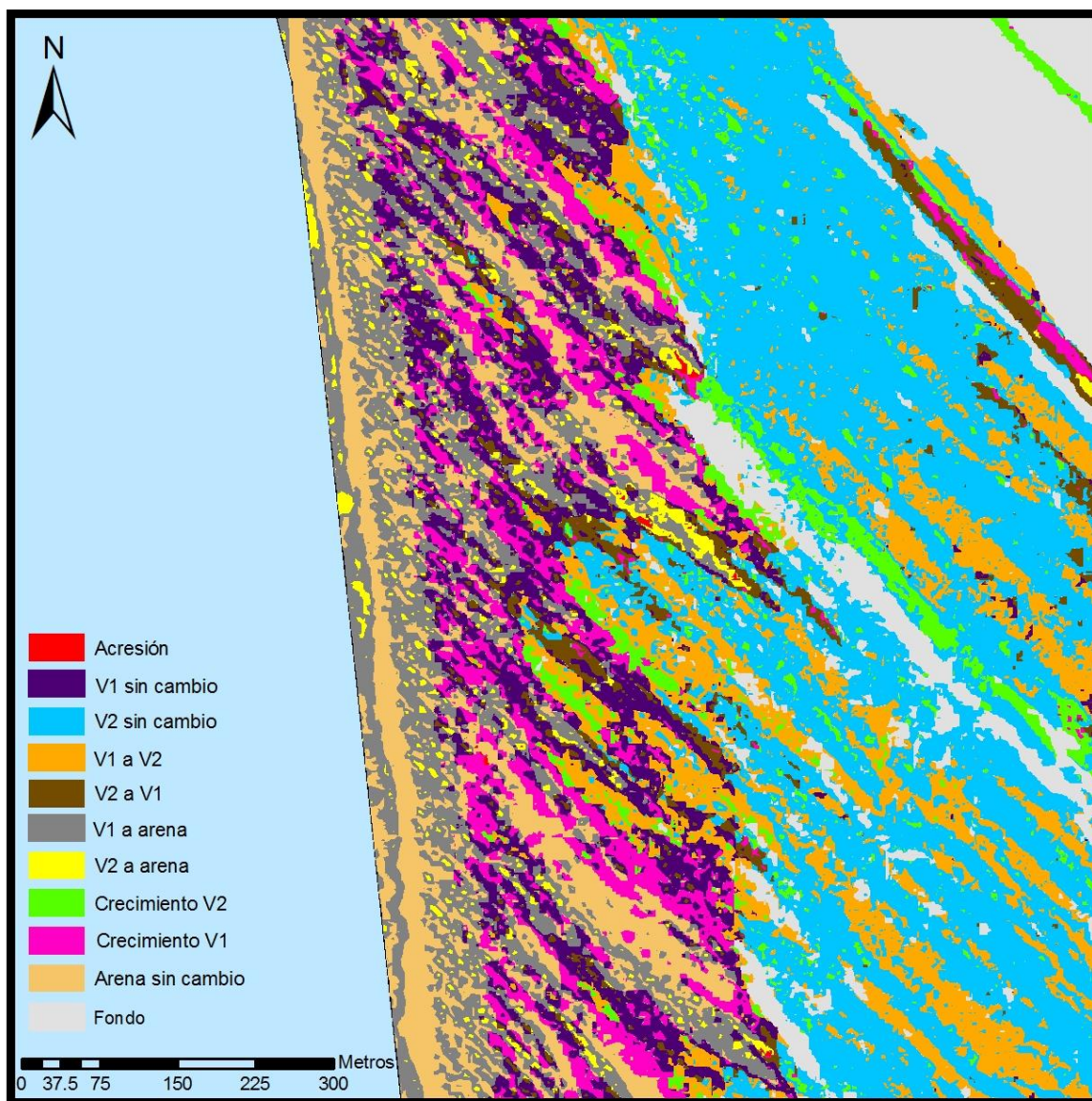


Figura 12. Acercamiento de los cambios de los elementos en una parte de Punta Mazo entre 1973 y 2006.

9. DISCUSIÓN

9.1. Cambios de los elementos de las barras de Bahía San Quintín

El monitoreo de los componentes principales de los ecosistemas y sus interacciones, especialmente para aquellos ecosistemas dinámicos y complejos como los campos de dunas, es una técnica ampliamente usada como un instrumento de manejo y conservación (Assendorp, 2010).

Los mapas de cobertura vegetal resultantes de estos monitoreos, tanto espaciales como temporales, son herramientas esenciales para la planeación y evaluación del grado de conservación de una zona. De manera general, los objetivos de un plan de manejo pueden definirse en términos de los atributos de la vegetación, ya sea por su valor intrínseco o por su importancia en la caracterización de un hábitat (Provoost *et al.*, 2005).

Por otro lado, desde el punto de vista puramente científico, los detalles espaciales de la distribución de la vegetación de un área, provén la información básica para el entendimiento de su dinámica y la caracterización de hábitats.

Como se aprecia en los resultados presentados en el apartado anterior, las dunas costeras de las barras de Bahía San Quintín han sufrido una serie de cambios en el transcurso del periodo analizado (1973-2006).

En términos de vegetación, existe una disminución evidente de la cobertura vegetal del tipo 2 de las dunas para el año 2006 en ambas barras, sin embargo, los cambios en términos más específicos aportan información complementaria que permite describir el comportamiento de los componentes del sistema.

Primeramente, es importante mencionar, que la cobertura vegetal tiene una relación directa con la precipitación, y que en ocasiones, los cambios encontrados únicamente se deben a la diferencia en la estación del año en la que se tomó la imagen aérea. Afortunadamente, las fotografías correspondientes al año 1973 y las del 2006 fueron tomadas en la misma época del año, otoño (octubre y septiembre respectivamente).

Por otro lado, es importante considerar el fenómeno El Niño con el fin de determinar las condiciones climatológicas para cada año analizado. De acuerdo a lo reportado por la NOAA, 1973 fue un año Niña, caracterizado por sequías en el lado Este del Océano

Pacífico, mientras que el año 2006, correspondió a un moderado evento Niño, caracterizado por lluvias en el Pacífico Oriental.

