



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA



FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS

Especialidad en Gestión Ambiental

TRABAJO TERMINAL

**“Evaluación de la vulnerabilidad de las dunas costeras de la
Bahía de Todos Santos, B.C.”**

PRESENTA

Shirin Svenia Costa

Ensenada, Baja California, 08 de Junio del 2011

“Evaluación de la vulnerabilidad de las dunas costeras de la Bahía de Todos Santos, B.C.”

**TESINA
QUE PRESENTA**

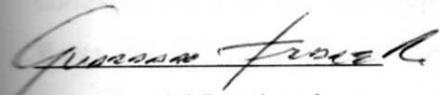
SHIRIN SVENIA COSTA

Aprobado por:



Presidente del jurado

Dr. Roberto R. Enríquez Andrade



Sinodal Propietario

M.C. Rigoberto Guardado France



Sinodal Propietario

Dr. Georges Seingier

Resumen

Las dunas costeras son acumulaciones de arena con una altura variable, pueden medir desde menos de un metro hasta centenares de ellos. Siendo un área de almacenamiento de arena, las dunas son la formación protectora de mayor importancia en la costa. No solo disipan y amortiguan el oleaje y el viento, sino también son fuente y reserva de sedimento para la playa y un hábitat de vital importancia para diversas especies de flora y fauna. Como resultado de la expansión de la ciudad de Ensenada, los ecosistemas de dunas en la Bahía de Todos Santos han sido afectados de manera significativa, estas aceleradas alteraciones han generado la necesidad de evaluar las condiciones de estos sistemas. A pesar de que la Bahía de Todos Santos y sus playas han sido ampliamente estudiadas y monitoreadas, no existen estudios de evaluación de la vulnerabilidad de los cuatro campos de dunas principales (Conalep y La Lagunilla, considerados como uno, El Ciprés, la Porción Norte y la Porción Sur de la Barra de arena del Estero de Punta Banda). La descripción del estado actual del sistema de dunas representa un antecedente de importancia para posteriores medidas de manejo. A lo largo de este trabajo, vulnerabilidad se define como la **“pérdida de la capacidad de un ecosistema para recuperar su estado dinámico original después de un cambio en el sistema”**. Con el fin de evaluar este parámetro se emplearon dos métodos. El primero se basa en la lista de verificación o *checklist* de Davies *et al.* (1995), enfocada en la morfología de la duna y el sitio, las condiciones de la playa, el carácter de la superficie hasta 200 m mar adentro, la presión por uso y las medidas de protección. El segundo método se basa en la *checklist* de García-Mora *et al.* (2001) la cual comprende cinco grupos de variables: condiciones geomorfológicas del sistema de dunas, influencia marina, influencia eólica, condiciones de la vegetación y los efectos humanos. Los resultados obtenidos a través de ambos métodos indican que las dunas más vulnerables corresponden a las de “Conalep y La Lagunita”, seguidas por las de la Porción Sur de la Barra del Estero de Punta Banda, las del campo El Ciprés y las menos vulnerables corresponden a las ubicada en el extremo norte de la barra de arena del Estero de Punta Banda. De acuerdo a estos resultados, las dunas de Conalep y La Lagunita se encuentran en la situación más crítica, por lo que se recomienda la aplicación de las medidas de manejo ya existentes en la literatura. Finalmente, para completar la información de las dunas se generaron mapas cartográficos con el estado de las mismas.

Agradecimientos

- Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por la beca otorgada para la realización de mis estudios de especialidad y a la Universidad Autónoma de Baja California (UABC) por todas las oportunidades brindadas.
- A mi tutor, Dr. Roberto Enríquez, por su apoyo, disponibilidad y tiempo dedicado. ¡Muchas gracias!
- A mis sinodales, M.C Rigoberto Guardado y Dr. Georges Seingier, por el apoyo otorgado.
- A mi familia, por haber estado siempre conmigo y haberme apoyado incondicionalmente.
- A Rube, por ayudarme siempre, por su paciencia y por estar siempre ahí.

Contenido

Resumen	iii
Agradecimientos.....	iv
Contenido	v
Lista de Tablas.....	vii
Lista de Figuras	viii
1. Introducción.....	1
2. Objetivo general	3
3. Objetivos particulares.....	3
4. Antecedentes.....	4
4.1. Vulnerabilidad de dunas costeras.....	4
4.2. Estudios sobre dunas costeras en México.....	5
4.3. Las dunas en la Bahía de Todos Santos	5
5. Área de estudio	7
5.1. Ubicación geográfica	7
5.2. Campos de Dunas Costeras.....	7
5.2.1. Playa Municipal.....	9
5.2.2. Barra arenosa del Estero de Punta Banda.....	9
6. Planteamiento del problema	10
7. Metodología.....	11
7. 1. Delimitación de los campos de dunas.....	11
7.2. Determinación del índice de vulnerabilidad a través del la <i>Checklist</i> de Davies <i>et al.</i> (1995).....	11
7.3. Determinación del índice de vulnerabilidad a través del la <i>Checklist</i> de García-Mora <i>et al.</i> (2001).....	13
7.4. Cartografía actual de los campos de dunas	15
7.4.1. Procesamiento de imágenes	15
7.4.2. Trabajo en campo	15
7.4.3. Construcción de un Sistema de Información Geográfica (SIG).....	16
8. Resultados.....	17
8.1. Índice de vulnerabilidad obtenido a través del la <i>Checklist</i> de Davies <i>et al.</i> (1995). 17	

8.1.1. Campos de dunas en equilibrio	17
8.1.2. Campos de dunas fuera de equilibrio	19
8.2. Índice de vulnerabilidad obtenido a través del la <i>Checklist</i> de García-Mora <i>et al.</i> (2001).....	22
8.3. Cartografía de los campos de dunas.....	25
9. Discusión	30
9.1. Situación de las dunas costeras de la Bahía de Todos Santos.....	30
9.2. Metodologías para la evaluación de la vulnerabilidad de las dunas	32
9.3. Comparación de resultados	33
9.4. La percepción remota y los SIG como una herramienta en la evaluación de la vulnerabilidad de las dunas.....	37
Conclusiones y Recomendaciones	39
Bibliografía.....	40
Anexo I: Cheklis	44
<i>Checklist</i> de Davies <i>et al.</i> (1995) para determinar la vulnerabilidad de dunas costeras de arena.	44
Checklist de Garcia-Mora <i>et al.</i> (2001) para determinar la vulnerabilidad de dunas costeras de arena.....	46
Anexo II: Descripción detallada de las capas del Sistema de Información Geográfica	48

Lista de Tablas

Tabla I. Resumen de los resultados obtenidos para cada categoría, índice de vulnerabilidad y medidas de protección para los campos de dunas costeras de la Bahía de Todos Santos. El valor más alto para cada categoría se encuentra resaltado. (A=Morfología de la duna y el sitio, B=Condiciones de la playa, C=Características de la superficie hasta 200 m del mar, D=Presión por uso, VI=Índice de vulnerabilidad, MP=Medidas de protección). 20

Tabla II. Resumen de los resultados obtenidos para cada subíndice e índice de vulnerabilidad para los campos de dunas costeras de la Bahía de Todos Santos. El valor más alto para cada categoría se encuentra resaltado. (CGD=Condiciones geomorfológicas de la duna, IM=Influencia marina, IE=Influencia eólica, CV=Condiciones de la vegetación, EH=Efectos humanos, IVD=Índice de vulnerabilidad)..... 23

Tabla III. Superficie total de los campos de dunas y su correspondiente porcentaje de cobertura vegetal. El valor más alto se encuentra resaltado. 23

Lista de Figuras

Fig. 1. Localización del área de estudio.	8
Fig. 2. Vulnerabilidad y protección de las dunas costeras de la Bahía de Todos Santos Todos los valores se encuentran graficados como porcentajes. (A=Morfología de la duna y el sitio, B=Condiciones de la playa, C=Características de la superficie hasta 200 m del mar, D=Presión por uso, el círculo representa las medidas de protección).	21
Fig. 3. Representación gráfica de los índices de vulnerabilidad parciales y totales de los campos de dunas de la Bahía de Todos Santos. (CGD=Condiciones geomorfológicas de la duna, IM=Influencia marina, IE=Influencia eólica, CV=Condiciones de la vegetación, EH=Efectos humanos).	24
Fig. 4. Campo de dunas Conalep y La Lagunita.	25
Fig. 5. Campo de dunas El Ciprés.	26
Fig. 6. Campo de dunas de la Porción Norte de la barra del Estero de Punta Banda.	27
Fig. 7. Campo de dunas se la Porción Sur de la barra del Estero de Punta Banda.	28
Fig. 8. Contornos topográficos para el campo de dunas “Conalep y La Lagunita”	29

1. Introducción

Las dunas costeras son acumulaciones de arena con una altura variable, pueden medir desde menos de un metro hasta centenares de ellos. Estas dunas litorales son ecosistemas dinámicos y complejos que se forman mediante la interacción de elementos naturales tales como las corrientes costeras, el oleaje, la arena, el viento y la vegetación (Nieves y Suárez, 1990). El mecanismo de formación puede describirse de la siguiente forma:

1. Las corrientes transportan la arena hacia la costa.
2. El oleaje y las mareas depositan parte de esta arena en la playa.
3. El viento desplaza la arena seca hasta la playa alta. El transporte de arena por el viento es similar al causado por el oleaje. Los factores más importantes que influyen en el transporte de arena son: el tamaño de las partículas, su densidad, su forma y la cohesión entre éstas.

La vegetación es importante en la formación y estabilización de las dunas ya que actúa como amortiguador del viento y su poder acarreador permite que los granos de arena que el viento transporta se depositen en el suelo (Martínez, 2008).

La costa posee defensas naturales contra el ataque de olas, corrientes y marejadas. La primera de estas defensas es la pendiente del fondo, la cual causa que el oleaje comience a romper mar afuera y que la energía se disipe. Los arrecifes de coral, las praderas submarinas, los manglares y las dunas cementadas constituyen otras defensas contra el embate del mar en las costas (Nieves y Suárez, 1990). Siendo un área de almacenamiento de arena, las dunas son la formación protectora de mayor importancia. No solo disipan y amortiguan el oleaje y viento, sino también son fuente y reserva de sedimento para la playa y un hábitat de vital importancia para diversas especies animales y vegetales (Martínez, 2008).

Como resultado de una explotación excesiva de los recursos naturales y sus servicios, el enorme crecimiento poblacional y el creciente desarrollo urbano e industrial, los ecosistemas de dunas costeras alrededor del mundo han sido afectados de manera significativa, y en algunos casos, de forma irreversible (Williams *et al.*, 2001).

Estas aceleradas alteraciones a los ecosistemas de dunas costeras, han generado la necesidad de evaluar las condiciones de estos sistemas. En las últimas décadas, diversos índices han sido propuestos con el fin de evaluar la vulnerabilidad de las dunas a disturbios naturales y antropogénicos (Muñoz-Vallés *et al.*, 2011).

Las dunas costeras son la consecuencia de la interacción entre procesos eólicos y marinos, vegetación y presión humana. La vulnerabilidad de las dunas costeras es por lo tanto resultado de la integración de las interacciones anteriores (García-Mora *et al.*, 2001).

En este contexto, vulnerabilidad se define, como a la “pérdida de la capacidad de un ecosistema para recuperar su estado dinámico original después de un cambio en el sistema” (Williams *et al.*, 2001). En este escenario, una alta vulnerabilidad implica que el sistema es alterado de manera tan intensiva y extensiva que será muy difícil que regrese a su estado original. En otras palabras, en un sistema altamente vulnerable la resiliencia (habilidad para recobrar el estado original) es baja (Martínez *et al.*, 2006).

Esta pérdida de la capacidad de recuperación de las dunas costeras, puede ser inducida por factores naturales, como en el caso de una tormenta; antropogénicos, tal es el caso de las presiones ocasionadas por los visitantes; y/o impactos animales, por ejemplo la sobrepoblación de conejos (Davies *et al.*, 1995).

Es importante señalar que los cambios en los sistemas de dunas costeras son generados por la interacción de variables objetivas y subjetivas que constituyen al ambiente. Las variables objetivas son aquellos parámetros que pueden medirse con precisión, tal es el caso de el ancho de la playa, la cobertura vegetal o la superficie del campo de dunas. Las variables subjetivas, por otro lado, se establecen en los factores socioeconómicos y culturales que influyen al sistema, y son, por lo tanto, más difíciles de determinar. Una efectiva estrategia de manejo, depende en la disponibilidad de información, la cual debe preferiblemente ser objetiva (Davies *et al.*, 1995).

La Bahía de Todos Santos cuenta con diversos campos de dunas, cada uno de los cuales tiene características específicas. Sin embargo, la Bahía ha cambiado de manera significativa en el transcurso de las últimas décadas. Los cambios más evidentes se aprecian en su zona más norte, donde los nuevos desarrollos turísticos han generado la desaparición de la zona de dunas costeras.

Los campos de dunas de la Bahía de Todos Santos han sido escasamente estudiados, únicamente existen reportes relativos a la cobertura vegetal de los mismos, sin embargo es evidente la importancia de estos ecosistemas. La presión generada tanto por el crecimiento poblacional de la ciudad, como su desarrollo, sobre estos ecosistemas, ha aumentado significativamente, resultando en la pérdida o disminución de los servicios que estos ofrecen a la sociedad.

2. Objetivo general

Evaluar la vulnerabilidad de los campos de dunas costeras de la Bahía de Todos Santos, B.C. debida a las condiciones naturales del sistema y a perturbaciones antropogénicas.

3. Objetivos particulares

- Determinar el índice de vulnerabilidad para los cuatro campos de dunas costeras de la Bahía de Todos Santos a través de dos metodologías.
- Comparar los resultados obtenidos para cada índice de vulnerabilidad con el fin de identificar la metodología más adecuada para la zona de estudio.
- Generar la cartografía actual de los campos de dunas costeras con el fin de completar su descripción y evaluación.
- Hacer recomendaciones para el manejo de la zona de dunas costeras de la Bahía de Todos Santos.

4. Antecedentes

4.1. Vulnerabilidad de dunas costeras

Existen diferentes estudios en los cuales se evaluó la vulnerabilidad de las dunas costeras a través de listas de verificación o “*Checklists*”.

Las *Checklists* son comunes en diferentes disciplinas y se han utilizado con el fin de dar un enfoque estructurado a la colecta y análisis de datos. Por ejemplo, han sido aplicadas en evaluaciones escénicas de ríos (Leopold, 1969), evaluaciones de la estabilidad de la pendiente (Cooke y Doornkamp, 1989) y en análisis de riesgo costero.

Para el caso de las dunas costeras, existe una serie de *Checklists* enfocadas a la determinación de un índice de vulnerabilidad, con el fin de ser una herramienta para manejo integral de la zona costera.

Davies *et al.* (1995) generó una lista de verificación para dunas costeras como una herramienta para el manejo de este ecosistema. La lista fue probada en diversos sistemas de dunas costeras de Europa.

Laranjeira *et al.* (1999) crean una lista orientada a determinar la vulnerabilidad biofísica de las dunas costeras.

William y Davies en el 2001, determinaron la vulnerabilidad de las dunas costeras de Gales, Inglaterra, utilizando la *Checklists* propuesta por Davies *et al.* (1995). Determinaron que las dunas costeras de Gales cuentan con un equilibrio entre su vulnerabilidad y las medidas de protección, así mismo identificaron a la lista de verificación empleada como una herramienta de evaluación ambiental aplicable a escalas mayores.

García-Mora *et al.*, en el 2001, genera una *Checklists*, a partir de datos teóricos y observaciones en el campo, con el fin de evaluar la vulnerabilidad de las dunas costeras a través de una forma cuantificable. El procedimiento permitió una evaluación integral de la vulnerabilidad de las dunas costeras en 30 sitios de la península ibérica.

Muñoz-Vallés *et al.*, (2011), aplicó la lista generada por García-Mora *et al.*, en el 2001, con el fin de evaluar la vulnerabilidad en relación a la presión del turismo, de las dunas costeras del Golfo de Cádiz, España. Encontraron que la aplicación de la lista a una escala local es eficiente, permitiendo identificar los factores que afectan la vulnerabilidad de las dunas.

