

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BAJA CALIFORNIA
FACULTAD DE CIENCIAS

MAESTRÍA EN MANEJO DE ZONAS ÁRIDAS



**“PROPUESTA DE UN MODELO PARA IDENTIFICAR
ÁREAS PRIORITARIAS DE PROTECCIÓN EN LA ZONA
COSTERA: CASO DE ESTUDIO ENSENADA, BAJA
CALIFORNIA”**

TESIS

Que para obtener el grado de
MAESTRA EN CIENCIAS
Presenta:

CRISTIANE VERÓNICA AGUILAR ROSAS

Ensenada, Baja California, México

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BAJA CALIFORNIA

FACULTAD DE CIENCIAS

MAESTRÍA EN MANEJO DE ZONAS ÁRIDAS



**“PROPUESTA DE UN MODELO PARA IDENTIFICAR
ÁREAS PRIORITARIAS DE PROTECCIÓN EN LA ZONA
COSTERA: CASO DE ESTUDIO ENSENADA, BAJA
CALIFORNIA”**

TESIS

Que para obtener el grado de
MAESTRA EN CIENCIAS
Presenta:

CRISTIANE VERÓNICA AGUILAR ROSAS

Aprobado por:

Dr. José Luis Fermán Almada

Dr. Alejandro García Gastélum

Dr. Georges Seingier

Ensenada, Baja California

Febrero de 2014

RESUMEN

Cada vez las zonas costeras son áreas sujetas a fuertes demandas por espacio, condiciones físicas y estéticas, y por sus recursos naturales necesarios para un gran número de actividades socioeconómicas. De esta manera, la costa ofrece oportunidades especiales para la industria, el desarrollo urbano, el turismo, el comercio, la recreación, el transporte, la pesquería, la acuicultura y la agricultura, entre muchas otras actividades. La importancia que esta zona representa se ve magnificada en años recientes puesto que la población vive a menos de 200 km de la orilla y esta cifra aumenta exponencialmente representando entre el 50 y 70 % de la población mundial.

En el presente trabajo, la metodología a seguir fue de dos etapas principales, una descriptiva y la otra de diagnóstico. La descriptiva en la cual se incluyeron la delimitación de la zona y un inventario de medio físico, biótico y antropogénico la interacción de las variables analizadas, siendo en esta etapa donde se ubica el uso de los indicadores ambientales; se asignaron valores a cada uno de los diferentes atributos ambientales, estos valores se trasladaron a un modelo de planificación, el cual se construyó con indicadores en el marco de Presión-Estado-Respuesta con algunas de las propuestas realizadas por el sector académico, con el objetivo de proponer un modelo para identificar las áreas prioritarias de protección en la zona costera.

Para probar el modelo se aplicó a un caso de estudio, correspondiente a la zona costera de Ensenada, B.C. desde San Miguel hasta Punta Banda, para evaluar la fragilidad de los ambientes geomorfológicos y de vegetación más la presión que ejerce los usos de suelo en el litoral, dando como resultado una vulnerabilidad de la zona, en la que se designaron las áreas con potencial prioritario de protección. Entre más alta la vulnerabilidad mayor es el potencial prioritario de protección. Estas zonas con un muy alto potencial de protección prioritaria fue para las unidades ambientales litorales 2.4.4.1.11, 2.1.4.3.3, 2.4.4.3.2, 2.4.4.3.5, 2.4.4.3.7 y 2.4.4.3.4 en la zona conocida como Estero de Punta Banda en la Península de Punta Banda.

El modelo de indicadores propuesto en este trabajo puede ser utilizado sobre todo por el sector conservacionista, sin dejar de lado a los diferentes sectores que tienen injerencia sobre la zona, sirviendo como base para un plan de manejo y de ordenamiento de la zona costera de Ensenada.

AGRADECIMIENTOS

Le agradezco a Dios, a la virgen, los ángeles y santos por escucharme, por haberme guiado y acompañado a lo largo de mi posgrado, por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad y por brindarme una vida llena de experiencias y aprendizajes.

Con todo mi amor y cariño para mis padres Raúl y Lupita que hicieron todo en la vida para que yo pudiera lograr mis sueños, por inculcarme valores y sobre todo por ser un ejemplo de vida a seguir, a ustedes por siempre mi corazón y mi agradecimiento.

A mi director de Tesis Dr. José Luis Fermán por creer y confiar en mí, por ser mi amigo y compañero, y haber hecho de mi etapa de posgrado un trayecto de vivencias que nunca olvidaré.

A mis sínodos Dr. Georges Seingier y Dr. Alejandro García Gastélum les agradezco por todo el apoyo brindado, por su tiempo, amistad y por los conocimientos que me transmitieron.