En la grafica de la Figura 13 se aprecia un análisis histórico para estos eventos. Es importante señalar, que en el año 1972 se presentó un muy fuerte evento Niño, por lo que las precipitaciones para esta región debieron de verse incrementadas, sin embargo, no se encontró un registro de las mismas para ese año. Esto podría haber generado un incremento en la cobertura vegetal de las dunas costeras que perdurara a pesar del cambio en las condiciones climáticas del año siguiente.

Por otro lado, en la grafica se aprecia como el año 2006, presenta ambas condiciones. En Tabla VIII se indica que las condiciones Niña perduraron hasta los meses de mayo, para posteriormente cambiar a condiciones Niño en junio. Es importante señalar que las precipitaciones registradas para ese año son escasas, con un promedio de 1.3 mm para el mes en que se tomaron las fotografías (septiembre) y de 0 mm para el mes anterior (CONAGUA, 2006). Estas condiciones podrían verse reflejadas en la pérdida general de cobertura vegetal para este año.

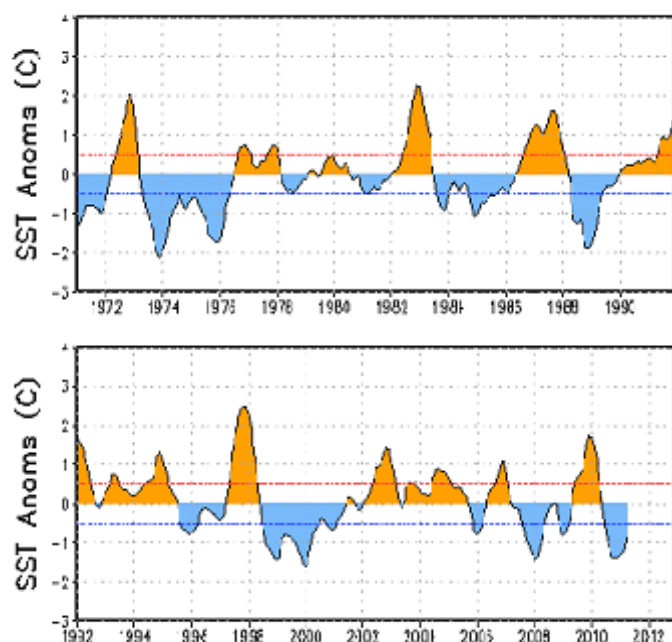


Figura 13. Registro histórico de años Niño (color naranja) y Niña (color azul) (Fuente: NOAA).

Tabla VIII. Registro de las anomalías de la temperatura superficial del mar que caracterizan al fenómeno ENSO para los años de interés. (Color naranja= Condiciones Niño, Color azul=Condiciones Nina, sin color=Condiciones neutras). Fuente: NOAA.

Año/Meses	DEF	EFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDE
1972	-0.7	-0.4	0.0	0.2	0.5	0.8	1.0	1.3	1.5	1.8	2.0	2.1
1973	1.8	1.2	0.5	-0.1	-0.6	-0.9	-1.1	-1.3	-1.4	-1.7	-2.0	-2.1
2005	0.7	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3	0.2	-0.1	-0.4	-0.7
2006	-0.7	-0.6	-0.4	-0.1	0.1	0.2	0.3	0.5	0.6	0.9	1.1	1.1

Al analizar los cambios ocurridos en las barras de manera más específica, se encontró que la situación de los elementos analizados en Punta Azufre para el año 2006 es completamente diferente a lo descrito para el año 1973.

Primeramente es importante mencionar que esta barra presentó una acreción de más de 500 metros en su extremo oeste y un cambio importante en la composición vegetal. Como se describe en los resultados, existe un crecimiento de vegetación del tipo 1 en la parte posterior de la playa, evidenciando la formación de dunas embrionarias.

Las dunas embrionarias son dunas en fase de construcción, con suelos muy inestables que pueden estar secos o inundados y con características semejantes a las del cordón litoral. Las especies que aparecen en esta zona, suelen tener largas raíces para captar el agua de zonas profundas y estrategias para minimizar las pérdidas de agua, como poseer poca superficie de exposición a la deshidratación (Martínez, 2008). Las plantas características de estos medios poco estables son las especies descritas como vegetación del tipo 1.

De acuerdo a Martínez (2008), la formación de dunas embrionarias da inicio cuando la arena transportada por el viento queda atrapada por la vegetación que crece en la playa, o bien por otros obstáculos que se pueden encontrar en la playa, por lo que este cambio tanto geomorfológico, como vegetal en Punta Azufre, puede evidenciar el surgimiento de un nuevo ecosistema en la barra.

Por otro lado, la situación en Punta Mazo, en el lapso de tipo analizado, fue más estable. Como ya se mencionó se observa una pérdida general en la cobertura vegetal, sin embargo, la vegetación más afectada por esta disminución es la vegetación del tipo 1, la cual, es

evidentemente remplazada por vegetación del segundo tipo. Esto podría deberse al cambio en las condiciones climatológicas entre 1973 y el 2006, descritas anteriormente.

9.2. Limitantes y ventajas de las técnicas de percepción remota y los sistemas de información geográficos

La teledetección, mediante la identificación de ambientes y su estado, constituye una herramienta fundamental en la generación de inventarios de recursos naturales (Farías y Dimundo, 2003). Las técnicas utilizadas con este propósito, se basan en clasificaciones numéricas, y datan por lo menos de los años 70. Desde entonces se han desarrollado dos tipos de aproximaciones y, a pesar de los progresos recientes, las mismas siguen siendo las opciones básicas. Estas aproximaciones difieren en el tipo de supuestos que contienen sobre el conocimiento de la escena que se clasificará (Cihlar, 2000).

En la primera, la “clasificación supervisada”, se asume el conocimiento *a priori* de todos los tipos de cobertura dentro de la escena clasificada. Este conocimiento se utiliza para definir las firmas de las clases del interés, de ser aplicado a la escena entera. En la segunda, la “clasificación no supervisada”, ninguna información anterior sobre los tipos de la cobertura del terreno o su distribución es requerida (Cihlar, 2000).