4.2. Estudios sobre dunas costeras en México.

Valdez, en su trabajo de 1987, describió el transporte de sedimentos en las dunas del Ejido Primo Tapia, B.C., México encontrando que esta área se utiliza como zona turística y que el constante paso del hombre no permite el desarrollo de vegetación que estabilice el sistema de dunas. Además propuso un programa de conservación.

Gatica (1998) realizó un estudio de herpetofauna y vegetación en un gradiente de perturbación en las dunas costeras de San Felipe, B.C., donde se presentó que el sistema de dunas tiene un deterioro del 40%, causado por el uso de vehículos de doble tracción y por la formación de caminos y desarrollos urbanos turísticos.

Silvia-Castillo y Moreno-Casasola en 1998 presentaron un análisis de la flora vascular de las dunas costeras del litoral mexicano del Golfo de México y Mar del Caribe con el fin de elaborar una base de datos que integra 655 especies.

Martínez *et al.*, 2006, realizó una evaluación de la vulnerabilidad de las dunas costeras del Golfo de México por factores antropogénicos y naturales, empleando la lista propuesta por García-Mora *et al.*, en el 2001. De acuerdo a los autores, las dunas del Golfo de México presentan una vulnerabilidad alta debida principalmente a factores geomorfológicos e impactos humanos.

4.3. Las dunas en la Bahía de Todos Santos

Cooper en su libro de 1968, estable uno de los primeros registros de las dunas costeras de la Bahía de Todos Santos. De acuerdo a lo descrito por el autor a través de la observación directa en Agosto de 1933, las dunas primarias de la Bahía se encontraban bien vegetadas, mientras que las secundarias, de mayor altura, no estaban totalmente estabilizadas, describiendo evidente movimiento de arena hacia tierra adentro.

Castillón-Álvarez (1988) hace notar que los estudios de transporte de sedimentos en la zona costera dentro de la Bahía de Todos Santos, son importantes para el desarrollo de proyectos turísticos, así como para la construcción y diseño de obras portuarias. Hace énfasis que estas obras no deben planearse sin antes tener conocimiento sobre la dirección y cantidad de sedimento que es desplazado por la hidráulica costera.

González-Yajimovich (1993) describe los efectos ecológicos y geomorfológicos de la destrucción del sistema de dunas costeras de la barra del Estero de Punta Banda, Baja California, México.

Oliveros-Sánchez en 1996, propone la germinación y establecimiento de *Abronia marítima* para revegetar el sistema de dunas de Punta Banda, el cual, de acuerdo a la autora está sometido a situaciones de disturbio y presión antrópica.

Vieria-Arouca (2004) determinó los usos de suelo y los cambios en la playa municipal de la Bahía, encontrando que la mayor área de uso de suelo de la zona de estudio es habitacional y que, existen diversas evidencias del deterioro, así como inoportuno manejo en que se encuentra la franja litoral.

Rosales (2006) determinó una pérdida de alrededor del 60 % de la cobertura vegetal del campo de dunas de la playa municipal entre 1979 y 2002, mientras que Jiménez-Esquivel (2010) determina una pérdida de la vegetación para la misma área, entre los años 1979 y 1998 de únicamente el 33.48%.

Rosas-Gómez (2008) realizó una propuesta de plan de manejo para la playa municipal de Ensenada, Baja California, a través del cual propone la certificación de las playas de Ensenada con el fin de contribuir a la sustentabilidad de las playas de esta ciudad e incorporar la playa municipal al sector turístico para su promoción como una playa de calidad y como una alternativa de recreación. Propone declarar el cuerpo de agua “la Lagunita” y las dunas circundantes como áreas de conservación, así como iniciar la restauración de dunas en todo el frente costero, limitando el acceso vehicular en su totalidad.

Peynador y Méndez-Sánchez (2010) proponen un plan de manejo para celda de litoral III de la Bahía de Todos Santos, correspondiente a la playa municipal de la Bahía. Encuentran que la playa se ha erosionado 82000 m² entre los años 1985 y 2005, con una tasa de pérdida por año de 2100 m².

5. Área de estudio

5.1. Ubicación geográfica

La Bahía de Todos Santos, está ubicada en la costa noroeste de la península de Baja California, entre los 31° 40'' y 31° 56'' de latitud Norte y 116° 36'' y 116° 50'' longitud Oeste.

El área de estudio se encuentra ubicada dentro de la Bahía Todos Santos, B.C., está delimitada en su extremo norte por el espigón del arroyo El Gallo en su parte sur por la Península de Punta Banda.

Las características de ocupación del suelo para la zona costera de la Bahía de Todos Santos, principalmente son, de acuerdo a Vieira-Arouca (2004):

- a) Uso urbano, vivienda, industria, comercio.
- b) Uso agrícola, tierras hábiles y ociosas.
- c) Baldíos urbanos, terrenos urbanizables en breña, sin uso aparente
- d) Terrenos cerriles, cañadas y escurrimientos naturales.
- e) Zona Federal, Playa y dunas.

5.2. Campos de Dunas Costeras

Para la Bahía de Todos Santos se han identificado 4 campos de dunas costeras:

- a) Dunas “Conalep y La Lagunita”
- b) Dunas “Campo militar El Ciprés”
- c) Dunas “Barra de arena del Estero de Punta Banda (Porción Norte)”
- d) Dunas “Barra de arena del Estero de Punta Banda (Porción Sur)”

Los primeros dos campos de dunas se ubican en la playa municipal de Ensenada (Fig. 1) mientras que los otros dos campos se encuentran ubicados en la barra arenosa del Estero de Punta Banda.

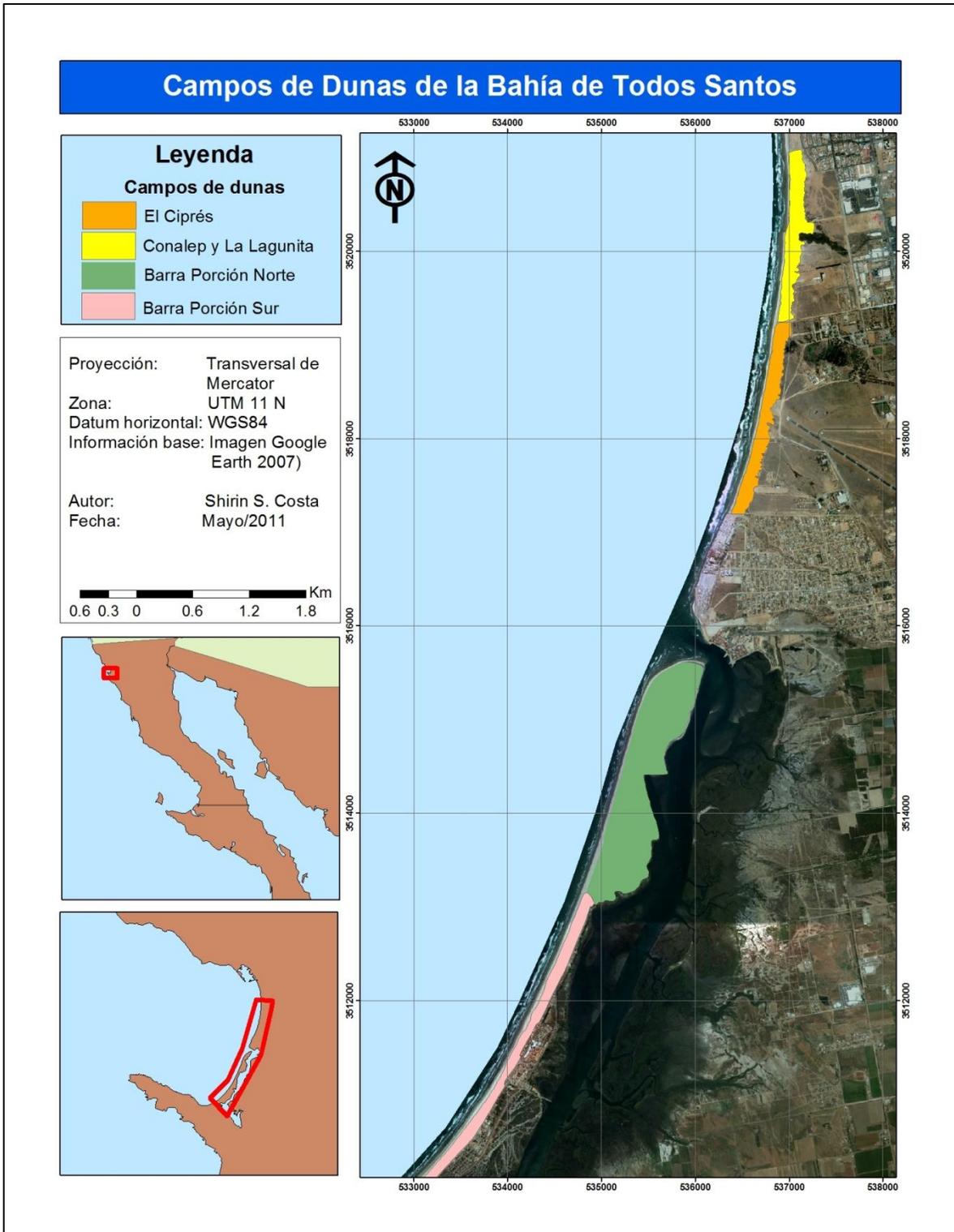


Fig. 1. Localización del área de estudio.

5.2.1. Playa Municipal

La playa municipal es una playa arenosa, homogénea en su composición y con una longitud aproximada de 8 kilómetros. La parte norte mide 40 metros de ancho aproximadamente en la parte sur 80 metros. Dentro de la clasificación de playas esta pertenece al grupo de playas de media luna (Guilcher, 1975).

La arena que forma la playa municipal y sus dunas es dorada, de tamaño de grano medio (2 phi) bien clasificado con suelos de origen aluvial, de textura arenosa, sin rocas y es pobre en materia orgánica (Martínez-Rocha, 1991).

El oleaje y viento al que está expuesta la playa municipal presenta variaciones estacionales, que se caracterizan, durante las estaciones verano-otoño con oleaje bajo y vientos de poca intensidad, mientras que en las estaciones de invierno-primavera donde las olas son altas y se aproximan del W-SW con vientos de mayor intensidad del NW y W con predominancia de este último (Rubio- Orozco, 1987).

Las terrazas sedimentarias marinas que se observan en Punta San Miguel al Norte, así como el Arroyo Ensenada y el Arroyo El Gallo son importantes aportes de material sedimentario para esta playa municipal. En su zona central presenta un campo de dunas en la parte posterior de la post-playa, decreciendo su altura hacia el Norte y hacia el Sur de la playa, estas han sido formadas por el efecto eólico hacia tierra del material formador de playa (Rubio- Orozco, 1987).

En los últimos años la playa municipal ha sufrido importantes modificaciones en su parte más norte, debido a la ampliación del bulevar costero. Este proyecto, con varias fases de construcción, suma un total de 2 km que incluyen andadores, áreas de estacionamiento y alumbrado. El proyecto incluye además áreas recreativas, deportivas, baños, plazas, áreas comerciales, teatro al aire libre, entre otras (Proyectos turísticos, Gobierno Municipal, 2010).

5.2.2. Barra arenosa del Estero de Punta Banda

La barra arenosa del Estero de Punta Banda se localiza a 13 Km de la ciudad de Ensenada y se extiende por 7.5 Km paralela a la línea de costa con dirección noroeste, separando físicamente la laguna costera “Estero de Punta Banda” de la Bahía de Todos Santos (Castillo-Valdez, 1995).

La barra tiene su origen en la base de Punta Banda y se extiende hacia el norte, en su extremo se encuentra la boca del estero, la cual constituye la única comunicación entre las aguas del estero con las de la bahía (Castillo-Valdez, 1995).

Las características del oleaje corresponden a las estaciones del año: durante el invierno-primavera se presentan condiciones de oleaje alto y proveniencia del noroeste y oeste, mientras que en verano-otoño, el oleaje es de menor altura y proviene del sur-suroeste (Wiegel, 1993).

Como producto de este régimen de oleaje se genera un transporte litoral neto hacia el norte, a lo largo de la barra, evidenciado por el crecimiento de la misma. La existencia de este transporte hacia el norte ha sido descrita y cuantificada en varios estudios, aún cuando estos difieren en sus resultados del gasto sólido (Castillo-Valdez, 1995).

La marea son semidiurnas con un rango de 2 metros, similares las determinadas en el puerto de Ensenada (Pritchard *et al.*, 1979).

Originalmente la barra presentaba en toda su extensión un sistema de dunas, el cual fue modificándose a partir de los años 80's con el desarrollo industrial y poco después con el desarrollo urbano turístico. Actualmente queda solo una tercera parte de la barra sin modificar, la porción norte de 2.6 Km de longitud (Sánchez-Oliveros, 1996). Para el siguiente trabajo los campos de dunas de la barra se dividieron en "Porción norte" correspondiente a la parte inalterada, y "Porción Sur", el hábitat alterado correspondiente al resto de la barra hacia el sur desde la zona de mayor estrechamiento.

6. Planteamiento del problema

Las dunas costeras representan una protección natural para la zona costera, su alteración o pérdida representa un riesgo tanto a nivel social como ambiental, por ello es indispensable evaluar su vulnerabilidad ante presiones naturales y antropogénicas.

La vulnerabilidad de las dunas costeras de la Bahía de Todos Santos no ha sido evaluada, sin embargo los efectos de las presiones sobre este ecosistema son evidentes, por lo que es necesario describir su estado actual como un antecedente para implementar adecuadas medidas de manejo.

7. Metodología

7.1. Delimitación de los campos de dunas

Cada uno de los cuatro campos de dunas se delimitó a través de un polígono basándose en imágenes de Google Earth Pro (2007 para el caso de la playa municipal y 2010 para la barra arenosa de Punta Banda, debido a la disponibilidad de las imágenes).

En la Fig. 1 se observa la ubicación y delimitación de los campos de dunas de la Bahía.

7.2. Determinación del índice de vulnerabilidad a través del la *Checklist* de Davies *et al.* (1995).

Esta lista para determinar la vulnerabilidad de dunas costeras, se basa en un procedimiento estructurado y sistemático que resume las condiciones actuales de estos ecosistemas, enlistando sus principales características, valorándolas y clasificándolas con respecto a la vulnerabilidad y protección de las dunas (Davies *et al.*, 1995).

Las condiciones del sistema de dunas pueden ser determinadas a través de mapas topográficos y geológicos, fotografías aéreas y trabajo en campo. La estructura de la *checklist* permite la sistemática consideración de los parámetros principales resumiendo las condiciones del sistema de dunas (Davies *et al.*, 1995).

Las condiciones del sistema se evalúan utilizando una escala del 0 al 4, para cada uno de los 54 parámetros considerados (Anexo I). Los parámetros se encuentran clasificados dentro de cinco categorías:

- A. Morfología de la duna y el sitio (8 parámetros)
- B. Condiciones de la playa (9 parámetros)
- C. Características de la de la superficie hasta 200 m del mar (12 parámetros)
- D. Presión por uso (14 parámetros)
- E. Medidas de protección (11 parámetros)

Cada parámetro es evaluado de manera independiente. El puntaje obtenido las secciones A-D se transforma a un porcentaje respecto al máximo puntaje posible para cada sección, obteniendo un índice parcial de vulnerabilidad. El promedio de los cuatro índices parciales (A-D) dará como resultado una descripción del las características ambientales del

sistema y los efectos de la presión humana en el mismo, en términos de un **Índice de Vulnerabilidad (IV)**.

La puntuación, expresada en porcentaje, obtenida a partir de los 11 parámetros restantes, pertenecientes a la sección E, proporciona un **Índice de Medidas de Protección (MP)**. Las medidas de protección, son definidas, en este contexto, como los procedimientos encaminados a contrarrestar los procesos que causan la pérdida de la diversidad en el sistema de dunas y que amenazan la existencia del propio sistema.

Una relación **IV/MP** puede ser obtenida para describir la relación de equilibrio en el sitio. Los sistemas en **equilibrio** tienden a tener una relación **IV/MP entre 0.8 y 1.3**. Los sistemas fuera de equilibrio contarán con una relación **IV/MP < 0.8 (descrita como positiva)**, o una relación **IV/MP > 1.3 (negativa)** (Davies *et al.*, 1995). Un sistema “negativo” representa, por lo tanto, un campo de dunas altamente vulnerable y poco protegido. Por otra parte, un campo de dunas con una relación positiva, representa un sistema poco vulnerable y muy protegido, es decir, un sistema en condiciones ideales.