A mis maestros que en este andar por la vida, influyeron con sus lecciones y experiencias en formarme como una persona de bien y preparada para los retos que pone la vida, a todos y cada uno de ellos les dedico cada una de estas páginas de mi tesis.

A mi hermano Raúl que aunque no esté físicamente conmigo, siempre está en mi mente y corazón, se que desde donde esta me acompaña y su recuerdo me alienta a seguir con mucho esmero como el gran profesional que él fue, así que te dedico con todo mi amor esta tesis.

A mis hermanos Luis, Marco, Mony, Jorge y Alma por ser parte importante de mi vida y representar la unidad familiar. Por apoyarme incondicionalmente desde su trinchera, por sus palabras de aliento, por llenar mi vida de alegría y amor cuando más lo he necesitado.

Gracias Itzel, Rosa, Yolanda y Oscar porque siempre estuvieron listos para brindarme toda su ayuda en este trabajo de tesis.

A mis sobrinos y sobrinas, cuñados y cuñadas por sus palabras de aliento cuando más lo necesitaba, por su amor y amistad, y por motivarme a terminar esta tesis.

A mis amigos por motivarme y darme la mano cuando sentía que el camino se terminaba, con todo cariño les dedico esta tesis: Karina, Rigo, Itzel, Víctor, Juan, Rosa, Enrique, Fili, Jorge, Paty, Gaby S., Gaby B., Liz, Miriam, Elizabeth, Polo y Lulú.

A mis compañeros directivos Dr. Juan G. Vaca, Dr. Víctor Zavala, C.P. Enrique Pérez y Dr. Luis Cupul por todo su apoyo para que pudiera titularme, por su amistad y por motivarme a seguir adelante en mi carrera profesional.

A mis compañeros y amigos del trabajo por ser un gran apoyo en el trayecto de mi posgrado, con mucho cariño les dedico esta tesis: Evelia, Yoly, Nely, Lorena, Angélica, Ernesto, Fernando, Gaby, Mario, Rigo, Héctor, Elizabeth y Carlos.

A mis compañeros de posgrado por todos los momentos que pasamos juntos, por las tareas que juntos realizamos y por todas las veces que a mí me explicaron, gracias: Rosa, Itzel, Natalia, Marina, Sol, Fernando, Pablo, Cesar, Hugo, Sergio, Aarón y Miguel.

Gracias a la Facultad de Ciencias y la Facultad de Ciencias Marinas por su apoyo para la realización de esta tesis.

El desarrollo de esta tesis de maestría no habría sido posible sin el apoyo económico del Consejo Nacional y Tecnología de México (CONACyT), deseo agradecer sinceramente a todo el personal de esta institución, y reconocer el importante trabajo que desempeñan en beneficio de la investigación en México.

Cristiane Verónica

INDICE DE CONTENIDO

RESUMEN.....	i
AGRADECIMIENTOS.....	iii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. ANTECEDENTES.....	10
II.1 Indicadores Ambientales.....	14
II.2 Planificación Ambiental.....	15
II.3 El concepto de la Escala en la Planificación e indicadores ambientales...16	
II.4 Pirámide de información e indicadores ambientales.....	19
II.5 Regionalización Ecológica.....	21
III. OBJETIVOS.....	23
III.1 Objetivo general.....	23
III.1.1 Objetivos particulares.....	23
IV. METODOLOGÍA.....	24
IV.1 Planificación Ambiental.....	24
IV.1.1 Etapa Descriptiva.....	25
IV.2 Zonificación.....	27
IV.2.1 Llenado de fichas en la base de datos para cada unidad ambiental producto de la zonificación.....	28
IV.3 Valoración de los indicadores.....	29
IV.4 Sistema de información Geográfica (SIG) y su aplicación en el modelo..29	
IV.5 Descripción del área de estudio.....	30
IV.5.1 Descripción del Ambiente Físico.....	30
V. RESULTADOS.....	32
V.1 Área de estudio – Etapa descriptiva.....	32
V.2. Delimitación de la zona costera.....	36
V.2.1 Área de estudio.....	38
V.3 Zonificación.....	39
V.4 Unidades ambientales.....	45
V.5 Selección de indicadores ambientales.....	48
V.6 Modelo IACOP propuesto.....	49

V.7 Evaluación y aplicación del modelo IACOP.....	52
VI. DISCUSIONES.....	69
VII. CONCLUSIONES.....	74
VIII. RECOMENDACIONES.....	76
IX. BIBLIOGRAFIA.....	77