En un estudio de análisis de un ecosistema en donde se conoce qué clases se quieren definir, y se posee al menos una muestra conocida de cada una, es preferible la clasificación supervisada (Monserrat, 2010). Este conocimiento permite delimitar áreas representativas de las categorías analizadas (sitios de entrenamiento), lo que puede considerarse una gran ventaja debido a que se tiene control sobre el procedimiento. Por otra parte, la selección de áreas o sitios de entrenamiento puede derivarse en errores del tipo humano, lo que no ocurre cuando se utilizan técnicas no supervisadas.

De acuerdo a Lathrop (1999), la selección de áreas de entrenamiento proporciona, como ya se mencionó un gran control sobre el procedimiento, sin embargo, está demostrado que existe una tendencia a sobreestimar la variabilidad de las clases espectrales. Además de acuerdo a este autor es importante la selección de múltiples zonas de entrenamiento para cada clase.

Por otra parte, el tipo de clasificador utilizado influye de manera significativa en los resultados obtenidos. El clasificador empleado para obtener los resultados descritos para las barras de Bahía San Quintín fue MAXLIKE (Maximum likelihood classifier o Clasificador de máxima probabilidad). Este clasificador asume que los datos siguen una función de distribución normal, lo que en ocasiones puede representar una desventaja, para asignar la probabilidad de que un pixel cualquiera pertenezca a cada una de las clases. El pixel se asigna de este modo a la clase a la que es más probable que pertenezca (Lathrop, 1999).

Los resultados obtenidos, finalmente, no carecen de errores, la asignación de los pixeles a las clases correspondientes no siempre es perfecta. Esto se debe principalmente a que algunas clases tienen respuestas espectrales similares. La Figura 14, es un ejemplo de las firmas espectrales desarrolladas para cada clase y se observa de manera clara que la marisma, el agua y la vegetación con roca presentan un comportamiento muy similar, por lo que la detección de estas clases puede tener un grado más alto de incertidumbre.

Por otra parte, las firmas espectrales de los dos tipos de vegetación y la arena, se distinguen de manera muy clara, evidenciando mejores resultados para estas clases.

Es importante mencionar que, debido a lo presentado en la Figura 14, se decidió no incluir en los resultados a las zonas detectadas como marisma, agua y rocas con vegetación. Además se eliminaron todos los cambios registrados que incluyeran alguno de estos elementos. Esto explica la razón por la que no se reportó la aparente pérdida de vegetación del tipo 1 en la parte más norte de Punta Mazo (Figura 2). Esta parte de la barra se clasificó para 1973 como vegetación tipo 1, y para el año 2006 como marisma, por lo que no se consideró para el análisis de ese año. Al analizar las diferencias entre 1973 y 2006 se eliminaron este tipo de cambios muy improbables y sujetos a errores. La parte norte de Punta Mazo, corresponde a un campo pesquero sobre un sustrato rocoso, carente de vegetación, lo que comprueba los errores en la clasificación y la adecuada decisión de eliminar las clases más sujetas a ellos.

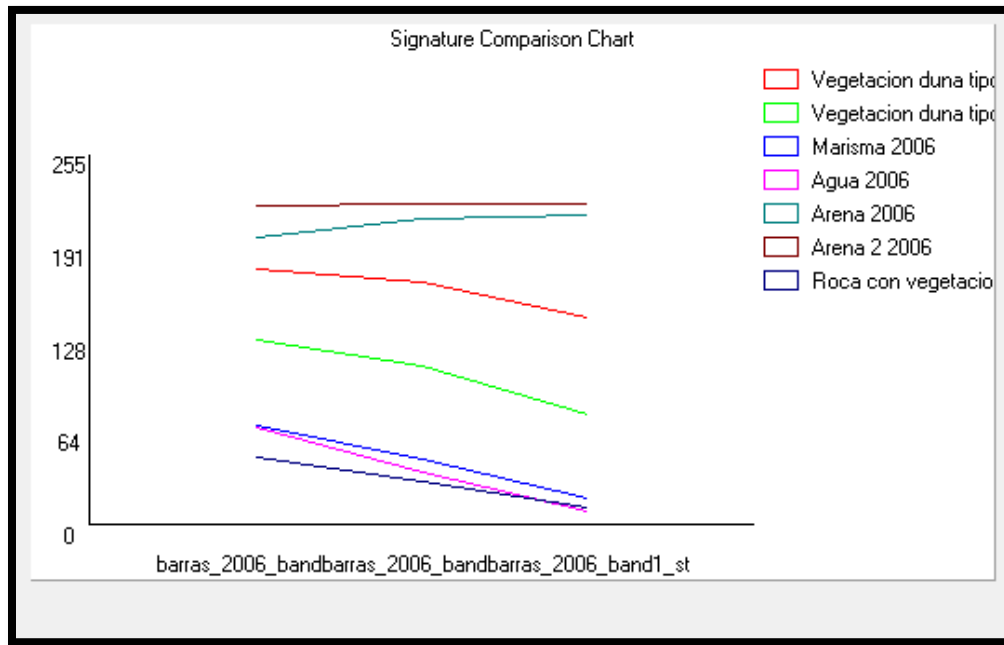


Figura 14. Firmas espectrales generadas para la clasificación supervisada.

Finalmente, es muy importante mencionar que una parte de esta técnica de análisis la constituye la comprobación de los resultados. Esto se hace a través de la comparación de puntos tomados aleatoriamente en el campo con los obtenidos a través de la técnica de clasificación supervisada. De acuerdo a Lathrop (1999), se requiere un mínimo de 30 puntos tomados aleatoriamente con un GPS en el campo para cada clase. Debido a que este procedimiento implica una inversión importante de tiempo, no se llevó a cabo, sin embargo se recomienda su realización con el fin de completar este trabajo.

9.3. Las técnicas de percepción remota y los sistemas de información geográfica en la gestión ambiental de los ecosistemas costeros

El manejo adecuado de los ecosistemas costeros es de suma importancia para alcanzar un uso y desarrollo sustentable, y la protección de los recursos, zonas costeras y marinas. Para alcanzar este objetivo, el entendimiento de los procesos costeros y su interacción en el ambiente es necesario (Ramachandran, 2005).