Los resultados se presentan a través de gráficas construidas graficando el porcentaje obtenido para las secciones A-D a lo largo de los cuatro ejes y uniendo estos valores. Un círculo es posteriormente dibujado representando el porcentaje obtenido para la sección de medidas de protección. El diagrama representa el balance entre la vulnerabilidad del sistema y las medidas de protección del mismo.

Es importante mencionar que los diagramas obtenidos no deben ser interpretados como una representación de un “buen manejo, pobre manejo o sin manejo”. Los diagramas solo representan la relación actual entre las condiciones del sistema y su grado de manejo (Davies *et al.*, 1995).

Una clasificación descriptiva es finalmente posible, encontrando que los sistemas en equilibrio pueden pertenecer a las categorías 1 y 2, mientras que los sistemas fuera de equilibrio se encontrarán en la categoría 3 (sistema positivo) y categoría 4 (sistema negativo):

Categoría 1: Baja Vulnerabilidad-Baja Respuesta

Categoría 2: Alta Vulnerabilidad-Alta Respuesta

Categoría 3: Baja Vulnerabilidad-Alta Respuesta

Categoría 4: Alta Vulnerabilidad-Baja Respuesta

Cada uno de los cuatro campos de dunas de la Bahía de Todos Santos se evaluó a través del método descrito. La mayor parte de los parámetros requeridos se determinaron a través de salidas al campo durante el mes de Abril del 2011, con apoyo de imágenes de Google Earth Pro (2007 y 2010) y el Sistema de Información Geográfica descrito más adelante. En el Anexo I se presenta la *checklist* completa.

7.3. Determinación del índice de vulnerabilidad a través del la *Checklist* de García-Mora *et al.* (2001).

Esta lista se basa en la caracterización de variables que permiten la evaluación de la vulnerabilidad de un sistema de dunas de forma cuantificable. Comprende cinco grupos de variables: condiciones geomorfológicas del sistema de dunas (CGD, 8 variables), influencia marina (IM, 8 variables), influencia eólica (IE, 9 variables), condiciones de la vegetación (CV, 10 variables), y efectos humanos (EH, 17 variables).

Cada una de las variables es transformada a un valor semi-cuantitativo, valorándola de manera independiente en un rango de valores de 0 (mas bajo) a 4 (mas alto).

Los cinco grupos de variables identificados como los principales indicadores de la vulnerabilidad de las dunas costeras incluyen los siguientes aspectos (García-Mora *et al.*, 2001):

- a) Condiciones geomorfológicas (CGD). La capacidad de recuperación del sistema depende en la tipología y extensión del sistema de dunas (largo, ancho y alto), incluyendo una evaluación del balance sedimentario.
- b) Influencia marina (IM). Los factores marinos claves que afectan a estos ecosistemas son las variables de oleaje (altura, longitud y energía), el rango de marea, la orientación de la costa, la pendiente de la playa y el tamaño de grano.
- c) Influencia eólica (IE). El viento juega un papel importante en el desarrollo de las dunas costeras y su vulnerabilidad. Este papel depende principalmente de la relación entre al aporte sedimentario y la erosión. Para un régimen dado de viento, el aporte sedimentario se basa en cantidad de sedimento, en la berma de la playa, con el tamaño adecuado para su transporte. Por otro lado, la presencia de conchas o grava en la parte alta de la playa, disminuye el transporte de sedimento hacia las dunas costeras. La actividad eólica en dunas con baja

cobertura vegetal, fragmentadas o erosionadas, influencia el balance sedimentario, favoreciendo la pérdida de arena hacia el continente y aumentando, por consiguiente, la vulnerabilidad del ecosistema.

- d) Condiciones de la vegetación (CV). Se consideran tres tipos principales de plantas para las dunas costeras:
- Tipo I. Plantas que no presentan adaptaciones para el ambiente de dunas.
 - Tipo II. Plantas que presentan adaptaciones que le permiten soportar el estrés del sistema de dunas costeras, tal es el caso de la salinidad.
 - Tipo III. Plantas capaces de ser dispersadas por agua de mar o enterradas.
- e) Efectos humanos (EH). Los efectos antropogénicos son divididos en temporales (senderos, zonas de camping) y permanentes (carreteras, casas, hoteles, estacionamientos, sembradíos, etc.).

Índices parciales de vulnerabilidad son calculados de la misma forma que en el método anteriormente descrito, sumando los valores obtenidos para cada grupo de variable y expresándolos como un porcentaje del valor máximo de cada grupo.

El índice de vulnerabilidad de dunas costeras (IVD) es obtenido calculando el promedio de los cinco índices parciales:

$$IVD = (CGD + IM + IE + CV + EH)/5$$

Cada uno de los cinco componentes toma valores del 0 al 1, donde 1 es el valor máximo posible. Por lo tanto cuando el valor del Índice de Vulnerabilidad de las dunas costeras (IVD) aumenta, la habilidad de las dunas para recuperarse de perturbaciones (tanto naturales como antropogénicas) disminuye.

Los resultados, una vez más, se presentan a través de gráficas, en este caso de cinco ejes, cada uno de los cuales corresponde a un grupo de variables (índice parcial). Al unir los ejes se genera un polígono, cuya área está relacionada con el valor del Índice de Vulnerabilidad, a mayor área, mayor vulnerabilidad.

Cada uno de los cuatro campos de dunas de la Bahía de Todos Santos se evaluó a través del método descrito. La mayor parte de los parámetros requeridos se determinaron a través de salidas al campo durante el mes de Abril del 2011, con apoyo de imágenes de Google Earth Pro (2007 y 2010) y el Sistema de Información Geográfica descrito mas adelante. En el Anexo I se presenta la *checklist* completa.

7.4. Cartografía actual de los campos de dunas

7.4.1. Procesamiento de imágenes

Con el fin de generar la información completa para las dunas, se elaboró su cartografía actual a partir de imágenes de Google Earth Pro.

Primeramente se extrajeron las imágenes con la mayor resolución posible (4800x2759). De acuerdo a la disponibilidad de las imágenes en el programa, las imágenes correspondientes a los campos de dunas de la playa municipal, son del año 2007, mientras que las de la barra de arena de Punta Banda corresponden al año 2010.

Cada imagen se georeferenció en el programa Er Mapper mediante el asistente de codificación geografía Geocoding Wizard. Se utilizó como referencia una ortofoto de 1993 corregida por INEGI de la Bahía de Todos Santos, debido a su alta 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.

Con las imágenes ya referenciadas se construyó, en Er Mapper, un mosaico con el fin de poder analizar el conjunto de ellas.

7.4.2. Trabajo en campo

EL campo de dunas de “Conalep y La Lagunilla” es aquel que cuenta con la menor cobertura vegetal y está sujeto a las mayores presiones antropológicas. Este campo está claramente deteriorado, existen estudios que determinan el cambio en la cobertura vegetal para estas dunas, sin embargo no existe información que describa su deterioro geomorfológico.

Para completar esta información se realizaron perfiles topográficos durante el mes de Abril del 2011. Los perfiles contaron con una separación de 50 m, con puntos aproximadamente cada 25-30 metros. Para cada punto se tomó su ubicación con un GPS en

coordenadas UTM, Zona 11, datum WGS84. Los perfiles se referenciaron al Nivel Medio del Mar (NMM), corrigiendo las alturas a partir de una tabla de mareas para el Puerto del Sauzal, obtenida del centro de predicción de mareas del CICESE.

Cabe señalar que no se realizaron perfiles en el campo de dunas “El Ciprés” debido a que estas se encuentran dentro de un campo militar, y su acceso es restringido. Por otro lado, las presiones sobre estas dunas, al igual que las de la “Porción Norte” de la barra de arena de Punta Banda, son de menor intensidad.

7.4.3. Construcción de un Sistema de Información Geográfica (SIG)

Se construyó un SIG con el objetivo de elaborar la cartografía de los campos de dunas y determinar ciertos parámetros de la lista de verificación. Para ello se empleó el mosaico de imágenes generadas y se crearon capas con el fin de delimitar los rasgos característicos de las dunas costeras y las presiones antropogénicas.

Las zonas con vegetación fueron delimitadas, al igual que la infraestructura ubicada sobre los campos de dunas, a una escala de 1:2500. De igual forma se definió la línea de costa en la berma de la playa (separación entre la arena húmeda y la seca), los cuerpos de agua y las vías de acceso.

Para cada una de las clases generadas se calculó su cobertura en metros cuadrados. Para el caso del campo de dunas “Conalep y La Lagunilla” se generaron contornos topográficos con los datos de los perfiles obtenidos en campo.

Es importante señalar que la digitalización de los rasgos de los dos campos de dunas ubicados en la playa municipal, se realizó tomando como base la imagen de Google Earth Pro, que corresponde al año 2007, asumiendo que los cambios no fueron significativos en los últimos años. Sin embargo los perfiles topográficos representan las condiciones geomorfológicas de las dunas para el año 2011 (Abril).

Finalmente se realizaron visitas al campo para verificar y actualizar, si fuera el caso, la cartografía.

En el Anexo II se presenta la información detallada del Sistema de Información Geográfica y sus elementos.

8. Resultados

8.1. Índice de vulnerabilidad obtenido a través del la *Checklist* de Davies *et al.* (1995)

Los campos de dunas de la Bahía de Todos Santos se dividen en dos grupos, en base a los resultados obtenidos a partir de esta metodología: los sistemas en equilibrio, y los sistemas en equilibrio negativo (fuera de equilibrio).

8.1.1. Campos de dunas en equilibrio

Tanto el campo de dunas de El Ciprés como el de la Porción Norte de la barra de Punta Banda se consideran campos de dunas en equilibrio, sin embargo la situación en la que se encuentran es distinta.

El estado de equilibrio del sistema de dunas costeras de El Ciprés, está conformado por un Índice de Vulnerabilidad relativamente alto (44.76%) al igual, que su Índice de Medidas de Protección (54.55%) (Tabla I). Esto da como resultado un campo de dunas altamente vulnerable, sin embargo bien protegido, correspondiente a la Categoría 2 descrita por Davies *et al.* (1995).

Los parámetros evaluados indican que la mayor vulnerabilidad de este campo de dunas está dada por las condiciones de la superficie hasta 200 metros del mar (C) con 60.42%. En la Tabla III, al igual que en el mapa de la Figura 4, se aprecia como el 41.30% de las dunas se encuentran completamente sin vegetación, por otro lado, la superficie del sistema está fragmentada por zonas con brechas y depresiones donde el viento ha removido la arena.

Otro importante parámetro que contribuye a la alta vulnerabilidad del campo de dunas son las condiciones morfológicas del mismo (A) con un valor del 50% de vulnerabilidad parcial, debida principalmente a la extensión del sistema, de solo 31.25 hectáreas, como se observa en la Tabla III.

El parámetro con menor aportación al Índice de Vulnerabilidad para este campo de dunas, es el correspondiente a las presiones humanas (D) con valor de 21.43%. Debido a que el sistema se localiza en una zona militar, el uso de vehículos motorizados en la playa y sobre las dunas está completamente restringido para el público en general, únicamente los vehículos militares circulan, con baja frecuencia y fines de vigilancia. Por esta misma

razón, el Índice de Medidas de Protección para esta área de estudio, es relativamente alto, 54.55%.

Por su parte, el segundo campo de dunas que se encuentra en equilibrio, ubicado en la Porción Norte de Punta Banda, presenta condiciones muy distintas.

Para este sistema, el equilibrio está conformado por un Índice de Vulnerabilidad más bajo que el anterior (31.34%), al igual que un Índice de Medidas de Protección considerablemente más bajo que el del campo de dunas de El Ciprés, 31.82% (Tabla I). Esto define a las dunas costeras de la Porción Norte de Punta Banda como dunas relativamente poco vulnerables y poco protegidas, correspondientes a la Categoría 1 descrita por el autor del método.

Como se aprecia en la Tabla I, ninguno de los parámetros que conforman el Índice de Vulnerabilidad sobresale de manera relevante. Las condiciones de la playa (B) y las de la superficie del campo de dunas (C) presentan los valores más bajos de los cuatro sistemas analizados. Esto se debe principalmente a que el 62.71% de las dunas se encuentran completamente vegetadas (Tabla III), con escasas brechas y zonas donde el viento ha removido el sedimento. El frente de las dunas se encuentra casi en su totalidad vegetado, y la playa cuenta con restos de algas en la parte superior que contribuyen a la formación de nuevas dunas. Es importante mencionar que la principal especie que estabiliza este sistema de dunas litorales es introducida, por lo que existen problemas ecológicos, principalmente desplazamiento de otras especies, debido a la misma.

Como ya se mencionó, el Índice de Medidas de Protección para este campo de dunas es relativamente bajo. No existen disposiciones de protección, sin embargo el acceso a la zona es más difícil, principalmente debido a su lejanía de la ciudad de Ensenada. Por otro lado el área residencial que precede al sistema no ejerce influencia directa sobre él, y permite cierto control de los vehículos y el estacionamiento de los mismos. Finalmente cabe señalar, que parte de las dunas cuentan con un sendero ecológico, destinado a la observación de la flora y fauna de la región. Este sendero es poco frecuentado, sin embargo se caracteriza por estar bien señalado con gran cantidad de letreros informativos, y aparentemente respetado por sus visitantes.

8.1.2. Campos de dunas fuera de equilibrio

El campo de dunas Conalep y La Lagunita, al igual que el de la Porción Sur de Punta Banda, se encuentran fuera de equilibrio. Las condiciones para ambos campos son muy parecidas, ambos cuentan con un Índice de Vulnerabilidad alto, y un Índice de Medidas de Protección bajo. Esta condición indica que ambos sistemas son muy vulnerables y muy poco protegidos, entrando por consiguiente a la Categoría 4 (Equilibrio negativo) descrita por Davies *et al.* (1995).

Cabe señalar, sin embargo, que los estos campos de dunas, a pesar de encontrarse en la misma categoría, cuentan con marcadas diferencias.

Primeramente, el sistema de dunas costeras Conalep y La Lagunita, presenta el Índice de Vulnerabilidad más alto encontrado en la zona de estudio (62.93%), así como el más bajo para el caso de las medidas de protección (9.09%) (Tabla II). Esto nos indica que el campo de dunas es muy vulnerable, y prácticamente desprotegido. Es importante señalar que tres de los parámetros considerados en la construcción del índice, cuentan con los valores más altos de toda el área analizada. Morfológicamente el campo de dunas es pequeño, de únicamente 30.29 hectáreas, las dunas son más altas que el resto, pero se encuentran en su mayor parte sin vegetación, con únicamente un 13% de cobertura vegetal (Tabla III), lo que ocasiona que el parámetro C (características de la superficie del campo de dunas) cuente con la aportación más alta a la vulnerabilidad del sitio.

Es importante señalar, que la presión por uso también cuenta con un valor elevado. Las dunas se encuentran en una zona de fácil acceso y tienden a ser utilizadas como zonas recreacionales, donde la principal actividad se fundamente en los vehículos todo terreno que circulan en ellas.

Las medidas de protección para este campo de dunas son prácticamente inexistentes, el valor para este índice tan bajo se debe a la completa falta de restricciones en el uso de vehículos en el sistema de dunas.

Por su parte el campo de dunas costeras de la Porción Sur de Punta Banda, presenta un Índice de Vulnerabilidad ligeramente más bajo que el caso anterior (55.05% como se aprecia en la Tabla I), y el correspondiente a las medidas de protección es claramente más elevado (29.55%). A pesar de estas diferencias, este sistema de dunas también se describe como altamente vulnerable y poco protegido.

Para este caso en particular, la contribución más alta al Índice de Vulnerabilidad está dada por las condiciones de la superficie del campo de dunas. Únicamente el 19% de las dunas se encuentran vegetadas (Tabla III), y más del 50% han sido remplazadas por una zona residencial. Esto da como resultado que este campo, además cuente con la presión por uso más alta de la zona de estudio (53.57%).

Es importante mencionar, que al igual que el sistema ubicado en la Barra del Estero de Punta Banda (Porción Norte), la vegetación presente en las dunas no es característica de la región, y por lo tanto, la estabilización de las dunas con esta especie vegetal ha generado problemas ecológicos.