INDICE DE TABLAS

Tabla I. criterios de la OCDE para los indicadores ambientales en general del esquema PER.....	5
Tabla II. Descripción de los tipos de indicadores del modelo PER (INEGI, 1998).....	7
Tabla III. Sistema jerárquico para el ambiente litoral y terrestre.....	27
Tabla IV. Rangos de las clases.....	29
Tabla V. Crecimiento histórico de la población de Ensenada.....	34
Tabla VI. Criterios para los sistemas de clasificación jerárquicos.....	40
Tabla VII. Sistema de clasificación del ambiente litoral.....	41
Tabla VIII. Sistema de clasificación del ambiente terrestre.....	43
Tabla IX. Unidades ambientales litorales resultantes de la zonificación del litoral, se incluye la clave de la unidad, subcuenca hidrológica, geomorfología y ambiente geomorfológico.....	46
Tabla X. Unidades Ambientales terrestres resultantes de la zonificación terrestre, se incluye la clave de la unidad, subcuenca hidrológica, uso de suelo.....	47
Tabla XI. Indicadores Ambientales seleccionados para la designación de zonas con potencial de protección.....	48
Tabla XII. Criterios de evaluación para el índice de uso de suelo e índice de Presión.....	53
Tabla XIII. Valores obtenidos en las unidades ambientales terrestres para el índice de Presión, compuesto de tipos de uso de suelo.....	54
Tabla XIV. Criterios de evaluación para el Índice de Fragilidad, Índice de Fragilidad Geomorfológica e Índice de Fragilidad de Vegetación.....	56
Tabla XV. Valores obtenidos en las 29 unidades ambientales del litoral del índice de fragilidad de vegetación con la presencia o ausencia de tipos de Vegetación multiplicados por el valor de peso asignado a cada tipo de vegetación.....	58

Tabla XVI. Valores obtenidos en las 29 unidades ambientales del litoral para el indicador de Fragilidad Geomorfológica. Cada valor esta multiplicado por el valor de peso que se le asignó cada ambiente geomorfológico.....	60
Tabla XVII. Valores obtenidos en las unidades ambientales para el índice de Fragilidad compuesto por el índice de Fragilidad de Vegetación y Fragilidad de Geomorfolología.....	62
Tabla XVIII. Cambio de valor de presión de unidades terrestres a unidades litorales.....	63
Tabla XIX. Matriz de decisión de políticas ambientales para designar los niveles de protección.....	64
Tabla XX. Niveles de protección propuesto para la zona costera de BTS.....	64
Tabla XXI. Valores obtenidos en las unidades ambientales para el IACOP	65

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Marco Presión-Estado- Respuesta (PER), OCDE, 1995.....	6
Figura 2. Niveles de planificación y su correspondiente estrategia. Los triángulos señalan la importancia relativa de los problemas socioeconómicos y los ambientales.....	18
Figura 3. Pirámide de la Información (Allen, H. <i>et al.</i> , 1995).....	20
Figura 4. Diagrama Metodológico de integración de indicadores dentro del marco metodológico de Planificación Ambiental basado en García- Gastélum (1999).	24
Figura 5. Diagrama del proceso de zonificación.....	25
Figura 6. Área de estudio en la Bahía de Todos Santos, desde San Miguel hasta Punta Banda, Baja California, México.....	31
Figura 7. Mapa tipos de Ambientes definidos para el área de estudio.....	37
Figura 8. Mapa ambiente litoral con 29 unidades.....	42
Figura 9. Mapa ambiente terrestre con 21 unidades.....	44
Figura 10. Modelo propuesto para identificar áreas prioritarias de protección..	50
Figura 11. Mapa de índice de presión.....	55
Figura 12. Mapa de índice de fragilidad de vegetación.....	59
Figura 13. Mapa de índice de fragilidad de geomorfología.....	61
Figura 14 Mapa de índice de fragilidad.....	63
Figura 15. Mapa de índice de área costera prioritaria de protección.....	66

I. INTRODUCCIÓN

La zona costera ha presentado diferentes tipos de usos por el ser humano en todo el mundo a lo largo de los años, estos van desde el aprovechamiento de su calidad paisajística para ver un atardecer, hasta la dependencia total por el aprovechamiento de los recursos pesqueros y uso de suelo costero (Ortiz Lozano *et al.*, 2005).