Una evaluación cuidadosa de los cambios que ocurren en el ambiente costero y sus ecosistemas, esta acción constituye un factor elemental para el manejo el manejo efectivo de los ecosistemas costeros.

Actualmente los sensores remotos han demostrado ser una herramienta importante para la obtención efectiva de información, la cual, unida a los SIG permite realizar análisis de tendencias y estimaciones de cambios, que pueden mejorar el proceso de toma de decisiones (Ramachandran, 2005).

Por otro lado, cabe mencionar que la utilización de estas técnicas de extracción de información, son relativamente económicas en tiempo y esfuerzo. El realizar un estudio como el que se llevó a cabo en las barras de Bahía San Quintín implicaría realizar múltiples y extensos muestreos de campo, en un área extensa y de difícil acceso.

El comprobar la efectividad de los resultados encontrados, no se compara con la obtención de los mismos a través de técnicas tradicionales.

Adicionalmente, el análisis de imágenes, ya sea satelitales o aéreas, permite estudiar el cambio en el tiempo de una zona, lo que representa una ventaja significativa.

10. CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES

- Se observa una pérdida general en la cobertura vegetal del tipo 2 en ambas barras de Bahía San Quintín entre 1973 y el 2006, posiblemente asociada a los eventos climáticos registrados para cada año.
- Punta Azufre presenta un cambio importante en la composición vegetal, registrándose la presencia de vegetación del tipo 1 para el año 2006, ausente en el periodo anterior. Esta vegetación evidencia la formación de dunas embrionarias en la parte posterior de la playa de la barra.
- En el periodo analizados, Punta Azufre presenta un crecimiento de la barra de arena en su extremo oeste de aproximadamente 500 m.
- La clasificación supervisada es una técnica de extracción de información con diversas ventajas, sin embargo, como todo método no es carente de errores.
- Por su parte, los SIG son una herramienta que permiten la obtención de datos de carácter espacial y la detección de cambios en términos de superficie, lo que representa un instrumento versátil y útil para el apoyo en la toma de decisiones de manejo de recursos.
- Las técnicas de percepción remota y los SIG, son herramientas complementarias que actualmente permiten el diagnóstico y monitoreo de los atributos ambientales para facilitar y mejorar la gestión de los mismos.
- Se recomienda, implementar un estudio de verificación de los resultados obtenidos en el presente trabajo, a fin de evaluar la técnica utilizada.
- Se recomienda la preservación del ecosistema de dunas costeras en las barras de San Quintín, debido a su importancia como hábitat de especies, y los servicios ambientales de protección de la costa que prestan al interior de la laguna.

11. BIBLIOGRAFÍA

- Aguirre, A., B. Contreras, H. de la Cueva, S. González, L. Martínez Ríos, V. Martínez, C. Montes, E. Palacios, R. Paz Esparza, M. Salazar, J. Serrano. 1999. Opinión técnica sobre los proyectos turísticos “Cabo San Quintín” y “Bay Shores”, en Bahía San Quintín, Baja California. 32 pp.
- Álvarez-Borrego, S., G. Ballesteros y A. Chee, 1975. Estudio de algunas variables fisicoquímicas superficiales en la Bahía de San Quintín en verano, otoño e invierno. *Ciencias Marinas*. 2:1-9.
- Álvarez-Borrego, S. y Che-Barragán, A. 1976. Distribución Superficial de Fosfatos y Silicatos en Bahía San Quintín, B.C. *Ciencias Marinas* 3, 51-61.
- Álvarez-Borrego y López-Álvarez, C. 1975. Distribución de Biomasa de Fitoplancton por grupos taxonómicos en Bahía San Quintín, B. C. a través de un ciclo anual. Instituto Nacional de Pesca (reporte). Dirección de acuacultura de la S.R.H.
- Álvarez-Borrego y Nájera, s. 1979. Series de tiempo de Fitoplancton en dos lagunas costeras de Baja California. *Ciencias Marinas* 6, 75-88.
- Aveytua-Alcazar L. 2008. Modelación de la dinámica biogeoquímica en una laguna costera. Tesis Doctoral. Universidad Autónoma de Baja California. Ensenada, B. C. 240 pp
- Assendorp, D. 2010. Classification of pattern and process in a small-scale dynamic ecosystem , with cases in the Dutch Coastal Dunes. En: Chapter 2: Diceranum classification procedure. 17-38 pp.
- Banard, J.L., 1962. Benthic marine exploration of Bahía San Quintín, Baja California, 1960-61. *General. Pacific Naturalist*. 3(6,7):249-274.

- Banard, J.L., 1964. Marine anphipoda of Bahía San Quintín, Baja California. *Pacific Naturalist*. 4(3):58-77.
- Berberoglu, S. y A. Akin. 2009. Assessing different remote sensing techniques to detect land use/cover changes in the eastern Mediterranean. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*. 11:46-53.
- Blancas-Gallangos, N. I. 2009. Sistema de Información Geográfica y profundidad como herramientas para zonificar el espacio acuícola en Bahía, San Quintín, B.C. Tesis de Especialidad en Gestión Ambiental. Facultad de Ciencias Marinas. Universidad Autónoma de Baja California.
- Brown, A.C. y McLachlan. 1990. *Ecology of Sandy Shores*. Elsevier. The Netherlands. 328 pp.
- Campagna, M. 2006. *GIS for sustainable development*. Ed. Taylor and Francis, FL, USA. 535 pp.
- Cárdenas-Torres, N. 2007. ConPro, Bahía de San Quintín, Baja California. Disponible en: <http://conpro.tnc.org/1005/>
- Chávez de Nishikawa, A.G. y S. Álvarez-Borrego, 1974. Hidrología de la Bahía de San Quintín, Baja California, en invierno y primavera. *Ciencias Marinas* 1(2): 31-61.
- Chuvieco, E. 1999. Remote Sensing of large wildfires in the European Mediterranean Basein. Ed. Springer. Berlin, 212 pp.
- Cihlar J. 2000. Land cover mapping of large areas from satellites: status and research priorities. *Int. J. Remote Sensing*. 21(6-7): 1093–1114.