Su Índice de Medidas de Protección es más alto que el de las dunas de Conalep y La Lagunita, principalmente gracias a la zona residencial. El tráfico de vehículos sobre las dunas es más controlado que en el caso anterior, sin embargo no nulo, además de que existen zonas exclusivas de estacionamientos, y cierto control en la entrada de visitantes.

Tabla I. Resumen de los resultados obtenidos para cada categoría, índice de vulnerabilidad y medidas de protección para los campos de dunas costeras de la Bahía de Todos Santos. El valor más alto para cada categoría se encuentra resaltado. (A=Morfología de la duna y el sitio, B=Condiciones de la playa, C=Características de la superficie hasta 200 m del mar, D=Presión por uso, VI=Índice de vulnerabilidad, MP=Medidas de protección).

Campo de dunas	A (%)	B (%)	C (%)	D (%)	IV (%)	MP (%)	IV/MP (%)	Relación
Conalep y Lagunita	65.63	52.78	83.33	50.00	62.93	9.09	6.92	Equilibrio negativo
El Ciprés	50.00	47.22	60.42	21.43	44.76	54.55	0.82	Equilibrio
PB Porción Norte	43.75	22.22	31.25	32.14	31.34	31.82	1.02	Equilibrio
PB Porción Sur	56.25	41.67	68.75	53.57	55.05	29.55	1.86	Equilibrio negativo

En la Figura 2 se aprecian los Índices de Vulnerabilidad y Medicas de Protección graficados para los cuatro campos de dunas.

La relación de equilibrio de los campos El Ciprés y Punta Banda Porción Norte, queda representada claramente al igual que las bajas medidas de protección y la alta vulnerabilidad encontrada en los dos campos restantes.

Equilibrio Negativo. Alta Vulnerabilidad-Baja Protección

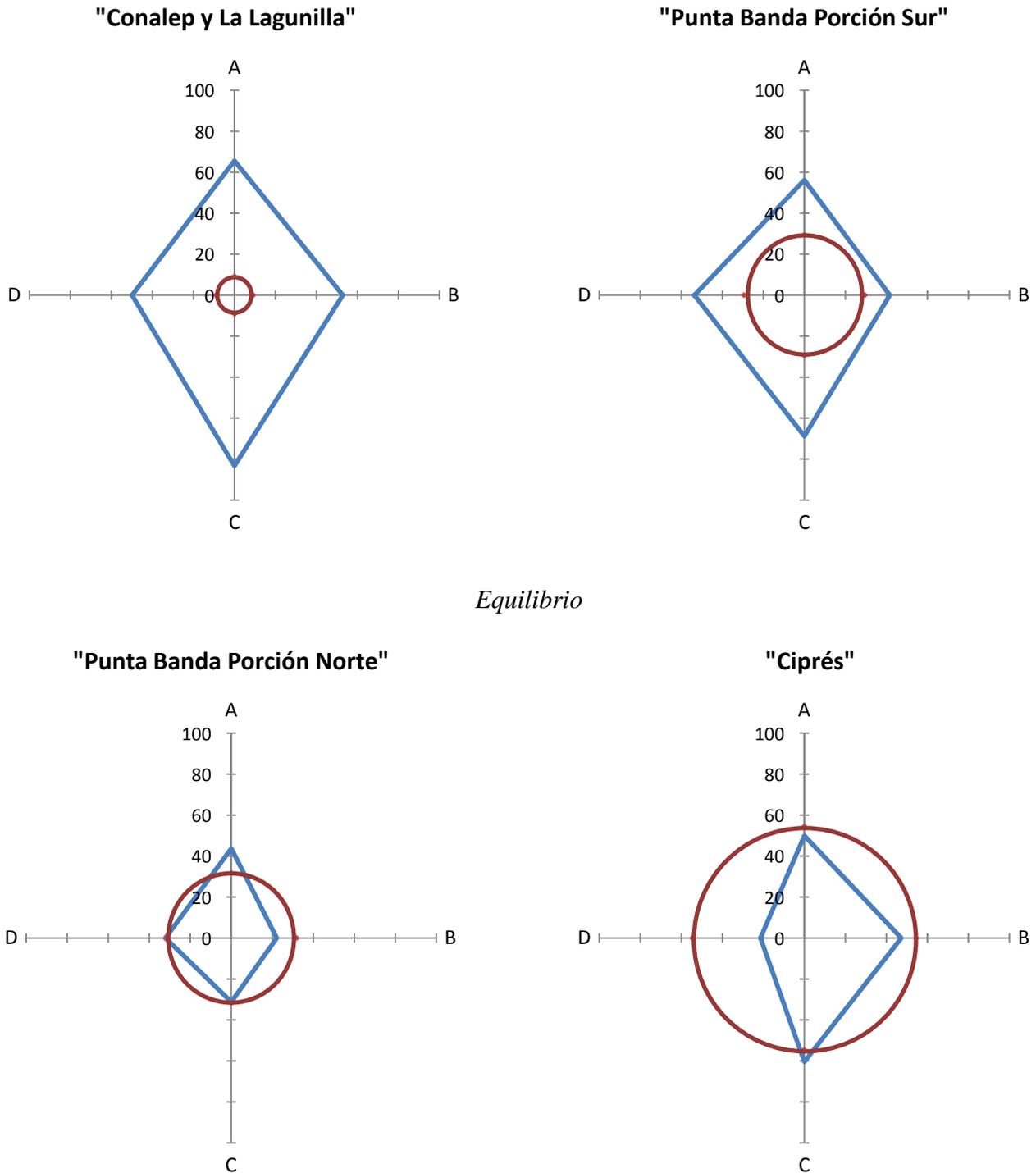


Fig. 2. Vulnerabilidad y protección de las dunas costeras de la Bahía de Todos Santos Todos los valores se encuentran graficados como porcentajes. (A=Morfología de la duna y el sitio, B=Condiciones de la playa, C=Características de la superficie hasta 200 m del mar, D=Presión por uso, el círculo representa las medidas de protección).

8.2. Índice de vulnerabilidad obtenido a través del la *Checklist* de García-Mora *et al.* (2001)

Los resultados obtenidos a partir de este método fueron muy similares, encontrando que el campo de dunas con la mayor vulnerabilidad es el de Conalep y La Lagunita, con un valor de Índice de Vulnerabilidad de 0.56 (56%).

Este sistema cuenta con los valores más altos observados en el área de estudio, para cada uno de los subíndices, como se puede observar en la Tabla II. El subíndice correspondiente a las condiciones geomorfológicas del campo de dunas (CGD) es el de mayor aportación a la vulnerabilidad con un valor de (0.72). Esto se debe principalmente, como ya se mencionó en la descripción del campo a partir del método anterior, a la limitada extensión del mismo, su bajo aporte de sedimentos y su alta fragmentación.

La influencia eólica (IE) para este sistema de dunas es muy elevada, relacionada principalmente con las condiciones de la vegetación (CV). El campo cuenta alrededor del 86% de las dunas sin vegetación (Tabla III), por lo tanto las depresiones en las cuales el viento ha removido la arena representan un porcentaje elevado del sistema. Por otro lado, los efectos humanos (EH) sobre el mismo son evidentes, debido al tráfico de vehículos, y principales se ven reflejados en el mal estado de la poca vegetación existente y la ausencia de la misma.

Al igual que lo obtenido a partir del método de Davies *et al.* (1995), las dunas de la bahía con el segundo Índice de Vulnerabilidad más alto son las de la Porción Sur de la barra de Punta Banda.

Al igual que las dunas de Conalep y La Lagunita, la mayor aportación a la vulnerabilidad es dada por las condiciones geomorfológicas del sistema, el cual es pequeño, y muy fragmentado debido a la presencia de la zona residencial en su parte superior.

De acuerdo a esta metodología, la influencia humana sobre el sistema no es tan elevada, con un valor de únicamente 0.37 (37%), principalmente debido a la que el sistema se encuentra relativamente retirado del centro de población, y a pesar de contar con una zona residencial, la frecuencia con la que es visitado es mucho menor que en el caso de las dunas del Conalep y La Lagunita.

Por su parte, las dunas de El Ciprés y las de la Porción Norte de Punta Banda se encuentran en un estado de vulnerabilidad muy similar, con valores de 0.39 (39%) y 0.31

(31%) respectivamente (Tabla II). Para ambos casos el subíndice con mayor contribución a la vulnerabilidad de estos sistemas, son las condiciones geomorfológicas.

La vulnerabilidad de estos dos sistemas es baja, ambos se encuentran relativamente bien vegetados (CV); de acuerdo al método El Ciprés es el campo en el cual las condiciones de la vegetación son las mejores; los efectos humanos (EH) son bajos, ambos campos presentan baja frecuencia de visitantes y menor circulación de vehículos todo terreno. Como se describió anteriormente, El Ciprés se encuentra en una zona militar, por lo tanto existe cierto control de las actividades que se llevan a cabo en él.

En la Figura 3, se presentan los índices de Vulnerabilidad graficados para este método. Cuanto más grande sea el área representada, mayor vulnerabilidad presenta el sistema de dunas.

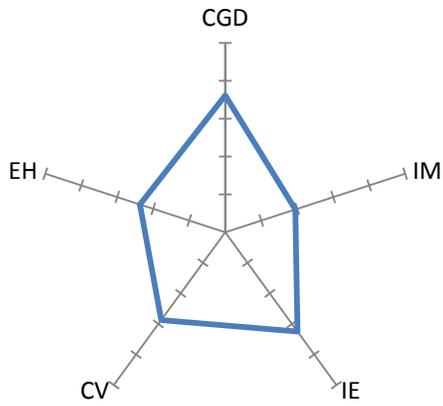
Tabla II. Resumen de los resultados obtenidos para cada subíndice e índice de vulnerabilidad para los campos de dunas costeras de la Bahía de Todos Santos. El valor más alto para cada categoría se encuentra resaltado. (CGD=Condiciones geomorfológicas de la duna, IM=Influencia marina, IE=Influencia eólica, CV=Condiciones de la vegetación, EH=Efectos humanos, IVD=Índice de vulnerabilidad).

Campo de dunas	CGD	IM	IE	CV	EH	IVD
Conalep y Lagunita	0.72	0.39	0.65	0.58	0.47	0.56
Ciprés	0.50	0.39	0.48	0.30	0.26	0.39
PB Porción Norte	0.42	0.31	0.28	0.33	0.21	0.31
PB Porción Sur	0.72	0.28	0.48	0.48	0.37	0.46

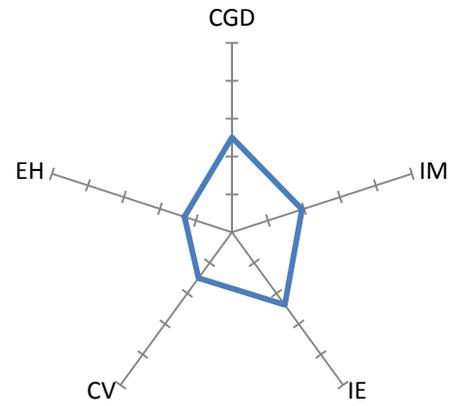
Tabla III. Superficie total de los campos de dunas y su correspondiente porcentaje de cobertura vegetal. El valor más alto se encuentra resaltado.

Campo de dunas	Superficie del campo (Ha)	% con vegetación	% sin vegetación
Conalep y Lagunilla	30.29	13.21	86.79
El Ciprés	31.25	58.69	41.31
PB Porción Norte	119.78	62.72	37.28
PB Porción Sur	43.40	19.01	80.99

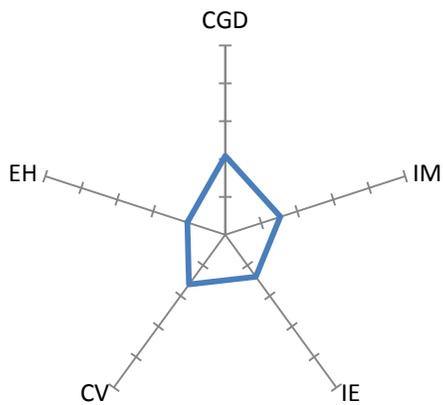
"Conalep y La Lagunilla"



"Ciprés"



"Punta Banda Porción Norte"



"Punta Banda Porción Sur"

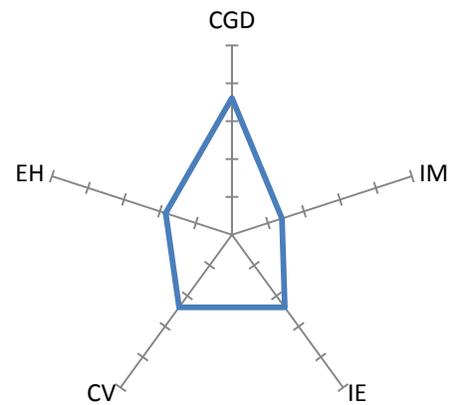
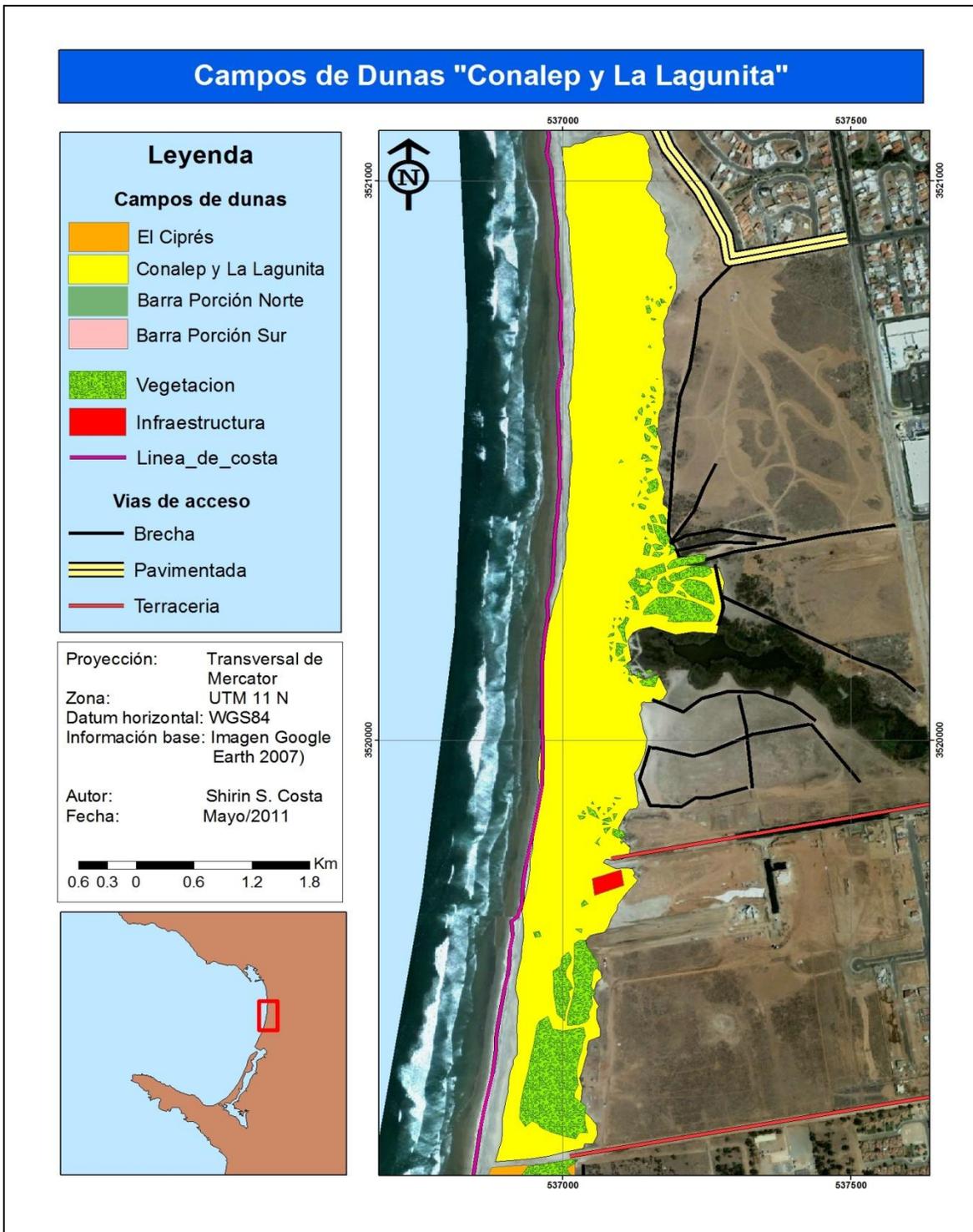


Fig. 3. Representación gráfica de los índices de vulnerabilidad parciales y totales de los campos de dunas de la Bahía de Todos Santos. (CGD=Condiciones geomorfológicas de la duna, IM=Influencia marina, IE=Influencia eólica, CV=Condiciones de la vegetación, EH=Efectos humanos).