Cada vez las zonas costeras son áreas sujetas a fuertes demandas por espacio, condiciones físicas y estéticas, y por sus recursos naturales necesarios para un gran número de actividades socioeconómicas. De esta manera, la costa ofrece oportunidades especiales para la industria, el desarrollo urbano, el turismo, el comercio, la recreación, el transporte, las pesquerías, la acuicultura y la agricultura, entre muchas otras actividades posibles (Hinrichsen, 1995). La importancia que esta zona representa se ve magnificada en años recientes puesto que la población vive a menos de 200 km de la orilla y esta cifra aumenta exponencialmente representando entre el 50 y 70 % de la población mundial (Ortiz Lozano *et al.*, 2005).

El rápido crecimiento urbano y la ocupación utilitaria de los litorales se ha dado de un modo no planificado repercutiendo en la dinámica de los procesos biofísicos, y de este modo degradar recursos, incrementar la fragilidad natural del territorio que alberga a las actividades del medio social y, consecuentemente, potenciar impactos negativos sobre la comunidad y sus bienes (Rodríguez, 2007). Se entiende que fragilidad para este estudio es el deterioro y/o disminución de los recursos costeros (geomorfológicos y tipos de vegetación), afectando la capacidad del área costera como fuente de recursos por la presión que ejercen los diferentes usos de suelo que la población usa.

Algunos de los problemas que enfrenta actualmente el ambiente costero del país es la carencia de información oceanográfica y biológica detallada, así como un ordenamiento ecológico de los sistemas costeros. Lo anterior dificulta la instrumentación de medidas de uso y aprovechamiento razonables, a través

de lo cual se mitiguen alteración, contaminación y degradación ecológica constates, en los ecosistemas costeros (Arriaga-Cabrera, *et al.*, 1998).

Actualmente, la importancia de las zonas costeras es estratégica, tanto desde el punto de vista del desarrollo económico como de la seguridad nacional, al albergar una alta diversidad de actividades económicas como la producción de energéticos, la extracción de hidrocarburos y minerales, la pesca, acuacultura, la transportación marítima, el turismo y el comercio, por citar algunos, y que suelen presentar conflictos por el uso y apropiamiento de los recursos, tales como el suelo, el agua y el paisaje (SEMARNAP, 2000-2006).

La protección de zonas costeras genera propuestas integrales en estas zonas de interfase mar-tierra en las que se manifiesta gran dinamismo. Atiende los impactos provocados por las actividades humanas y el medio natural, regula los aprovechamientos productivos, establece mecanismos de inspección y vigilancia y mantiene un monitoreo ambiental para el adecuado uso, manejo y administración de dichas zonas (POE, 2006). En cambio las áreas naturales protegidas se hacen compatibles los planes de manejo con los programas de ordenamiento ecológico para asegurar la conservación de ecosistemas y recursos naturales al interior y más allá de los límites de la ANP. Con ello se reduce la presión en las ANP y se ofrecen oportunidades de organización productiva a la población. Para este estudio solo se proponen áreas de protección prioritaria en la zona costera donde se presenten características ambientales que nos indique una vulnerabilidad que requieren de atención inmediata.

Es primordial modelar la vulnerabilidad costera para el desarrollo sustentable de las costas y los océanos a través de un manejo integral de la zona costera, más aun tratándose de un país como México que de sus 31 estados que lo conforman, 17 limitan con el mar, con 11,122.5 km de litoral costero y con 3,149, 920 km² de zona económica exclusiva (INEGI, 2005).

La falta de planeación en las zonas costeras incrementa el riesgo de inundaciones, destrucción de las costas y la vulnerabilidad de los desarrollos

urbanos no definidos adecuadamente. El crecimiento demográfico sin planificación genera la proliferación de asentamientos urbanos en lugares cercanos a instalaciones contaminantes, en sitios contaminados o en áreas vulnerables a los desastres naturales.

La modificación de espacios costeros responde a un modelo de desarrollo socioeconómico con escasa planificación territorial. La construcción se ha consolidado en nuestro país como uno de los mayores motores económicos a expensas del medio ambiente, sin que sea posible asegurar la rentabilidad ambiental, económica y social de este modelo a largo plazo (Garrido-Cumbrera, *et al.*, 2010).

La pérdida de territorio costero a causa de la erosión que producen ciertos eventos; ya sean naturales o inducidos por el hombre, nos promueve a proteger los recursos costeros de una manera sustentable como lo menciona Woodroffe (2002) “explicar los cambios geomorfológicos que ocurren en la costa es cada vez más importante para manejar los recursos costeros de una manera sustentable”.

El crecimiento industrial es una fuente de problemas ambientales, puesto que las empresas exportadoras así como las maquiladoras forman uno de los sectores más dinámicos en la región y se estima que son responsables de la importación de cientos de materiales peligrosos cada año (Sánchez, 1990) e intensifican la presión al medio ambiente costero, afectando la capacidad de la zona costera como fuente de valor estético, de recursos y comercial para la población que la usa.