- Cooper, W.S. 1967. Coastal dunes of California. The geology society of America, Inc. Estados Unidos. 131 pp.
- Curr, R. H. F., A. Koh, E. Edwards, A.T. Williams y P. Davies. 2000. Assesing anthropogenic impact on Mediterranean sand dunes from aereal digital photography. Journal of Coastal Conservation. 6:15-22.
- Del Valle L.I., 1979. Aplicación de un Modelo Numérico y Análisis de condiciones Hidrodinámicas en Bahía de San Quintín, B.C. Tesis de Maestría. Centro de Estudios Superiores de Ensenada. México.
- Dewidar, KH. M., 2004. Detection of land use/land cover for the northern part of the Nile delta (Burullus Region), Egypt. International Journal of Remote Sensing. 25(20):4079-4089.
- Environmental System Research Institute (Esri). 1995. The guide to geographic information system. Disponible en:
<http://www.gis.com/>
- Farías, G. y Dimundo C. 2003. Clasificación supervisada con imágenes LANDSAT. Cambio climático y sumideros de carbono. Segundo seminario internacional. Disponible en:
<http://www.ciomta.com.ar/downloads/clasificacionsup.pdf>
- Felker, P. 1995. Mesquite: An all-purpose leguminous arid land tree. New Agricultural Crops, American Association for the Advancement of Science Symposium. 38:89-132.
- FIR. 2007. Ficha Informativa de los Humedales Ramsar. Propuesta para sitio RAMSAR, Bahía de San Quintín, Baja California, México. Disponible en:
http://proesteros.cicese.mx/archivos/ficha_ramsar_san_quintin.pdf

- Gil, S. E. 1987. Transporte de arena por acción del viento en una playa natural. Tesis de licenciatura. Esc. Sup. de Ciencias Marinas. UABC. Ensenada, B.C., México. 12 pp.
- Gobierno del Estado de Baja California. 2005. Programa de Ordenamiento Ecológico de Baja California (POEBC). Disponible en:
http://www.bajacalifornia.gob.mx/ecologia/doctos/Programa_Ecologico_de_BC.pdf
- Goldsmith. V. 1976. Coastal Dunes. In: Coastal Sedimentary Environments. Davis, R. A. (ed). Springer-Verlag. New York. 415 pp.
- González-Barradas, R. M. (1999). Consideraciones ambientales y socioeconómicas que sustentan la actividad acuícola en Bahía San Quintín, Baja California. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias Marinas, Universidad Autónoma de Baja California. 47pp.
- Gorsline, D.S. y R.A. Stewart. (1963). Benthic marine exploration of Bahía de San Quintín, Baja California. 1960-61. Marine and quaternary geology. Pacific Naturalist. 3(8):283-319.
- Ibarra-Obando S., S. S. V., Poumian-Tapia Miriam, Camacho-Ibar Víctor, Carriquiry José D., and Montes-Hugo Martín (2004). "Benthic metabolism in San Quintin Bay, Baja California México." Marine Ecology Progress Series 283: 99-112.
- Janke, J. R. 2002. An analysis of the current stability of the Dune Field al Greate Sand Dunes National Monument using temporal TM imagery (1984-1998). Remote Sensing of Environment. 83:488-497.
- Juárez, V. M. (1982). Modelo Unidimensional de Dispersión para un Estuario Ramificado y su Aplicación a Bahía de San Quintín. Tesis de Maestría, División de Oceanología, Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada. México 79 pp.