8.3. Cartografía de los campos de dunas

En las figuras siguientes se presenta los mapas generados de los campos de dunas.



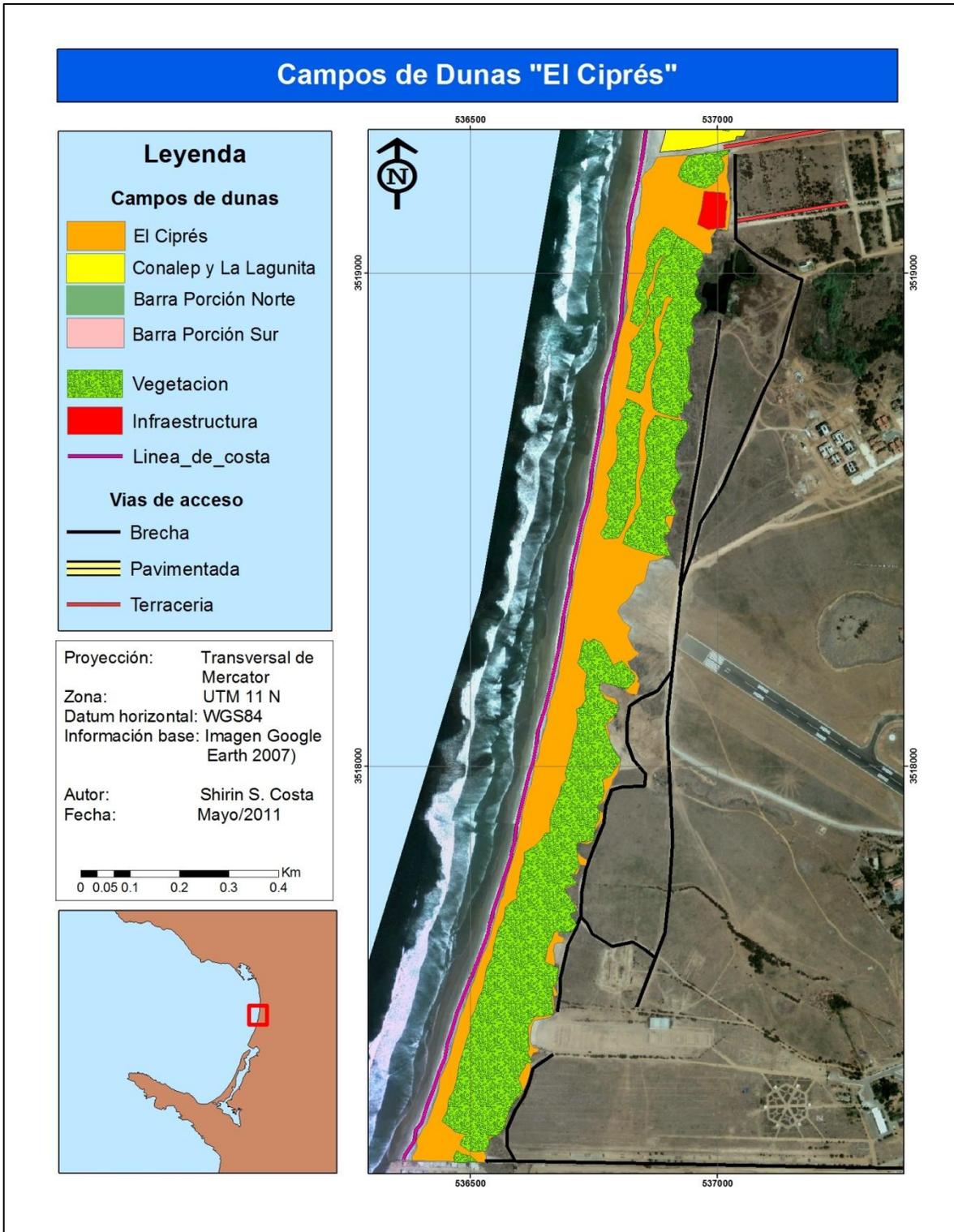


Fig. 5. Campo de dunas El Ciprés.

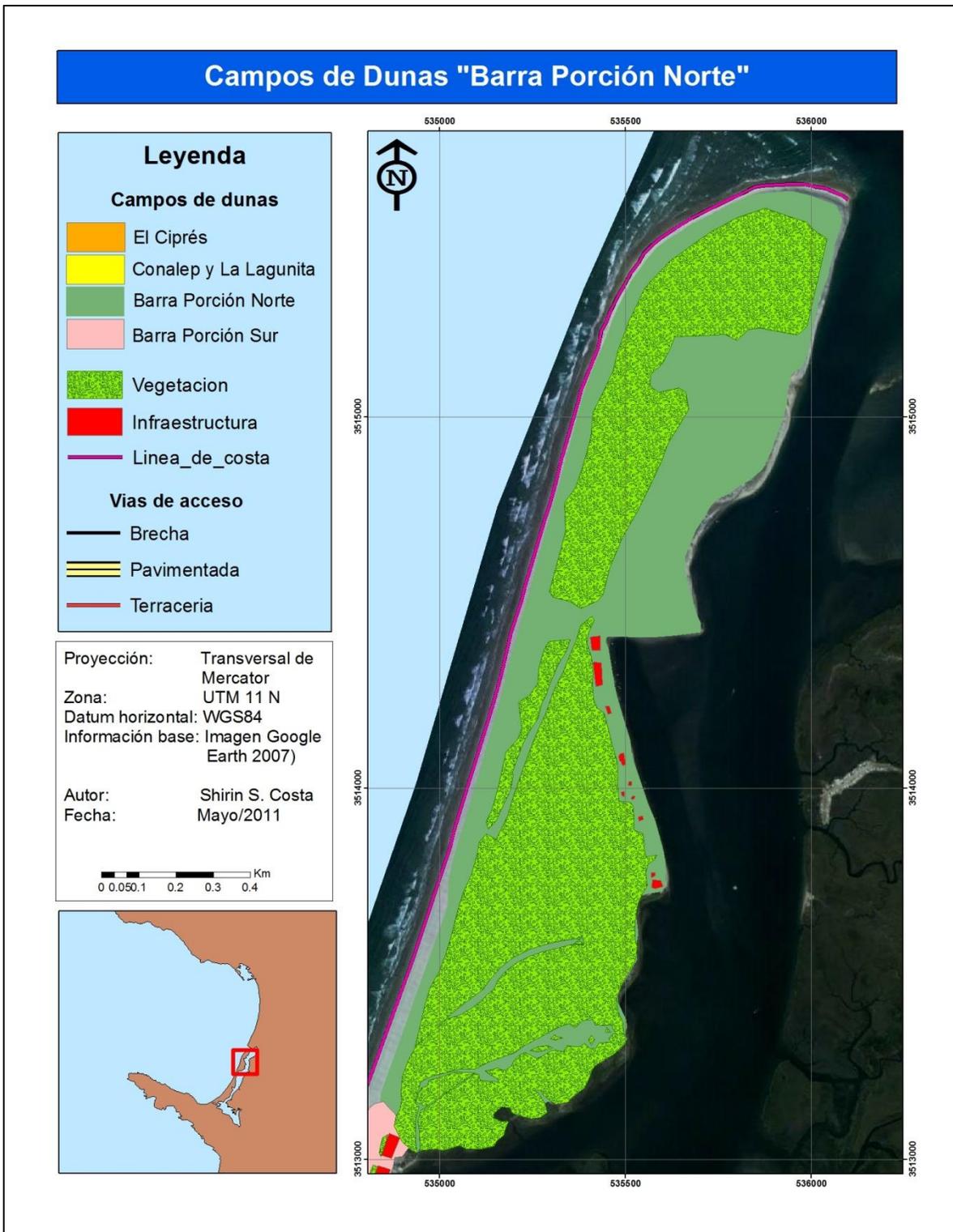


Fig. 6. Campo de dunas de la Porción Norte de la barra del Estero de Punta Banda.

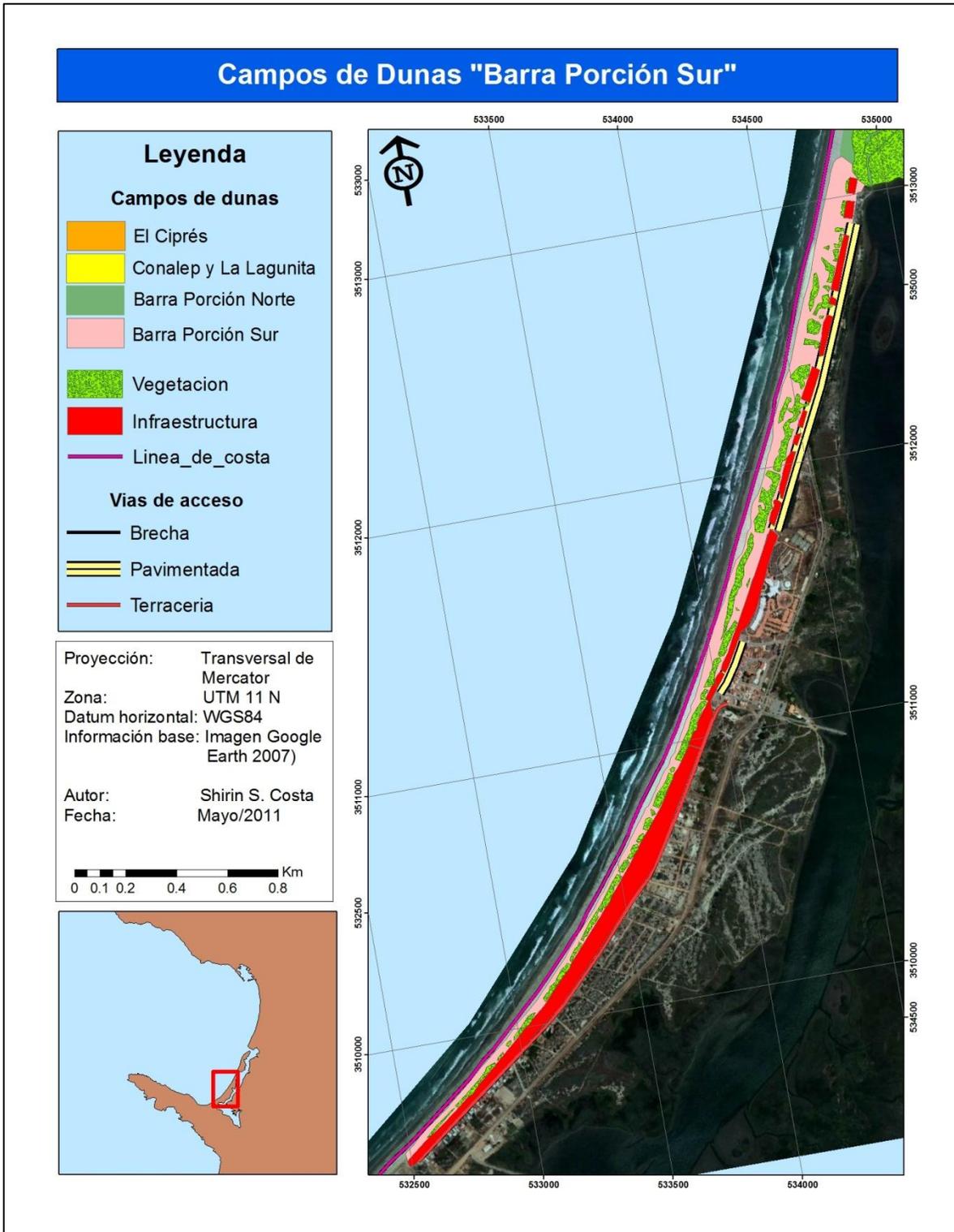


Fig. 7. Campo de dunas se la Porción Sur de la barra del Estero de Punta Banda.

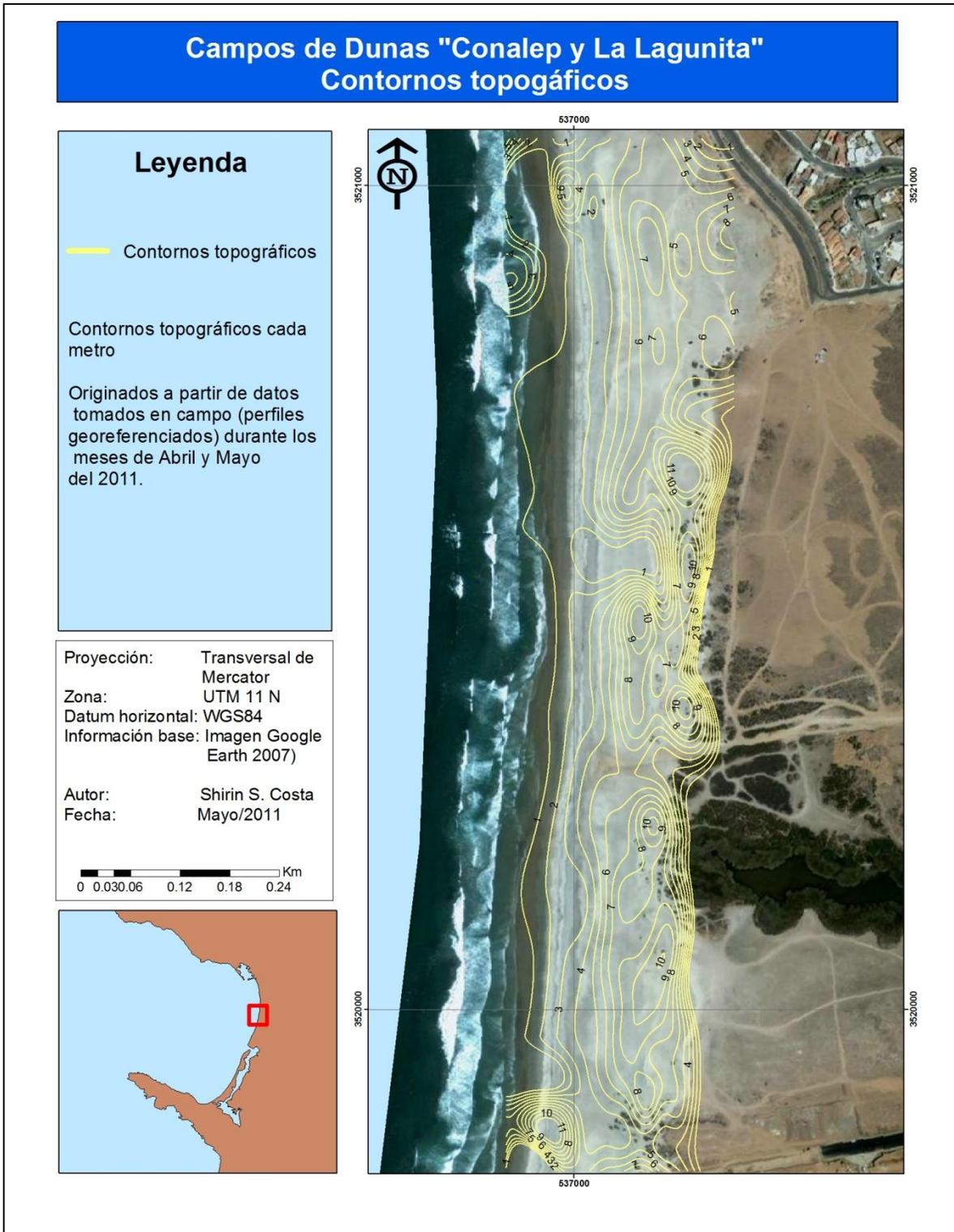


Fig. 8. Contornos topográficos para el campo de dunas “Conalep y La Lagunita”

9. Discusión

9.1. Situación de las dunas costeras de la Bahía de Todos Santos

De acuerdo a los resultados obtenidos por ambos métodos, el campo de dunas de Conalep y La Lagunita es el que presenta el Índice de Vulnerabilidad más alto.