Actualmente el litoral comprendido entre Tijuana y Ensenada está sufriendo cambios en los usos de suelo que tradicionalmente han sido pesqueros y se están modificando con incrementos principalmente a turísticos y residenciales (COCOTREN, 2001).

En la ciudad de Ensenada las fuentes de contaminación más importantes son las descargas de aguas residuales municipales, industriales, pesqueras y de

desarrollos turísticos. Aproximadamente el 56% de las aguas residuales domesticas; reciben tratamiento en la planta El Gallo y en la planta El Sauzal, el resto de las descargas escurren al mar. El sistema de alojamiento envía las aguas tratadas al ejido Chapultepec y al valle de Maneadero, el resto se descarga en la bahía (SPA, 1999).

Además existe en la ciudad de Ensenada dos problemas básicos de contaminación: la industria cementera que libera gran cantidad de polvos a la atmósfera, en la zona de embarque de la rada portuaria, y la incineración a cielo abierto del tiradero municipal cercano. La industria maquiladora del área produce cerca de 80% de residuos peligrosos y causa problemas de incompatibilidad de uso de suelo, por la emisión de vapores y polvos orgánicos de procesos industriales muy específicos, como el manejo de fibra de vidrio, pulidos metálicos y madera, así como la incineración de productos de plástico para la obtención de metales pesados como plomo, cobre, aluminio y plata, entre otros (SPA, 1999).

La zona costera de la Bahía Todos Santos compone uno de los principales corredores turísticos del estado y de la frontera norte de México, representando una puerta de entrada al estado de Baja California, uno de los estados de mayor poderío económico de la unión americana (Bringas, 1997), lo que ha conllevado a un rápido crecimiento habitacional de tipo permanente o temporal (por la construcción de residencias secundarias o de verano), o por uso recreativo de sus playas, En consecuencia, se encuentra bajo una constante presión de uso de suelo por una población cuya tasa de crecimiento anual se ha mantenido en 3.7% para el periodo de 1995 a 2010 (INEGI, 2010).

El paulatino deterioro del ambiente debido al uso inadecuado de los recursos naturales en los procesos productivos, es una preocupación creciente a escala mundial, por lo cual se ha comenzado a dar un fuerte impulso al replanteamiento de los esquemas de desarrollo económico. Una parte de este cambio considera con mucha atención los efectos que tienen la aplicación de estos esquemas sobre los recursos naturales. La evaluación de estos efectos es una tarea complicada que requiere de criterios confiables y cuantificables

para medir los cambios que ocurren en el medio ambiente. Las variables o criterios son una medida del medio que nos permite estimar el grado de estos efectos. Una de las formas en cómo se estructuran dichos criterios es a través de los indicadores ambientales (OECD, 1994) (Morón, 1995) (Cendrero Uceda, 1997).

Los indicadores ambientales son estadísticos o parámetros que proporcionan información y/o tendencias sobre los fenómenos ambientales. Su significado va más allá de la estadística misma pretendiendo proveer información que permitan tener una medida de la efectividad de las políticas ambientales. La importancia de los indicadores radica en la necesidad de proporcionar a los tomadores de decisiones y al público en general una herramienta mediante la cual se presente información concisa y sustentada científicamente, de manera que pueda ser entendida y usada fácilmente (SEMARNAP, INE, 1997).