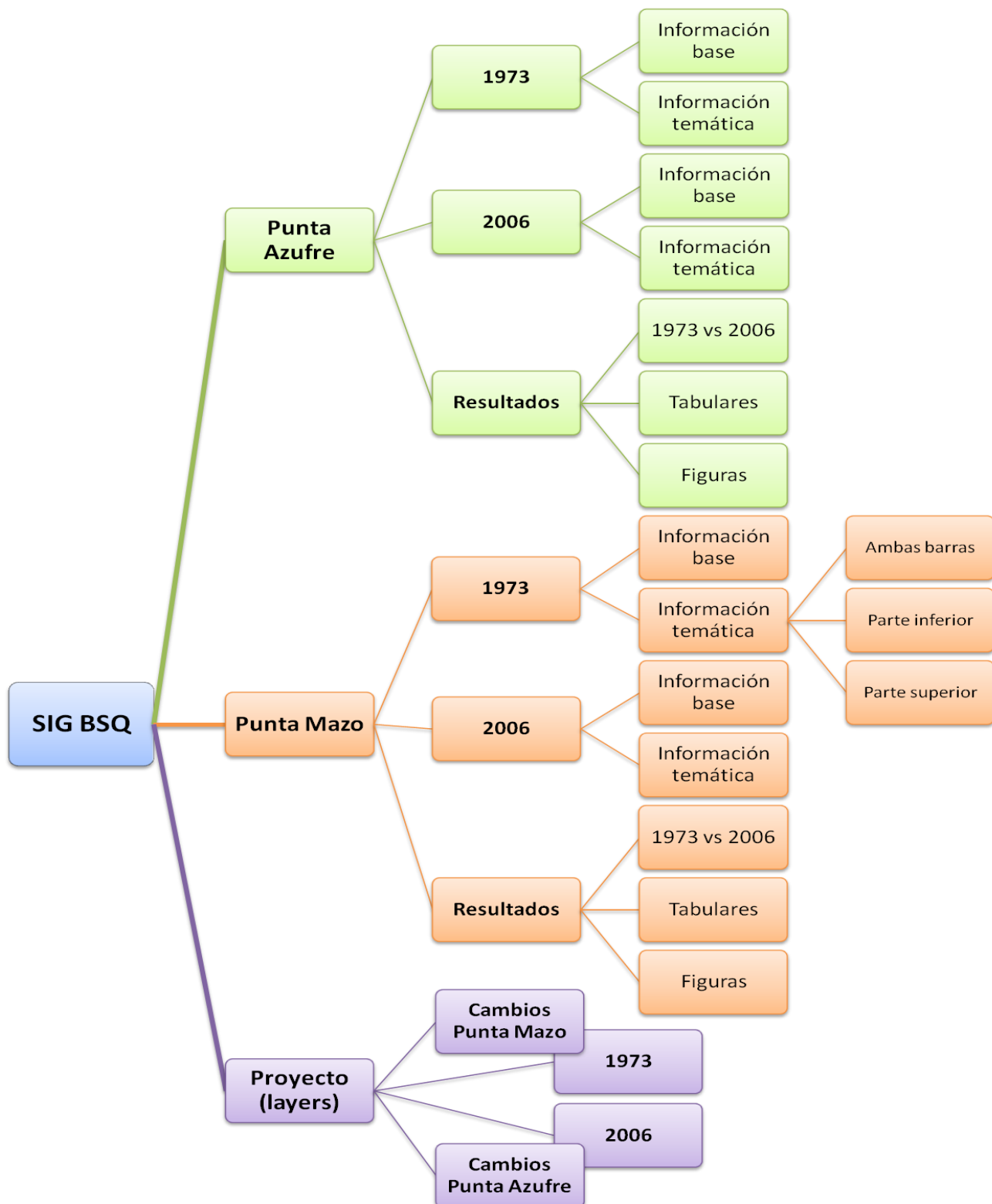
- Lara-Lara, J.R., 1979, Variability and tidal Exchange of ecological properties en a coastal lagoon. Tesis de Maestría. Universidad del Estado de Oregon, U.S.A.
- Lara-Lara J. R. S.A. Álvarez-Borrego y L.F. Small. 1980. Variability and tidal exchange of ecological properties in a coastal lagoon. Estuarine and Coastal Marine Science. II, 613-637.
- Lathrop, R. 1999. Image classification: Redux. Disponible en:
http://www.crssa.rutgers.edu/courses/remsens/rem_cpe_1/remensing7_files/frame.htm
- Martínez, M.L. 2008. MADUVER. Manglares y Dunas de Veracruz. Disponible en:
<http://www3.inecol.edu.mx/maduver/index.php/dunas-costeras/1-que-es-una-duna-costera.html>
- Martínez M. L., P. Moreno-Casasola y S. Castillo. 1993. Biodiversidad Costera: playas y dunas. En: Biodiversidad Marina y Costera en México. S. I. Salazar-Vallejo y N.E. González (eds). Comisión Nacional Biodiversidad y SIQRO, México, México, 865 pp.
- Martínez del Río, P. y E. A. Alfaro. 1982. Estudio ecosistemático de vocación e impacto de uso en el predio de Puerto Escondido, B. C. S. Tesis de Licenciatura. Esc. Sup. de Ciencias Marinas, UABC. Ensenada, B.C., México, 116 pp.
- Mathew, S., R.G.D Davidson-Arnott y J. Ollerhead. 2010. Evolution of a beach-dune system following a catastrophic storm overwash event: Greenwich Dunes, Prince Edward Island, 1936-2005. Canadian Journal of Earth Sciences. 47(3):273-290(18).
- Méndez González. J., A. Santos Méndez, M. García García, V. González Ontiveros, J. A. Nájera Luna. 2007. Remote sensing application to the evaluation of *Prosopis spp.* areas (1990-2006) in a region of Mexicali B.C. México. Revista Chapingo Zonas Aridas. 6(1):37-45.

- Menzies, R.J. 1962. The Marine Isopod Fauna of Bahía San Quintín, B.C. Pacific Naturalist. 3:337-348.
- Millán-Núñez R., Álvarez-Borrego y D. M. Nelson 1982. Effects of physical phenomena on the distribution of nutrients and phytoplankton productivity in a coastal lagoon. Estuarine, Coastal and Shelf Science 15:317-335.
- Mitasova, H., M. Overton y R. S. Harmon. 2005. Geospatial analysis of a costal sand dune field evolution: Jockey's Ridge, North Caroline. Geomorphology. 72(1-4):204-221.
- Monreal, G.M. 1980. Aplicaciones de un modelo de Dispersión en Bahía San Quintín, Baja California, México. Tesis de Maestría, División de Oceanología, CICESE. 84pp.
- Montserrat, A.L. 2010. Evaluación del estado de conservación de dunas costeras: dos escalas de análisis en la costa Pampeana. Tesis doctoral. Universidad de Buenos Aires, Argentina. 235 pp.
- Noyola-Medrano, M. C., (1999). Aplicación de la Percepción Remota (LANDSAT TM) en la caracterización litológica de la franja costera entre Puertecitos y la Bahía de San Luis Gonzaga, Baja California, México. Tesis de Maestría, Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, B.C. México. 173pp.
- Ocampo-Torres, F. J. (1980). Análisis de marea y predicción de velocidad mediante un modelo unidimensional en Bahía San Quintín, B.C. Tesis de licenciatura, Facultad de Ciencias Marinas, Universidad Autónoma de Baja California, Ensenada, B.C., México. 96pp.

- Pro Esteros Lagunas y Marismas de las Californias, S.C. 2000. Plan de Manejo para actividades acuícolas, pesqueras y ecoturísticas en Bahía San Quintín, B. C. 53 pp. + anexos.
- Pro Esteros Lagunas y Marismas de las Californias, S.C. 2002. Inventario de humedales costeros e inventario de pequeños humedales de Baja California.
- Provoost, S., Van Til M., Deronde B., Knotters A. 2005. Remote sensing of coastal vegetation in The Netherlands and Belgium. Proceedings 'Dunes and Estuaries'. International Conference on Nature Restoration Practices in European Coastal Habitats, Koksijde, Belgium, VLIZ Special Publication 19. 11 pp.
- Ramachandran, S. 2005. Application of remote sensing and GIS. En: Marine Remote Sensing Applications. Institute for Ocean Management, Anna University. 540-557 pp.
- Vanderplank, S. E. 2010. The Vascular Flora of Grater San Quintín Baja California, México. CGU Theses and Dissertations. Paper 2. Disponible en:
http://scholarship.claremont.edu/cgu_etd/2

ANEXO TÉCNICO DEL SIG

1. Diagrama organizacional de las carpetas de información contenidas en el SIG.



2. Listado detallado de los componentes del proyecto

Tabla I. Lista detallada de las capas del proyecto.