Este campo se encuentra, al igual que el sistema de dunas de El Ciprés, ubicado sobre la playa municipal. La playa se localiza en la celda litoral numero III con aporte sedimentario del Arroyo El Gallo y el Estero de Punta Banda (Peynador y Méndez-Sánchez, 2010). De acuerdo a Peynador y Méndez-Sánchez (2010), la celda litoral III tiene una tendencia erosiva, con una tasa de erosión de 2,084 m² por año. De acuerdo a estas condiciones, resulta evidente que los resultados indiquen una alta contribución geomorfológica en la vulnerabilidad de estos campos.

Por otro lado, las condiciones en las que se encuentra la vegetación del sistema de dunas de Conalep y La Lagunita, ya habían sido documentadas anteriormente (Rosales-Ortiz, 2006 y Jiménez-Esquivel, 2010). De acuerdo a Rosales-Ortiz (2006), para el año 2002 ya se había perdido alrededor del 60 % de la cobertura vegetal de estas dunas con respecto a 1979. Acorde a este autor, la zona es visitada en su mayoría (74%) por personas locales, cuya principal actividad son las caminatas (28%) y los paseos en vehículos todo terreno (21%). Ambas actividades son realizadas con mayor intensidad en la parte más alta de las dunas, y consecutivamente más fragmentada.

Es evidente que la situación de este campo de dunas es crítica, es altamente vulnerable y no se aplica ninguna medida de gestión para el mismo, sin embargo diversos autores ya han propuesto una serie de medidas de manejo con el fin de proteger y fomentar el adecuado uso de este campo de dunas y del cuerpo de agua adyacente (Peynador y Méndez-Sánchez (2010), Rosales-Ortiz (2006), Rosas-Gómez (2008)).

Para el caso de las dunas El Ciprés, la situación es muy distinta. Su condición geomorfológica es la misma, al encontrarse sobre la misma playa y en la misma celda litoral, sin embargo, a pesar de que su vulnerabilidad es alta, las restricciones del campo militar han limitado de manera significativa su uso, además de que no existen conflictos asociados a la propiedad de las tierras, por lo tanto el campo no se encuentra en una situación de vulnerabilidad grave.

Los dos campos de dunas restantes se encuentran ubicados en la barra de arena del Estero de Punta Banda. Este sitio ha sido fuente de conflicto por la tenencia de tierra, actualmente existen 11 propietarios privados en la barra del estero, cuyas propiedades abarcan distintas superficies y mantienen diferentes situaciones jurídicas. Por otro lado, el área ha sido promovida como un lugar importante para la conservación. En el 2006 el estero fue nombrado como zona de conservación y uso racional por tratarse de un Humedal de Importancia Internacional (Sitio Ramsar). Por otro lado ha sido propuesto para su conservación (con algunos usos de bajo impacto) dentro del Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población de Ensenada y la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) (FIR, 2006).

Cabe señalar que dos terceras partes de la barra de arena se alteraron a principios de 1988 (Sepúlveda-Trujillo, 1998), las que para este trabajo corresponde al sistema de dunas denominado Porción Sur. Este campo, por lo tanto, cuenta con una alta vulnerabilidad, muy cercana a la encontrada para el de Conalep y La Lagunita, sin embargo se encuentra mejor estabilizado por la vegetación, a pesar de que esta no sea nativa y represente un problema ecológico.

Este sistema de dunas, a diferencia del campo de Conalep y La Lagunita, es menos frecuentado por la población y más restringido su acceso debido al fraccionamiento residencial, sin embargo, está completamente alterado por infraestructura permanente, lo que implica una presión humana intensa sobre el mismo.

Por último, el sistema de dunas de la Porción Norte de la barra de arena del Estero de Punta Banda, es el que se encuentra en mejor estado en la Bahía de Todos Santos. La presiones humanas sobre el mismo son bajas, únicamente existe un pequeño campo turístico, Tony's Camp, en el extremo sureste, constituido por 31 casas rústicas pequeñas, las cuales se rentan a particulares, principalmente turistas estadounidenses (FIR, 2006). La cobertura vegetal es buena, no obstante existe un serio problema ecológico de desplazamiento de las especies nativas por intrusas.

Finalmente es importante señalar que el método de García-Mora *et al.* (2001) ha sido aplicado para las dunas de la costa del Golfo de México por Martínez *et al.* en el 2006. De acuerdo a la clasificación de los resultados obtenida por este autor, las dunas de El Ciprés y la Porción Norte de Punta Banda presentan *baja vulnerabilidad*, las de la Porción

Sur de Punta Banda *media vulnerabilidad*, mientras que las de Conalep y La Lagunilla *alta vulnerabilidad*.

9.2. Metodologías para la evaluación de la vulnerabilidad de las dunas

Los métodos empleadas con el fin de evaluar la vulnerabilidad de los campos de dunas costeras de la Bahía de Todos Santos (Davies *et al.* (1995) y García-Mora *et al.* (2001)) se fundamentan en listas de verificación o “*checklists*” que permiten obtener un Índice de Vulnerabilidad.

El uso de este tipo de listas permite una recopilación de datos estructurada y sistemática, económica tanto en tiempo como en esfuerzo, y llevada a cabo tanto de manera individual como grupal (Davies *et al.*, 1995). Estas listas fueron ideadas para proporcionar una base de datos susceptibles a ser utilizados como una herramienta de gestión. Representan un procedimiento que resumen las condiciones del sistema y que es capaz de identificar los cambios iniciados en el pasado y los inducidos por factores ambientales contemporáneos. La información recabada a través de este método, puede resultar de ayuda en el desarrollo de objetivos y estrategias dirigidas a la conservación dinámica y el uso sustentable del sistema de dunas (Williams and Davies, 2001).

Es importante mencionar, que una buena evaluación de los parámetros ambientales de las dunas es vital para formular estrategias de manejo adecuadas para estos sistemas, sin embargo, debido a la complejidad de los ambientes costeros, la información no siempre se encontrará disponible en la cantidad y calidad requerida para alcanzar un análisis completo (Davies *et al.*, 1995). A pesar de que cada sistema de dunas costeras presenta una combinación específica de problemas, fenómenos como la erosión por viento y oleaje, la falta de aporte sedimentario, la pérdida y destrucción de la vegetación, el excesivo uso y la falta o ineficiencia de las medidas de manejo, son problemas comunes en la mayoría de los campos de dunas (Laranjeira *et al.* 1999).

Davies *et al.* (1995), reconoce, como una de los principales limitantes de las *checklists*, la incorporación de información cualitativa y por lo tanto subjetiva, a la evaluación de la vulnerabilidad de un sistema. El autor expresa que existe una directa correlación entre la cuantificación y la certidumbre, sin embargo, considera necesario y válido, aceptar juicios cualitativos con el fin de completar la información sobre el estado

presente y futuro del ambiente analizado. Tanto los juicios objetivos y subjetivos son incorporados en la evaluación a través de listas de verificación, no obstante, de acuerdo a este autor, altos niveles de consistencia y replicación son alcanzados a través de este método, inclusive cuando es aplicado por personas de diversas disciplinas, de manera individual, o grupal.

Martínez *et al.* (2006) estipulan que los parámetros cualitativos considerados por este método de evaluación pueden generar errores de estimación, sin embargo, el obtenerlos de manera cuantitativa, requeriría mayor inversión monetaria y de tiempo, y asegura, como punto más importante, que los resultados serían muy similares a los obtenidos a través de las consideraciones cualitativas.

Finalmente, dentro de las principales ventajas de las *checklists* es que permiten, no solo evaluar el grado de vulnerabilidad de las dunas costeras, sino también identificar la principal fuente de perturbación de las mismas. Además, como ya se mencionó, son un método rápido de evaluación, permiten la fácil comparación entre localidades y es una herramienta útil para la toma de decisiones en ámbitos de manejo y conservación.

9.3. Comparación de resultados

Tanto el método de Davis *et al.* (1995) como el de García-Mora *et al.* (2001) indican que el campo de dunas más vulnerable de la Bahía de Todos Santos es el de Conalep y La Lagunita con un Índice de Vulnerabilidad de 62.93% y 56% respectivamente.

Ambos métodos concuerdan que las dunas menos vulnerables de la bahía son las que corresponden a la Porción Norte de la barra de arena de Punta Banda, seguidas del campo El Ciprés y las de la Porción Sur de la barra de arena de Punta Banda.

A pesar de que el grado de vulnerabilidad de los campos de dunas resultó muy similar, existen claras diferencias entre los métodos.

Primeramente es importante notar que los parámetros bajo los que se construye cada índice de vulnerabilidad no son los mismos.

García-Mora *et al.* (2001) considera 53 parámetros, repartidos en 5 subíndices, mientras que Davies *et al.* (1995) construye su índice de vulnerabilidad únicamente con 43

divididos en 4 categorías, sin embargo utiliza 11 adicionales con el fin de generar un Índice de Medidas de Protección.

Es importante señalar que no existe acuerdo sobre cuántas variables deben mezclarse en un índice de vulnerabilidad (García-Mora *et al.*, 2001). Dal Cin y Simeoni (1989), consideran que entre más variables, más robusto es el índice; mientras tanto, Cooper y McLaughlin (1998) aseguran que un buen índice será descrito con la cantidad mínima de información necesaria.

Dentro de las principales diferencias entre ambas *checklists*, se encuentra la descripción de las condiciones de la vegetación. El método de García-Mora *et al.* (2001), clasifica a la vegetación bajo diversos tipos, como se mencionó en la metodología, y evalúa el estado de cada uno de ellos, así como su proporción y porcentaje de cobertura. Por otro lado, la lista de Davies *et al.* (1995) únicamente considera el porcentaje de superficie sin vegetación del campo de dunas.

Para la zona de estudio, la vegetación es representada por la especie nativa formadora de dunas *Abronia marítima* (alfomrilla o verbena de mar), la cual es actualmente desplazada por especies invasoras más agresivas, *Cakile marítima* y *Carpobrotus eduli*. Estas plantas se caracterizan por una alta tolerancia salina, un sistema radical profundo, tolerancia a sequías prolongadas y enterramiento por arena (Sánchez-Oliveros, 1996), por lo que corresponden a un único tipo de plantas (Tipo III) de los tres considerados para el método de García-Mora *et al.* (2001). Esto implica que la clasificación de la cobertura vegetal no es un parámetro relevante, el frente de las dunas de las zonas, se encuentra vegetado, cuando es el caso, por este tipo de vegetación, por lo que no existe un incremento de la vulnerabilidad de las dunas costeras debido a la presencia de vegetación menos tolerante en la zona frontal del sistema. Para este caso, el porcentaje de cobertura vegetal considerado por la lista de verificación de Davies *et al.* (1995) es más representativo.

Sin embargo, es importante señalar que el método de García-Mora *et al.* (2001), por su parte, además evalúa el estado de la vegetación, en términos de porcentaje con raíces expuestas, especies exótica y daños por perturbaciones humanas. Estos parámetros permiten describir los campos de dunas, y complementan adecuadamente a la vulnerabilidad del sistema. La Porción Norte y Sur de la barra de arena de Punta Banda, por ejemplo, se encuentran vegetadas principalmente por las especies invasoras descritas

anteriormente, por lo que las condiciones de la cobertura vegetal no son las ideales. La primera de las *checklist* aplicada (Davies *et al.*, 2001), no obstante, no detecta esta situación.

Otra importante diferencia se encuentra en el subíndice, presente en ambas listas, correspondiente a los efectos humanos o presiones humanas. Ambos métodos consideran una serie de parámetros similares (presión por visitantes, la conducción de vehículos sobre las dunas, presencia de caminos, etc), sin embargo, Davies *et al.* (2001) posteriormente se enfoca al régimen de tenencia de las dunas y quien es responsable de manejarlas, siendo estas más vulnerables si se encuentran en terrenos privados pertenecientes a diversos propietarios. Este tipo de parámetros describen perfectamente a las zonas de estudio, presentando el mejor de los casos, dunas con un solo propietario pertenecientes a una agencia, es este caso las dunas del campo militar de El Ciprés; como la situación más crítica, dunas situadas en terrenos privados pertenecientes a diversos dueños, tal es el caso de las de la Porción Sur de la barra de arena.

Por otro lado, el segundo de los métodos, considera parámetros humanos que no se presentan en esta zona de estudio, tal es el caso de la limpieza de la playa y las dunas durante el verano, por lo que no es importante que se evalúen.

Finalmente, la más clara diferencia entre los métodos es sin duda, el Índice de Medidas de Protección obtenido a partir de la lista de verificación de Davies *et al.* (2001). Este índice, permite ver de manera clara y objetiva el estado del sistema de dunas. Un campo de dunas costeras puede ser muy vulnerable, sin embargo su situación puede no ser crítica si se encuentra bien protegido. Este es el caso de las dunas de El Ciprés, ambos métodos indicaron que es el tercero más vulnerable de la bahía, sin embargo su situación es de equilibrio, ya que se encuentra bien protegido debido a las restricciones ya mencionadas.

La representación gráfica de este índice de protección permite visualizar claramente la situación en la que se encuentra un sistema, por lo que es una herramienta de gran importancia en la toma de decisiones para medidas de manejo. Este índice representa una gran ventaja para este método, y proporciona la componente de gestión más relevante, permitiendo enfocar la atención de un tomador de decisiones en aquellos sistemas fuera de equilibrio, es decir sistemas muy vulnerables y poco protegidos.

Estas diferencias en los parámetros considerados por cada una de las listas de verificación, da como resultado que el subíndice con la mayor aportación a la vulnerabilidad del sistema de dunas no coincida para ambos métodos (Tabla IV).

De acuerdo a la *checklist* de García-Mora *et al.* (2001) para todos los campos de dunas la mayor aportación al índice de vulnerabilidad está dada por las condiciones geomorfológicas del sistema, las cuales son representadas por parámetros como el tamaño del campo, sus altura, su grado de fragmentación, el porcentaje de dunas activas y el tamaño de grano (Anexo I).

En el caso de los resultados encontrados con el método de Davies *et al.* (1995), tres de los cuatro campos analizados (Conalep y La Lagunita, El Ciprés, y la Porción Sur de la barra de Punta Banda) presentan una mayor aportación a la vulnerabilidad a partir de las condiciones de la superficie hasta 200 metros del mar. Este subíndice considera parámetros como la cobertura vegetal, el porcentaje de zonas con depresiones donde la arena es removida por efectos del viento, la pérdida de arena hacia el continente, el cambio en la vegetación con el tiempo, así como el cambio de la extensión del sistema de dunas en el tiempo, entre otras cosas (Anexo I).

Tabla IV. Subíndice con mayor aportación al Índice de Vulnerabilidad para cada campo de dunas, de acuerdo a los dos métodos empleados.

Campo de duna	Davies <i>et al.</i> (1995)	García-Mora <i>et al.</i> (2001)
Conalep y La Lagunita	Condiciones de la superficie hasta 200 m del mar	Condiciones Geomorfológicas del sistema de dunas
El Ciprés	Condiciones de la superficie hasta 200 m del mar	Condiciones Geomorfológicas del sistema de dunas
Porción Norte Punta Banda	Morfología del sitio y las dunas	Condiciones Geomorfológicas del sistema de dunas
Porción Sur Punta Banda	Condiciones de la superficie hasta 200 m del mar	Condiciones Geomorfológicas del sistema de dunas

Esta diferencia en los resultados parciales de cada método evidencian las fallas de cada uno. Es evidente que el estado de la superficie de los sistemas de dunas, especialmente el de Conalep y La Lagunita, no es el ideal, sin embargo las condiciones geomorfológicas del sitio también representan un aporte importante a la vulnerabilidad del campo.

Los métodos se podrían entonces tomar como complementarios, al ser simples y rápidos de aplicar, una solución sería aplicar ambos con el fin de observar el sistema bajo dos perspectivas y así no discriminar factores relevantes. Un tomador de decisiones podría, a partir de ellos, enfocar su atención en los parámetros que proporcionan mayor aportación a la vulnerabilidad para cada método.

La generación de una lista de verificación combinada, que tome en cuenta únicamente los parámetros que representan al área de estudio, podría por su parte ser otra solución, sin embargo no es un objetivo del presente trabajo crear una *checklist* específica para los campos de dunas de la Bahía de Todos Santos. Por otro lado, el aplicar listas de verificación que ya han sido utilizadas en otras partes del mundo, permite tener un punto de comparación del estado de los sistemas de dunas costeras de la bahía.