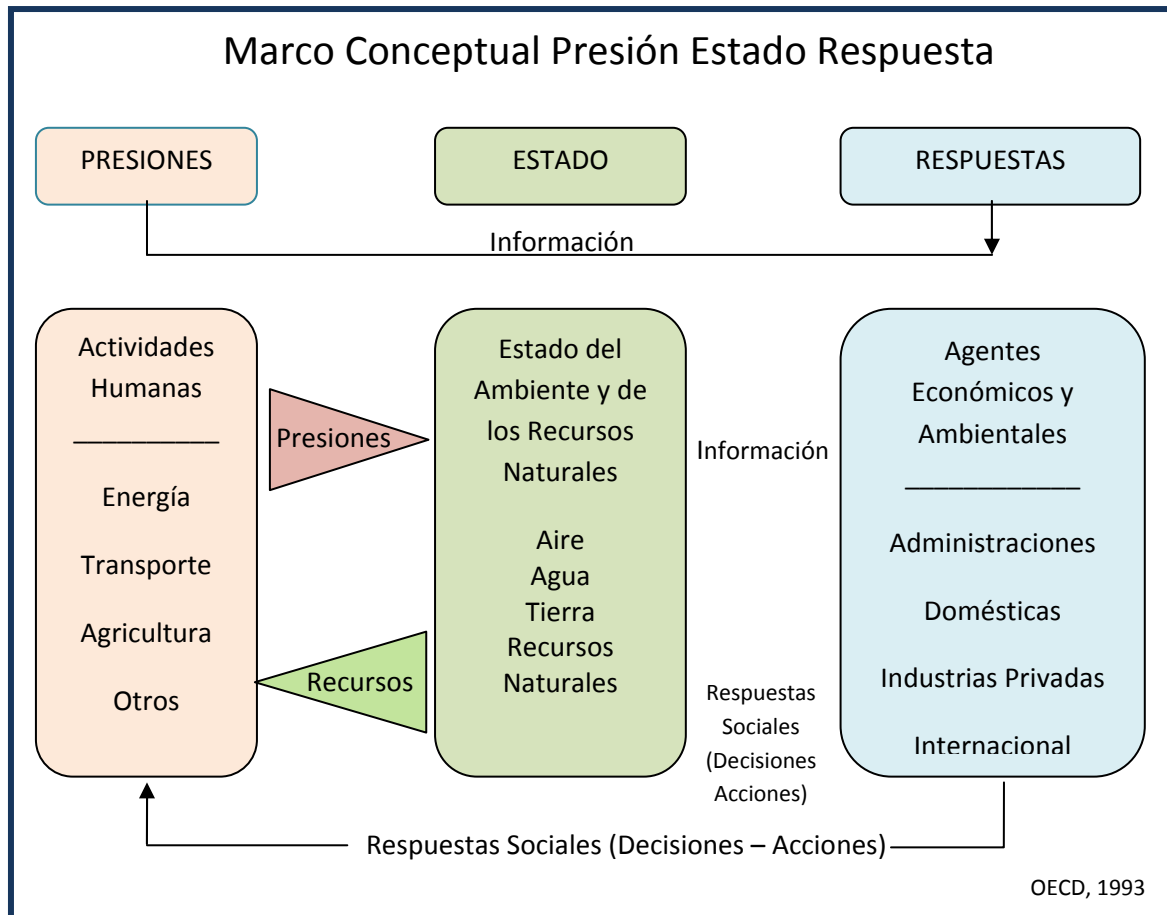
Los indicadores del esquema PER (Presión, Estado y Respuesta) y en general del desarrollo sustentable se conciben de acuerdo con determinados criterios (Tabla I).

Tabla I. criterios de la OCDE para los indicadores ambientales en general del esquema PER.

<i>a) Sean de fácil elaboración y comprensión.</i>
<i>b) Contribuyan a vincular y reforzar la conciencia pública sobre los aspectos de la sustentabilidad y promuevan la acción a nivel local, regional o nacional.</i>
<i>c) Sean relevantes para la medición y evaluación del progreso hacia el desarrollo sustentable.</i>
<i>d) Sean factibles de elaborarse a nivel nacional u otras escalas geográficas, considerando: la capacidad nacional, la disponibilidad de información básica, el tiempo de elaboración y las prioridades nacionales.</i>
<i>e) Estén fundamentados conceptualmente para facilitar comparaciones objetivas en los niveles nacional e internacional.</i>
<i>f) Sean susceptibles de adaptarse a desarrollos metodológicos y conceptuales futuros.</i>
<i>g) Ayuden a identificar aspectos prioritarios o de emergencia, orientando nuevas investigaciones.</i>
<i>h) Cubran la mayoría de los temas de la Agenda 21 y otros aspectos del desarrollo sustentable.</i>

La información que se usa para construir indicadores es amplia y diversa, por esta razón, es necesario tener un marco conceptual para estructurar tal información y que sea más accesible e inteligible. En este trabajo se ha

adoptado, parte del esquema denominado “PER” Presión-Estado-Respuesta, propuesto por Environment Canada (1996) y la OECD (1994), (Figura 1).



El marco metodológico PER se basa en el concepto de la causalidad, es decir, las actividades humanas ejercen PRESIONES sobre el ambiente que cambian la calidad y cantidad de los recursos naturales (ESTADO), la sociedad RESPONDE a través de políticas ambientales, económicas y sectoriales (Figura 1, Tabla II).

Tabla II. Descripción de los tipos de indicadores del modelo PER (INEGI, 1998).