Capa	Tipo de Archivo	Descripción	Información espacial	Fuente
INFORMACIÓN BASE				
clip_Azufre	.shp	Polígono de la barra “Punta Azufre”	UTM N11 WGS84	Imagen satelital Quikbird 2009
clip_mazo	.shp	Polígono de la barra “Punta Mazo”	UTM N11 WGS84	Imagen satelital Quikbird 2009
clip_mazo_inferior	.shp	Polígono de la parte inferior de la barra de “Punta Mazo”	UTM N11 WGS84	Imagen satelital Quikbird 2009
INFORMACIÓN TEMÁTICA				
pta_azufre_73	.shp	Conversión de la fotografía aérea de “Punta Azufre” con clasificación supervisada a polígonos	UTM N11 WGS84	Fotografía aérea con clasificación supervisada de Punta Azufre en 1973
pta_azufre_73_Clip	.shp	Recorte de la capa “pta_azufre_73” representando la superficie deseada	UTM N11 WGS84	Fotografía aérea con clasificación supervisada de

				Punta Azufre en 1973
pta_azufre_73_simplificado	.shp	Capa con únicamente los elementos de interés (polígonos) en la barra de “Punta Azufre” para 1973 (V1, V2 y arena)	UTM N11 WGS84	Fotografía aérea con clasificación supervisada de Punta Azufre en 1973
pta_azufre_1973_CS	.rst	Imagen de la clasificación supervisada realizada para 1973 de la barra de “Punta Azufre”	UTM N11 WGS84	Fotografía aérea de Punta Azufre tomada en el mes de Octubre de 1973
barras_2006	.shp	Conversión de la fotografía aérea de ambas barras con los polígonos obtenidos de la clasificación supervisada	UTM N11 WGS84	Fotografía aérea con clasificación supervisada de ambas barras en el 2006
Barras_2006_CS	.rst	Imagen resultante de la clasificación supervisada para ambas barras	UTM N11 WGS84	Fotografía aérea de ambas barras tomada en Septiembre del 2006
pta_azufre_2006_Clip	.shp	Recorte de la capa “Barras_2006_CS” representando la superficie deseada	UTM N11 WGS84	Fotografía aérea con clasificación supervisada de ambas barras en el 2006
pta_azufre_2006_simplificado	.shp	Capa con únicamente los elementos de interés (polígonos) en la barra de “Punta Azufre” para 2006 (V1, V2 y arena)	UTM N11 WGS84	Fotografía aérea con clasificación supervisada de ambas barras en el 2006
pta_mazo_73	.shp	Imagen de los polígonos obtenidos de la parte superior e inferior de la barra de “Punta Mazo”	UTM N11 WGS84	“pta_mazo_inf_73_Clip” y “pta_mazo_sup_73_clip”
pta_mazo_inf_73	.shp	Conversión de la fotografía aérea de la parte inferior de “Punta Mazo” con clasificación supervisada a polígonos	UTM N11 WGS84	Fotografía aérea con clasificación supervisada de la parte inferior de Punta Azufre en 1973

pta_mazo_inf_73_Clip	.shp	Recorte de la capa “pta_mazo_inf_73” representando la superficie deseada	UTM N11 WGS84	Fotografía aérea con clasificación supervisada de la parte inferior de Punta Mazo en 1973
pta_mazo_inf_73_simplificado	.shp	Capa con únicamente los elementos de interés (polígonos) en la parte inferior de la barra de “Punta Mazo” para 1973 (V1, V2 y arena)	UTM N11 WGS84	Fotografía aérea con clasificación supervisada de la parte inferior de “Punta Mazo” en 1973
Punta_mazo_inf_CS	.rst	Imagen resultante de la clasificación supervisada para la parte inferior de “Punta Mazo” en 1973	UTM N11 WGS84	Fotografía aérea de la parte inferior de Punta Mazo tomada en Octubre de 1973
pta_mazo_sup_73	.shp	Conversión de la fotografía aérea de la parte superior de “Punta Mazo” con clasificación supervisada a polígonos	UTM N11 WGS84	Fotografía aérea con clasificación supervisada de la parte superior de Punta Azufre en 1973
pta_mazo_sup_73_clip	.shp	Recorte de la capa “pta_mazo_sup_73” representando la superficie deseada	UTM N11 WGS84	Fotografía aérea con clasificación supervisada de la parte superior de Punta Mazo en 1973
pta_mazo_sup_73_simplificado	.shp	Capa con únicamente los elementos de interés (polígonos) en la parte superior de la barra de “Punta Mazo” para 1973 (V1, V2 y arena)	UTM N11 WGS84	Fotografía aérea con clasificación supervisada de la parte superior de “Punta Mazo” en 1973
pta_mazo_superior_CS	.rst	Imagen resultante de la clasificación supervisada para la parte superior de “Punta Mazo” en 1973	UTM N11 WGS84	Fotografía aérea de la parte inferior de Punta Mazo tomada en Octubre de 1973

pta_mazo_2006_Clip	.shp	Recorte de la capa “barras_2006” representando la superficie deseada	UTM N11 WGS84	Fotografía aérea con clasificación supervisada de ambas barras en el 2006
pta_mazo_2006_simplificado	.shp	Capa con únicamente los elementos de interés (polígonos) en la barra de “Punta Mazo” para el 2006 (V1, V2 y arena)	UTM N11 WGS84	Fotografía aérea con clasificación supervisada de la ambas barras para el 2006
INFORMACIÓN DE RESULTADOS				
Acresion_arena	.shp	Zonas donde se ha presentado acresión de arena durante el periodo de tiempo entre 1973 y 2006 para las barras de “Punta Mazo y Punta Azufre”	UTM N11 WGS84	pta_azufre_73_simplificado, pta_mazo_inf_73_simplificado pta_mazo_sup_73_simplificado o pta_azufre_2006_simplificado, pta_mazo_2006_simplificado
Arena_sin_cambio	.shp	Zonas donde se ha presentado superficie de arena sin cambio durante el periodo de tiempo entre 1973 y 2006 para las barras de “Punta Mazo y Punta Azufre”	UTM N11 WGS84	pta_azufre_73_simplificado, pta_mazo_inf_73_simplificado pta_mazo_sup_73_clip pta_azufre_2006_simplificado, pta_mazo_2006_simplificado