9.4. La percepción remota y los SIG como una herramienta en la evaluación de la vulnerabilidad de las dunas

A pesar que el análisis visual es una forma simple de obtener información sobre un sistema de dunas y las zonas aledañas, la percepción remota proporciona una oportunidad sin precedentes para evaluar las condiciones de las dunas de forma cuantitativa (Williams *et al.*, 2001). Esta herramienta, combinada a un sistema de información geográfica, permite obtener medidas de área y distancias, áreas con o sin vegetación, la densidad de caminos y su relación con el acceso al sistema de dunas, la infraestructura presente en el sitio, tanto permanente como efímera, etc.

Claramente, no todos los parámetros requeridos en las *checklists* pueden obtenerse a partir de imágenes de satélite o imágenes aéreas, sin embargo el uso de los sensores remotos, de acuerdo a Williams *et al.* (2001) incrementa la utilidad de las lista de verificación en un 20%, lo que representa un mejoramiento importante en el rendimiento de esta herramienta. Esto se debe principalmente a la más exacta interpretación del amplio contexto del campo de dunas inmediatamente visible en las imágenes. Es difícil, para un

observador situado en el suelo, integrar y analizar datos espaciales relacionados con longitudes y áreas.

El SIG integrado para la obtención de los resultados, especialmente enfocado en la superficie de los campos de dunas y su delimitación, así como en la infraestructura presente, las vías de acceso y la cobertura vegetal, puede funcionar como una herramienta que permita la continuación o el seguimiento del estado de las dunas en la bahía.

Es importante señalar que para el caso de la vegetación, se delimitaron las zonas de duna vegetadas, mas no se cuantificó la vegetación en si, por lo que la cobertura vegetal obtenida a partir de este trabajo, no debe ser comparada con la presentada en estudios de cuantificación de cobertura vegetal.

En el SIG se pretende establecer la información base, debido a la falta de ella, de las dunas de la Bahía de Todos Santos, con el fin de que su monitoreo sea más fácil, y pueda existir un seguimiento de las mismas (Anexo II).

Conclusiones y Recomendaciones

- Las dunas costeras del Conalep y La Lagunita son las más vulnerables de la Bahía de Todos Santos, su situación es crítica, están muy poco vegetadas, sujetas a erosión por viento, a una intensa presión por uso humano, a procesos erosivos en la playa, y prácticamente no protegidas por medidas de manejo o conservación.
- Las listas de verificación o *checklists* son una herramienta de evaluación fácil, rápida y económica, ideal para la toma de decisiones, el establecimiento e implementación de medidas de manejo, la identificación de perturbaciones al sistema de dunas, y el monitoreo del mismo.
- Los métodos utilizados dieron resultados similares, pueden considerarse como complementarios para una mejor evaluación del sistema de dunas costeras.
- La lista de Davies *et al.* (1995), proporciona un Índice de Medidas de Protección, el cual es una herramienta de gran utilidad y permite una visualización más clara del estado de campo de dunas.
- La percepción remota y los sistemas de información geográfica son herramientas que facilitan la obtención de parámetros espaciales y mejoran los resultados obtenidos a partir de las listas de verificación.
- Se recomienda la aplicación de las mediadas de manejo propuestas en la literatura, para las dunas costeras de la Bahía de Todos Santos, especialmente para las dunas de Conalep y La Lagunita.
- Se recomienda dar seguimiento al estado de vulnerabilidad de las dunas de la bahía.

Bibliografía

- Castillón-Álvarez, R. 1988. Transporte de sedimento y su efecto sobre el perfil de la playa en Bahía Todos Santos, B.C., México. Tesis de licenciatura, Facultad de Ciencias Marinas. UABC. Ensenada, B.C. México. 106 pp.
- Castillo-Valdez, H.R. 1995. Cambios en la línea de playa en la boca del Estero de Punta Banda. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Marinas, UABC. 51 pp.
- Cooke, R. y J. Doornkamp. 1989. *Geomorphology in environmental management*. Clarendon Press, Oxford.
- Cooper, W.S. 1967. *Coastal dunes of California*. The Geology Society of America, Inc. Estados Unidos. 131 pp.
- Cooper, J.A. G. y S. McLaughlin. 1998. Contemporary multidisciplinary approaches to coastal classification and environmental risk analysis. *Journal of Coastal Research*. 14(2):512-524.
- Dal Cin, R. y U. Simeoni. 1989. Coastal zoning and vulnerability: Application to the middle Adriatic (Italy). En: *Coastal Zone'89*, Magoon Junior, O.T (Ed.), ASCE, New York, USA, 98-110.
- Davies, P., A.T. Williams, R.H.F. Curr. 1995. Decision making in dune management: theory and practice. *Journal of Coastal Conservation*. 1:87-96.
- FIR. 2006. Ficha Informativa de los humedales RAMSAR: Estero de Punta Banda. Ramsar, Convención sobre los humedales. Disponible en:
http://proesteros.cicese.mx/archivos/ficha_ramsar_punta_banda.pdf

- García-Mora, M.R., J.B. Gallego-Fernández, A.T. Williams y E. García-Novo. 2001. A coastal dune vulnerability classification. A case study of the SW Iberian Peninsula. *Journal of Coastal Research*. 17(4):802-811.
- Gatica, A.B. 1998. Herpetofauna y vegetación en un gradiente de perturbación en las dunas costeras de San Felipe, B.C., México. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias. UABC. Ensenada, B.C. México. 135 pp.
- Guilcher, A., 1975. "Morfología Litoral y Submarina. Ediciones Omega S. A." pp. 69-87.
- Jiménez-Esquivel, V.M. 2010. Cambio en la vegetación de dunas costeras de la playa municipal de Ensenada entre los años 1979, 1980, 1993 y 1998. Tesina de Especialidad. Facultad de Ciencias Marinas, UABC. Ensenada, B.C. México. 51 pp.
- Laranjeira, M.M, A. Ramos-Pereira, A.T. Williams.1999. Comparision of two checklist methods for assessment of coastal dune vulnerability. *Boletín del Instituto Español de Oceanología*. 15(1-4):259-268.
- Leopold, L.B. 1969. Quantitative comparison of some aesthetic factors among rivers. U.S. Geology Survey Circular 620.
- Martínez, M.L.2008. Dunas Costeras. *Investigación y Ciencia*. Agosto 2008.
- Martínez, M.L., J.B. Gallego-Fernández, J.G. García-Franco, C. Moctezuma, y C.D. Jiménez. 2006. Assessment of coastal dune vulnerability to natural and anthropogenic disturbances along the Gulf of Mexico. *Environmental Conservation*. 33(2):109-117.
- Martínez-Rocha, I. A. 1991. Estudio de vocación de uso de suelo de una región de la Bahía de Todos Santos, municipio de Ensenada, B.C. Tesina en especialidad en

- Administración de recursos marinos. Facultad de Ciencias Marianas. UABC. Ensenada, B.C. México. 46 pp.
- Muñoz-Vallés, S., J.B. Gallego-Fernández, C.M. Dellafiore. 2011. Dune vulnerability in relation to tourism pressure in central Gulf of Cadiz (SW Spain), a case of study. *Journal of Coastal Research*. 27(2):243-251.
- Nieves, J.L. y V.M. Suárez. 1990. Las dunas. Oficina de Educación Pública y Publicaciones de DRNA. Disponible en:
http://www.proyectosalohogar.com/Recursos_naturales/Dunas.htm
- Peynador, C. y F. Méndez-Sánchez. 2010. Managing coastal erosion: A management proposal for a littoral cell in Todos Santos Bay, Ensenada, Baja California, Mexico. *Ocean and Coastal Management*. 53:350-357-
- Pritchard, D.W., R. de la Paz-Vela, H. Cabrera-Muro, S. Ferreras-Sanz y E. Morales. 1978. Hidrografía física del Estero de punta Banda. Parte I: Análisis de datos. *Ciencias Marinas*. 5(2):1-23.
- Rosales-Ortiz, V.G. 2006. Variación de la cobertura vegetal del campo de dunas de la playa municipal de Ensenada, B.C., México, durante el periodo 1979-2002. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias Marinas. UABC. Ensenada, B.C. México.
- Rosas-Gómez, R. 2008. Propuesta de plan de manejo para la playa municipal de Ensenada, Baja California, México. Tesina de Especialidad. Facultad de Ciencias Marinas. UABC. Ensenada, B.C. México. 110 pp.
- Rubio-Orozco V. M. 1987. Determinación de las zonas de mayor erosión y depositacion en una playa de la Bahía de Todos Santos, B.C. Tesis profesional. Facultad de Ciencias Marinas. UABC. 38 pp.

- Sánchez-Olivero, R. 1996. Germinación y establecimiento de *Abronia marítima* en las dunas de Punta Banda, B.C. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias, UABC. 55 pp.
- Sepúlveda-Trujillo, M.A. 1998. Análisis multicriterio para la política de unos de la barra del Estero de Punta Banda, B.C. México. Tesina de Especialidad. Facultad de Ciencias Marinas, UABC. 58 pp.
- Silvia-Castillo, A. y P. Moreno-Casasola. 1998. Análisis de la flora de las dunas costeras del litoral Atlántico de México. Acta Botánica Mexicana. Instituto de Ecología. 45: 55-80.
- Valdez, L. 1987. Transporte de sedimentos en las dunas del Ejido Primo Tapia, B.C., México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Marinas. UABC. Ensenada, B.C. México. 123 pp.
- Vieira-Arouca, R. 2004. Determinación de los cambios en las playas municipales de Ensenada y la situación actual. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Marinas. UABC. Ensenada, B.C. México. 106 pp.
- Wiegel, R.L. 1993. Dana Point Harbor, California. Shore and Beach. 61(3):37-55.
- Williams, A.T., J. Alveirinho-Dias, F. García-Novo, M.R. García-Mora, R. Curr y A. Pereira. 2001. Integrated coastal dune management: checklists. Continental Shelf Research, 21(18-19): 1937-1960.
- Williams, A.T y P. Davies. 2001. Coastal dunes of Wales; vulnerability and protection. Journal of Coastal Conservation. 7:145-154.

Anexo I: Cheklists

Checklist de Davies *et al.* (1995) para determinar la vulnerabilidad de dunas costeras de arena.

Name of system:	Location:		Survey Date:		Surveyor:
SCORES>					
Section A - Site and dune morphology	0	1	2	3	4
1. Orthogonal fetch	short []		medium []		long []
2. Surface area of dunes (ha)	> 500 []		> 100 []		< 100 []
3. Length of dune coast (km)	> 20 []	> 10 []	> 5 []	> 1 []	> 0.1 []
4. Width of dune belt (km)	> 5 []	> 2 []	> 1 []	> 0.1 []	< 0.1 []
5. Maximum height of dunes (m)	> 25 []	> 10 []	> 5 []	> 1 []	< 1 []
6a. If ridged - number of major ridges	> 10 []	5-9 []	3-4 []	2 []	1 []
6b. If plastered to slope - slope steepness	moderate []		gentle []		steep []
6c. If perched on cliff - cliff height (m)	< 2 []		2-5 []		> 5 []
7. Relative total area of wet slacks	moderate []		small []		none []
8. Particle size in foredunes	_____	_____	_____	_____	_____
Compare particle size with index Phi sizes	=< -1 []	0 []	+1 []	+2 []	+3 []
Total score / percentage					
Section B - Condition of the beach					
1. Width of inter-tidal zone (km)	> 0.5 []	> 0.2 []	> 0.1 []	> 0.05 []	< 0.05 []
2. Sand supply input	high []		moderate []		low []
3. Pebble cover as % of surface	0 []	< 5 []	> 5 []	> 25 []	> 50 []
4. % foredunes cliffed by the sea	0 []	< 25 []	> 25 []	> 50 []	> 75 []
5. Dune cliff as % dune height	0 []	< 25 []	> 25 []	> 50 []	> 75 []
6. Breaches in seaward face	none []		some []		many []
7. Width of breaches in seaward face	< 2 []		2-10 []		> 10 []
8. Seaweed on upper beach	much []		some []		none []
9. Colonisation by vegetation in zone between dune face and HWSM	much []		some []		neg []
Total score / percentage					
Section C - Surface character of seaward 200 m					
1. % system surface unvegetated	< 10 []	> 10 []	> 20 []	> 40 []	> 75 []
2. Blowouts as % of system area	< 5 []	> 5 []	> 10 []	> 20 []	> 40 []
3. Sand blown inland from system	little []		some []		much []
4. Saltwater invasion of dunes	none []		some []		much []
5. % new dunes along seaward edge	> 50 []	> 25 []	> 5 []	< 5 []	0 []
6. % breaches with new dunes	> 75 []	> 50 []	> 25 []	> 5 []	0 []
7. % seaward dune front vegetated	> 90 []	> 60 []	> 30 []	> 10 []	< 10 []
8. If recent sand deposition assess colonisation by marram	much []		some []	none []	
9. % impenetrable cover	some []		little []		none/much []
10. Frontal change since 1940	advance []		oscil. []		retreat []
11. Vegetation change since 1940	inc. []		oscil. []		decr. []
12. Relic quarries in frontal (200m)	none []		small []		large []
Total score / percentage					
Section D - Pressure of use					
1. Visitor pressure	low []		moderate []		high []
2. Road access	none []		moderate []		good []
3. On-dune driving	none []		some []		much []
4. Horse riding	none []		some []		much []
5. Path network density	low []		medium []		high []
6. Paths incised	little []		moderate []		deep []

<i>App. 1; Section D, cont.</i>	SCORES>				
	0	1	2	3	4
7. Commercial camping	little []		some []		much []
8. Dispersed camping	little []		some []		much []
9. Housing	little []		some []		much []
10. Owners	one []		some []		many []
11. Main owner/manager	protection agencies []		public []		priv. []
12. Commercial/random extraction	none []		some []		much []
13. Grazing by cattle/sheep/goats	none []		some []		much []
14. Rabbit population	small []		moderate []		large []

Total score/percentage

Vulnerability score and index

Section E - Recent protection measures

1. Surveillance and maintenance	none []		some []		much []
2. % area with restricted access	0 []	< 10 []	> 10 []	> 25 []	> 50 []
3. Controlled parking	none []		some []		all []
4. Horse riding controlled	none []		some []		all []
5. On-dune driving controlled	none []		some []		all []
6. Managed paths	none []		some []		all []
7. Sand traps	few []		some []		many []
8. Planting on mobile areas (%)	0 []	< 10 []	> 10 []	> 25 []	> 50 []
9. Information boards	none []		some []		many []
10. If marine erosion - protection work?	neg. []		some []		much []
11. Protection by legislation	weak []		moderate []		str. []

Checklist de Garcia-Mora *et al.* (2001) para determinar la vulnerabilidad de dunas costeras de arena.

Table 1. Variables considered in the dune vulnerability classification procedure.