Indicador	Significado
Presión	Describe las presiones ejercidas sobre el ambiente por las actividades humanas, como es el caso de las emisiones de gases a la atmósfera y su evolución en el tiempo.
Estado	Se refiere a la calidad del ambiente, así como a la cantidad y estado de los recursos naturales, por ejemplo, la calidad del aire evaluada a través de la medición de las concentraciones de contaminantes atmosférico.
Respuesta	Representan los esfuerzos realizados por la sociedad o por las autoridades para reducir o mitigar la degradación del ambiente. Estos indicadores son de los más embrionarios en su desarrollo, debido a la complejidad de medir cuantitativamente como una acción de respuesta contribuye a la solución de un problema ambiental.

El desarrollo de un índice de Vulnerabilidad se justifica al ser necesario conocer el grado de vulnerabilidad de las zonas de estudio. Este tipo de índices describen la vulnerabilidad de los recursos naturales, así como de los sistemas humanos (economía, desarrollo, sistemas sociales) a peligros tales como cambios de clima, condiciones económicas, elevación del nivel del mar, el fenómeno de El Niño, impactos antropogénicos y desastres naturales (Kaly, et al., 1999).

La vulnerabilidad es un concepto que se enfrenta al reto de desarrollar sus propias definiciones, las cuales deberán ser precisas y concretas (INE, 2000). La innovación de conceptos debe permitir asociar rasgos del mundo natural y social como requisito para la planeación ambiental (García-Gastélum, 2006).

Tomando en cuenta que la vulnerabilidad ambiental aumenta cuando un sitio es naturalmente frágil y se modifica para instalar infraestructura urbana poniendo en riesgo los recursos naturales y a la población que lo habita (Ramírez Chávez, 2010). Para evaluar la vulnerabilidad de la zona costera de Ensenada y poder priorizar las áreas de protección se consideró evaluar la zona costera desde San Miguel hasta Punta banda, delimitando la zona costera en dos ambientes, uno litoral y el otro terrestre. El ambiente litoral se evaluó con respecto a la fragilidad de sus recursos geomorfológicos y vegetativos y el ambiente terrestre con relación a la presión de los tipos de usos de suelo que

ejerce sobre el ambiente litoral. Para evaluar la presión se tomaron en cuenta los tipos de usos del ambiente terrestre que colindan con el ambiente litoral de la zona costera, poniendo en riesgo a los diferentes ambientes naturales de la zona costera a evaluar. Definiendo riesgo como la probabilidad de ocurrencia de daños a los bienes y servicios ambientales, a la biodiversidad y a los recursos naturales.

Para este estudio se entenderá que la vulnerabilidad ambiental aumenta cuando una zona con recursos naturales tienden a una elevada fragilidad de los recursos del ambiente litoral ocasionada por la presión de los tipos de uso de suelo que la población utiliza del ambiente costero terrestre, corriendo el riesgo de afectar y desaparecer los recursos naturales.

Los cambios subsecuentes a través del impacto antropogénico y la naturaleza, ha llevado al hombre a elaborar herramientas de cálculo, modelos y sistemas de información geográfica para interpretar, analizar o cuantificar los posibles efectos de estos cambios en el ámbito de la percepción remota (Greeve et al., 2000, Pethick & Crooks, 2000). Dichas herramientas son capaces de ayudar a predecir la fragilidad y vulnerabilidad en la costa causada por factores físicos y sociales.

Las metas de la protección en la zona costera deben ir más allá de la preservación de especies. Involucra el mantenimiento de sistemas costeros íntegros, con el objeto de que conserven su estructura natural y funcional, a través del tiempo, manteniendo un equilibrio entre el uso de los recursos y la protección de los mismos para evitar su degradación y destrucción. Donde *Protección* se considera como el conjunto de políticas y medidas para mejorar el ambiente y controlar su deterioro; y *Preservación* el conjunto de políticas y medidas para mantener las condiciones que propicien la evolución y continuidad de los ecosistemas y hábitat naturales, así como conservar las poblaciones viables de especies en sus entornos naturales y los componentes de la biodiversidad fuera de sus hábitat naturales (LEEGEPA, 1992).

Al lograr una clasificación de áreas con tendencias a *protección* es posible generar un equilibrio en el uso de los recursos propuestos por el Plan Nacional de Desarrollo (1995-2000) y la parte de Conservación que se encuentra señalada en el Programa Medio Ambiente (1995-2000), y el Programa de Áreas Naturales Protegidas de México (1995-2000).