Cambio_V1_a_V2	.shp	Zonas donde se ha presentado una sustitución de la vegetación tipo 1 a vegetación tipo 2 para “Punta Mazo” durante el periodo de tiempo entre 1973 y 2006	UTM N11 WGS84	pta_mazo_inf_73_simplificado pta_mazo_sup_73_clip pta_mazo_2006_simplificado
Cambio_V2_a_V1	.shp	Zonas donde se ha presentado una sustitución de la vegetación tipo 2 a vegetación tipo 1 durante el periodo de tiempo entre 1973 y 2006 para las barras de “Punta Mazo y Punta Azufre”	UTM N11 WGS84	pta_azufre_73_simplificado, pta_mazo_inf_73_simplificado pta_mazo_sup_73_clip pta_azufre_2006_simplificado, pta_mazo_2006_simplificado
Crecimiento_de_arena_a_V1	.shp	Zonas donde se ha presentado un crecimiento de la vegetación tipo 1 sobre arena durante el periodo de tiempo entre 1973 y 2006 para las barras de “Punta Mazo y Punta Azufre”	UTM N11 WGS84	pta_azufre_73_simplificado, pta_mazo_inf_73_simplificado pta_mazo_sup_73_clip pta_azufre_2006_simplificado, pta_mazo_2006_simplificado

Crecimiento_de_arena_a_V2	.shp	Zonas donde se ha presentado un crecimiento de la vegetación tipo 2 sobre arena durante el periodo de tiempo entre 1973 y 2006 para las barras de “Punta Mazo y Punta Azufre”	UTM N11 WGS84	pta_azufre_73_simplificado, pta_mazo_inf_73_simplificado pta_mazo_sup_73_clip pta_azufre_2006_simplificado, pta_mazo_2006_simplificado
Crecimiento_V1	.shp	Zonas donde se ha presentado un crecimiento de la vegetación tipo 1 durante el periodo de tiempo entre 1973 y 2006 para las barras de “Punta Mazo y Punta Azufre”	UTM N11 WGS84	pta_azufre_73_simplificado, pta_mazo_inf_73_simplificado pta_mazo_sup_73_clip pta_azufre_2006_simplificado, pta_mazo_2006_simplificado
Crecimiento_V2	.shp	Zonas donde se ha presentado un crecimiento de la vegetación tipo 2 durante el periodo de tiempo entre 1973 y 2006 para las barras de “Punta Mazo y Punta Azufre”	UTM N11 WGS84	pta_azufre_73_simplificado, pta_mazo_inf_73_simplificado pta_mazo_sup_73_clip pta_azufre_2006_simplificado, pta_mazo_2006_simplificado

Perdida_de_arena_a_nada	.shp	Pérdida de superficie de arena desnuda durante el periodo de tiempo entre 1973 y 2006 para las barras de “Punta Mazo y Punta Azufre”	UTM N11 WGS84	pta_azufre_73_simplificado, pta_mazo_inf_73_simplificado pta_mazo_sup_73_clip pta_azufre_2006_simplificado, pta_mazo_2006_simplificado
Perdida_V1	.shp	Pérdida de vegetación tipo 1 durante el periodo de tiempo entre 1973 y 2006 para “Punta Mazo”	UTM N11 WGS84	pta_mazo_inf_73_simplificado pta_mazo_sup_73_clip, pta_mazo_2006_simplificado
Perdida_V1_a_arena	.shp	Arena que ha sustituido a la vegetación 1 durante el periodo de tiempo entre 1973 y 2006 para “Punta Mazo”	UTM N11 WGS84	pta_mazo_inf_73_simplificado pta_mazo_sup_73_clip, pta_mazo_2006_simplificado
Perdida_V2	.shp	Pérdida de superficie de vegetación tipo 2 durante el periodo de tiempo entre 1973 y 2006 para las barras de “Punta Mazo y Punta Azufre”	UTM N11 WGS84	pta_azufre_73_simplificado, pta_mazo_inf_73_simplificado pta_mazo_sup_73_clip pta_azufre_2006_simplificado, pta_mazo_2006_simplificado

Perdida_ V2_a_arena	.shp	Arena que ha sustituido a la vegetación 2 durante el periodo de tiempo entre 1973 y 2006 para las barras de “Punta Mazo y Punta Azufre”	UTM N11 WGS84	pta_azufre_73_simplificado, pta_mazo_inf_73_simplificado pta_mazo_sup_73_clip pta_azufre_2006_simplificado, pta_mazo_2006_simplificado
pta_azufre_Union_bien	.shp	Unión de los elementos de interés de 1973 y 2006 para “Punta Azufre”	UTM N11 WGS84	pta_azufre_73_simplificado, pta_azufre_2006_simplificado
pta_mazo_Union	.shp	Unión de los elementos de interés de 1973 y 2006 para “Punta Mazo”	UTM N11 WGS84	pta_mazo_inf_73_simplificado pta_mazo_sup_73_clip, pta_mazo_2006_simplificado
Vegetacion_V2_sin_cambio	.shp	Vegetación tipo 2 que no ha sufrido modificaciones entre 1973 y 2006 en “Punta Azufre”	UTM N11 WGS84	pta_azufre_73_simplificado, pta_azufre_2006_simplificado
Vegetacion_V1_sin_cambiot	.rst	Vegetación tipo 1 que no ha sufrido modificaciones entre 1973 y 2006 en “Punta Mazo”	UTM N11 WGS84	pta_mazo_inf_73_simplificado pta_mazo_sup_73_clip, pta_mazo_2006_simplificado

Vegetacion_V1_sin_cambiot	.shp	Vegetación tipo 2 que no ha sufrido modificaciones entre 1973 y 2006 en “Punta Mazo”	UTM N11 WGS84	pta_mazo_inf_73_simplificado pta_mazo_sup_73_clip, pta_mazo_2006_simplificado
---------------------------	------	--	------------------	---