1. Geomorphological Condition of the Dune System					
1. Length of homogeneous active dune system (km)	<input type="checkbox"/> 0 >20	<input type="checkbox"/> 1 >10	<input type="checkbox"/> 2 >5	<input type="checkbox"/> 3 >1	<input type="checkbox"/> 4 >0.1
2. Width of dynamic dune system (km)	<input type="checkbox"/> 0 >2	<input type="checkbox"/> 1 >1	<input type="checkbox"/> 2 >0.5	<input type="checkbox"/> 3 >0.1	<input type="checkbox"/> 4 <0.1
3. Width of frontdune as % of active dune system	<input type="checkbox"/> 0 <5%	<input type="checkbox"/> 1 <25%	<input type="checkbox"/> 2 <50	<input type="checkbox"/> 3 <75	<input type="checkbox"/> 4 >75
4. Average height of secondary dunes (m)	<input type="checkbox"/> 0 >25	<input type="checkbox"/> 1 >10	<input type="checkbox"/> 2 >5	<input type="checkbox"/> 3 >1	<input type="checkbox"/> 4 <1
5. Average height of frontal dunes (m)	<input type="checkbox"/> 0 >25	<input type="checkbox"/> 1 >15	<input type="checkbox"/> 2 >10	<input type="checkbox"/> 3 >5	<input type="checkbox"/> 4 <5
5a. If any ridges, n° of major ridges	<input type="checkbox"/> 0 >10	<input type="checkbox"/> 1 >4	<input type="checkbox"/> 2 >2	<input type="checkbox"/> 3 2	<input type="checkbox"/> 4 1
5b. If plastered to slope, slope steepness	<input type="checkbox"/> 0 Moderate		<input type="checkbox"/> 2 Gentle		<input type="checkbox"/> 4 Steep
5c. If perched on cliff—cliff height (m)	<input type="checkbox"/> 0 <2		<input type="checkbox"/> 2 2–5		<input type="checkbox"/> 4 >5
6. Relative area of wet slacks measured from map (%)	<input type="checkbox"/> 0 Moderate		<input type="checkbox"/> 2 Small		<input type="checkbox"/> 4 None
7. Degree of dune system fragmentation	<input type="checkbox"/> 0 Low		<input type="checkbox"/> 2 Medium		<input type="checkbox"/> 4 High
8. Particle size of the frontal dune—Phi sizes	<input type="checkbox"/> 0 <−1	<input type="checkbox"/> 1 0	<input type="checkbox"/> 2 1	<input type="checkbox"/> 3 2	<input type="checkbox"/> 4 3
					Total score/percent:
2. Marine Influence					
1. Orthogonal fetch (km)	<input type="checkbox"/> 0 <25	<input type="checkbox"/> 1 <100	<input type="checkbox"/> 2 <250	<input type="checkbox"/> 3 >500	<input type="checkbox"/> 4 >1000
2. Berm slope (degrees)	<input type="checkbox"/> 0 Moderate		<input type="checkbox"/> 2 Gentle		<input type="checkbox"/> 4 Steep
3. Width of intertidal zone (km)	<input type="checkbox"/> 0 >0.5	<input type="checkbox"/> 1 >.2	<input type="checkbox"/> 2 >.1	<input type="checkbox"/> 3 >.05	<input type="checkbox"/> 4 <.05
4. Tidal range (m)	<input type="checkbox"/> 0 >2		<input type="checkbox"/> 2 2–4		<input type="checkbox"/> 4 >4
4. Coastal orientation to wave direction (degrees)	<input type="checkbox"/> 0 10–45°		<input type="checkbox"/> 2 0–10°		<input type="checkbox"/> 4 0°
5. Width of the zone between HWSM and dune face (m)	<input type="checkbox"/> 0 >75	<input type="checkbox"/> 1 <75	<input type="checkbox"/> 2 <25	<input type="checkbox"/> 3 <10	<input type="checkbox"/> 4 0
6. Breaches in the frontal dune due to wash over, relative total area	<input type="checkbox"/> 0 0%	<input type="checkbox"/> 1 <5%	<input type="checkbox"/> 2 <25%	<input type="checkbox"/> 3 <50%	<input type="checkbox"/> 4 >50%
7. % frontal dune cliff by the sea or with only ephemeral dunes as % of dune height	<input type="checkbox"/> 0 0	<input type="checkbox"/> 1 <25%	<input type="checkbox"/> 2 >25%	<input type="checkbox"/> 3 >50%	<input type="checkbox"/> 4 >75%
8. Particle size of the beach: Phi sizes	<input type="checkbox"/> 0 <0		<input type="checkbox"/> 2 0–2		<input type="checkbox"/> 4 >2
					Total score/percent:
4. Aeolian Effect					
1. Sand supply input	<input type="checkbox"/> 0 High		<input type="checkbox"/> 2 Moderate		<input type="checkbox"/> 4 Low
2. % Cover of embryodunes along the seaward edge.	<input type="checkbox"/> 0 >50	<input type="checkbox"/> 1 >25	<input type="checkbox"/> 2 >5	<input type="checkbox"/> 3 <5	<input type="checkbox"/> 4 None
3. Blowouts: % of the system.	<input type="checkbox"/> 0 <5%	<input type="checkbox"/> 1 <10%	<input type="checkbox"/> 2 <25%	<input type="checkbox"/> 3 <50%	<input type="checkbox"/> 4 >50%
4. Aeolian breaches in seaward face not induced by trampling: % of the system	<input type="checkbox"/> 0 <5%	<input type="checkbox"/> 1 <10%	<input type="checkbox"/> 2 <25%	<input type="checkbox"/> 3 <50%	<input type="checkbox"/> 4 >50%
4. If breaches—depth as % of dune height	<input type="checkbox"/> 0 <5%	<input type="checkbox"/> 1 <10%	<input type="checkbox"/> 2 <25%	<input type="checkbox"/> 3 <50%	<input type="checkbox"/> 4 >50%
5. Natural litter drift cover as % surface	<input type="checkbox"/> 0 0%	<input type="checkbox"/> 1 <5%	<input type="checkbox"/> 2 >5%	<input type="checkbox"/> 3 >25%	<input type="checkbox"/> 4 >50%
6. Pebble cover as % surface	<input type="checkbox"/> 0 0%	<input type="checkbox"/> 1 <5%	<input type="checkbox"/> 2 >5%	<input type="checkbox"/> 3 >25%	<input type="checkbox"/> 4 >50%
7. Shell cover as % surface on upper beach	<input type="checkbox"/> 0 0%	<input type="checkbox"/> 1 <5%	<input type="checkbox"/> 2 >5%	<input type="checkbox"/> 3 >25%	<input type="checkbox"/> 4 >50%
8. % seaward dune vegetated	<input type="checkbox"/> 0 >90	<input type="checkbox"/> 1 >60	<input type="checkbox"/> 2 >30	<input type="checkbox"/> 3 >10	<input type="checkbox"/> 4 <10
9. % of the system unvegetated	<input type="checkbox"/> 0 <10	<input type="checkbox"/> 1 >10	<input type="checkbox"/> 2 >20	<input type="checkbox"/> 3 >40	<input type="checkbox"/> 4 >75

Table 1. Continued

					Total Score/percent:
4. Vegetation Condition					
1. % cover of Type III plants in the beach	<input type="checkbox"/> 0 >50	<input type="checkbox"/> 1 >25	<input type="checkbox"/> 2 >15	<input type="checkbox"/> 3 >5	<input type="checkbox"/> 4 <5
2. % cover Type III plants in the seaside of the frontal dune	<input type="checkbox"/> 0 >90	<input type="checkbox"/> 1 >60	<input type="checkbox"/> 2 >30	<input type="checkbox"/> 3 >15	<input type="checkbox"/> 4 <15
3. Relative proportion of Type II plants in the seaside of the frontal dune (% cover)	<input type="checkbox"/> 0 <5	<input type="checkbox"/> 1 <15	<input type="checkbox"/> 2 <30	<input type="checkbox"/> 3 <60	<input type="checkbox"/> 4 >60
4. Relative proportion of Type I plants in the seaside of the frontal dune (% cover)	<input type="checkbox"/> 0 <1	<input type="checkbox"/> 1 >1	<input type="checkbox"/> 2 >5	<input type="checkbox"/> 3 >10	<input type="checkbox"/> 4 >30
5. Relative proportion of exotic species in the seaside of the frontal dune (% cover)	<input type="checkbox"/> 0 0	<input type="checkbox"/> 1 <1	<input type="checkbox"/> 2 <5	<input type="checkbox"/> 3 <15	<input type="checkbox"/> 4 >15
6. Relative proportion of Type II & III plants in 100 m inland of the dune front	<input type="checkbox"/> 0 >75	<input type="checkbox"/> 1 >50	<input type="checkbox"/> 2 >25	<input type="checkbox"/> 3 >10	<input type="checkbox"/> 4 <10
7. Relative proportion of vigorous plants or plants with normal vitality in the seaside of the frontal dune (%)	<input type="checkbox"/> 0 >75	<input type="checkbox"/> 1 >50	<input type="checkbox"/> 2 >25	<input type="checkbox"/> 3 >10	<input type="checkbox"/> 4 <10
8. Relative cover (%) of exposed roots in the seaside of the frontal dune	<input type="checkbox"/> 0 <5	<input type="checkbox"/> 1 >5	<input type="checkbox"/> 2 >15	<input type="checkbox"/> 3 >25	<input type="checkbox"/> 4 >50
9. Relative proportion (%) of plants with obvious effect of physical damage	<input type="checkbox"/> 0 <5	<input type="checkbox"/> 1 >5	<input type="checkbox"/> 2 >15	<input type="checkbox"/> 3 >25	<input type="checkbox"/> 4 >50
10. % Vegetation removal seaward of the frontal dune due to human disturbance	<input type="checkbox"/> 0 <10	<input type="checkbox"/> 1 >10	<input type="checkbox"/> 2 >25	<input type="checkbox"/> 3 >50	<input type="checkbox"/> 4 >75
					Total score/percent:
5. Human effect					
1. Visitor pressure	<input type="checkbox"/> 0 Low		<input type="checkbox"/> 2 Moderate		<input type="checkbox"/> 4 High
2. Visitor frequency	<input type="checkbox"/> 0 Low	Moderate	<input type="checkbox"/> 2 High		<input type="checkbox"/> 4
3. Access difficulty	<input type="checkbox"/> 0 High		<input type="checkbox"/> 2 Moderate		<input type="checkbox"/> 4 Low
4. On dune driving	<input type="checkbox"/> 0 None		<input type="checkbox"/> 2 Some		<input type="checkbox"/> 4 Much
5. On beach driving	<input type="checkbox"/> 0 None		<input type="checkbox"/> 2 Some		<input type="checkbox"/> 4 Much
6. Horse riding	<input type="checkbox"/> 0 None		<input type="checkbox"/> 2 Some		<input type="checkbox"/> 4 Much
7. Path network as percent of the frontal dune	<input type="checkbox"/> 0 0%	<input type="checkbox"/> 1 <5%	<input type="checkbox"/> 2 >5%	<input type="checkbox"/> 3 >25%	<input type="checkbox"/> 4 >50%
7.1. Path width (m)	<input type="checkbox"/> 0 <1	<input type="checkbox"/> 1 <2	<input type="checkbox"/> 2 <3	<input type="checkbox"/> 3 <5	<input type="checkbox"/> 4 >5
7.2. Paths incised as percent of the frontal dune height	<input type="checkbox"/> 0 <5	<input type="checkbox"/> 1 <25	<input type="checkbox"/> 2 <50	<input type="checkbox"/> 3 >50	<input type="checkbox"/> 4 >75
8. Anthropogenic litter: cover as % surface cover	<input type="checkbox"/> 0 0%	<input type="checkbox"/> 1 <5%	<input type="checkbox"/> 2 >5%	<input type="checkbox"/> 3 >25%	<input type="checkbox"/> 4 >50%
9. Amount of sand (%) extracted for building etc.	<input type="checkbox"/> 0 0%	<input type="checkbox"/> 1 <5%	<input type="checkbox"/> 2 >5%	<input type="checkbox"/> 3 >25%	<input type="checkbox"/> 4 >50%
10. Summer beach cleaning frequency. (High is twice a day; medium, daily)	<input type="checkbox"/> 0 Low		<input type="checkbox"/> 2 Moderate		<input type="checkbox"/> 4 High
11. % upper beach cleaned	<input type="checkbox"/> 0 0	<input type="checkbox"/> 1 <25	<input type="checkbox"/> 2 <50	<input type="checkbox"/> 3 <75	<input type="checkbox"/> 4 >75
12. % permanent infrastructure replacing active dunes (roads, houses, etc)	<input type="checkbox"/> 0 0	<input type="checkbox"/> 1 <25	<input type="checkbox"/> 2 <50	<input type="checkbox"/> 3 <75	<input type="checkbox"/> 4 >75
13. % ephemeral infrastructure replacing active dunes (outdoor facilities, camping, etc)	<input type="checkbox"/> 0 0	<input type="checkbox"/> 1 <25	<input type="checkbox"/> 2 <50	<input type="checkbox"/> 3 <75	<input type="checkbox"/> 4 >75
14. Relative surface (%) forested in the system (200 m inland from the foredune)	<input type="checkbox"/> 0 0	<input type="checkbox"/> 1 <25	<input type="checkbox"/> 2 <50	<input type="checkbox"/> 3 <75	<input type="checkbox"/> 4 >75
15. Relative cover (%) of agriculture in the system (200 m inland from the foredune)	<input type="checkbox"/> 0 0	<input type="checkbox"/> 1 <25	<input type="checkbox"/> 2 <50	<input type="checkbox"/> 3 <75	<input type="checkbox"/> 4 >75
16. Grazing on the active system	<input type="checkbox"/> 0 None	<input type="checkbox"/> 1 Low	<input type="checkbox"/> 2 Moderate	<input type="checkbox"/> 3 High	<input type="checkbox"/> 4 Intensive
17. Rabbit numbers	<input type="checkbox"/> 0 None	<input type="checkbox"/> 1 Low	<input type="checkbox"/> 2 Moderate	<input type="checkbox"/> 3 High	<input type="checkbox"/> 4 Intensive
					Total score/percent:

Anexo II: Descripción detallada de las capas del Sistema de Información Geográfica

Tabla I. Lista detallada de las capas del proyecto.

Capa	Tipo de archivo	Descripción General	Información espacial	Fuente
INFORMACIÓN BASE				
Area_estudio_PB	.ers	Mosaico de imágenes referenciadas	UTM N11 WGS84	Imágenes de Google Earth Pro, 2010
Area_estudio_Cipres	.ers	Mosaico de imágenes referenciadas	UTM N11 WGS84	Imágenes de Google Earth Pro, 2007
Area_estudio_Conalep_Lagunita	.ers	Mosaico de imágenes referenciadas	UTM N11 WGS84	Imágenes de Google Earth Pro, 2007
States	.shp	Estados de la República mexicana	Sistema de Coodenadas Geográficas NAD27	ESRI
MUNICIPIOS	.shp	Municipios de costeros del noroeste del país	CCL Mar de Costes NAD27	FCM, UABC
INFORMACIÓN TEMÁTICA				
Dunas	.shp	Delimitación de los campos de dunas por polígonos	UTM N11 WGS84	Imágenes de Google Earth Pro, 2007
Infraestructura	.shp	Delimitación de la infraestructura por polígonos	UTM N11 WGS84	Imágenes de Google Earth Pro, 2007
Lagunita	.shp	Delimitación del cuerpo de agua y el ecosistema por polígonos	UTM N11 WGS84	Imágenes de Google Earth Pro, 2007
Línea_de_costa	.shp	Delimitación de la línea de costa en la berma de la playa a través de un línea	UTM N11 WGS84	Imágenes de Google Earth Pro, 2007
Vegetacion	.shp	Delimitación de la vegetación por polígonos	UTM N11 WGS84	Imágenes de Google Earth Pro, 2007

Vias_de_acceso	.shp	Ubicación de las vías de acceso a los campos de dunas a través de líneas	UTM N11 WGS84	Imágenes de Google Earth Pro, 2007
Fondo	.shp	Polígono utilizado de fondo	UTM N11 WGS84	Imágenes de Google Earth Pro, 2007
Perfiles	.shp	Perfiles topográficos para Conalep, representados por puntos	UTM N11 WGS84	Datos de campo
Perfiles_I	.xlsx	Archivo Excel con los datos de los perfiles	-----	Datos de campo
Perfiles_i2	.rst	Interpolación de los puntos de la capa Perfiles_I.shp	UTM N11 WGS84	Capa Perfiles_I.shp
Contornos_1m_LIST	.shp	Contornos cada metro resultantes de la interpolación	UTM N11 WGS84	Capa Perfiles_I.shp y Perfiles_r.rst

Tabla II. Información detallada de los productos cartográficos, que componen una parte de los resultados.

Título	Nombre del archivo	Capas Acticas
Campos de dunas de la Bahía de Todos Santos	Área de estudio	Dunas.shp Area_estudio_PB.ers Area_estudio_Cipres.ers Area_estudio_Conalep_Lagunita.ers
Campos de dunas “El Ciprés”	Ciprés	Dunas.shp Vegetacion.shp
Campos de dunas “Conalep y La Lagunita”	Conalep	Infraestructura.shp Vias_de_acceso.shp
Campos de dunas “Barra Porción Norte”	PBN	Linea_de_costa.shp Fondo.shp
Campos de dunas “Barra Porción Sur”	PBS	Area_estudio_PB.ers Area_estudio_Cipres.ers Area_estudio_Conalep_Lagunita.ers



Fig. 1. Diagrama de distribución de las carpetas del SIG.