II. ANTECEDENTES

La presión ejercida como resultado de la dinámica social ha contribuido a crear una conciencia ecológica creciente en todo el país, conllevando a que las instancias políticas municipales, estatales y federales incorporen, con mayor interés y con alta prioridad, a sus respectivas agendas políticas, los temas que se refieren al ambiente y al desarrollo nacional y mundial. No obstante lo anterior, la gran inercia del modelo de desarrollo, el grado de obsolescencia de la planta industrial, la acumulación de daños a la naturaleza, así como la tardía toma de conciencia y un mayor conocimiento del impacto que todo ello representa para el medio natural y el propio desarrollo sustentando en él, además de la crítica carencia de recursos especializados en la materia para su atención, hacen de este problema una encrucijada vital para el desarrollo futuro del país. Informe de la situación general en materia de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, (1989-1990).

El constante cambio de uso del suelo, la contaminación reciente de los ecosistemas y la depredación irracional de las especies silvestres han acarreado serias transformaciones en el escenario ambiental del territorio. En cuanto a flora, en lo referente a pérdida de cubierta forestal, según datos de la FAO de 1989, México tiene una tasa de deforestación anual de 1.3%, ocupando el 23º lugar en el mundo y el 11º en Latinoamérica, precedido por Paraguay, Costa Rica, Haití, El Salvador, Jamaica, Nicaragua, Ecuador, Honduras, Guatemala y Colombia. La tasa mundial de deforestación es de 0.6% al año y las especies de fauna más afectadas por la pérdida de este hábitat son mamíferos, aves e invertebrados. Informe de la situación general en materia de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, (1989-1990).

Con el afán de proteger nuestro patrimonio natural costero para conservar la biodiversidad y velar los recursos para futuras generaciones se pretende con este estudio determinar áreas de interés prioritario de protección de la zona costera. Existen diversos estudios relacionados a las problemáticas por degradación ambiental en las zonas costeras, otros por la conservación de los recursos naturales de la zona costera y algunos otros estudios van encaminados al aprovechamiento de los recursos naturales de la zona costera, como se menciona a continuación.

Sañudo Wilhelmy (1985) comentó que los problemas referente con la calidad del medio ambiente tienen su origen en el desarrollo de la sociedad, en su mayoría desordenado, existiendo zonas donde se presentan problemas serios de degradación ambiental, por lo que las soluciones deben buscarse bajo un enfoque científico-económico-político para realizar planes de desarrollo con objetivos económicos que mantengan las calidades estéticas de la zona costera.

Bennett-Domínguez (1990) realiza un estudio de vocación de uso turístico en la planicie costera del Estero de Punta Banda, concluyendo que la única unidad ambiental favorable al desarrollo turístico es la unidad que identificó como abanico aluvial.

La SEDUE lleva a cabo a en el Estado de Baja California la supervisión y vigilancia de visitantes y de grupos de investigación científica. Además, se ha convenido con organismos públicos y privados e instituciones educativas y de investigación el cuidado y desarrollo del área natural protegida. Otras áreas susceptibles de protección eco-ambiental son la zona de San Luis Gonzaga, el Gran Desierto Central, La Sabina, **El Estero Punta Banda** y algunas lagunas costeras del Estado. Informe de la situación general en materia de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, (1989-1990).

La OEA (1992) estableció un programa de ordenamiento ecológico para el desarrollo urbano y turístico de Punta Banda en el cual se especificaron los

criterios ecológicos así como las políticas ambientales para promover el desarrollo de actividades turísticas y urbanas en la zona considerando la conservación del medio ambiente y áreas naturales.

Alvarado-Aguilar (2000) comentó que el caso de Baja California es de particular interés si se enmarca dentro del contexto poblacional; los municipios de Tijuana, Playas de Rosarito y Ensenada tienen concentrada a su población en la franja costera. Este hecho ha producido que en los últimos años se incremente la demanda de espacio para una variedad de usos competitivos que a menudo resultan incompatibles, y al incremento en la explotación de los recursos costeros.

El Gobierno del Estado de Baja California (1995) realiza el primer instrumento normativo para la zona costera regional entre Tijuana y Ensenada denominado COCOTEN, cuyo objetivo fundamental era regular los efectos producidos por el turismo y la urbanización en la configuración geográfica del paisaje para evitar el deterioro del ecosistema.

Álvarez Andrade (1996) definió los usos de suelo para la zona de playas de Rosarito en función de las interacciones entre los elementos físicos, biológicos y antropogénicos, concluyendo que son el turismo, la agricultura y los servicios urbanos las variables que modifican en mayor medida los cambios de uso de suelo.

Appendini Albrechtsen (1998) identificó a las playas de Rosarito como el recurso económico más importante de ese municipio, por lo que una de las estrategias más importantes necesarias a llevar a cabo es la implementación de medidas regulatorias destinadas a proteger dicho recurso.

El Gobierno del Estado de Baja California (2001) realiza la actualización del COCOTEN diseñado en 1995 integrando al recién creado municipio de Playas de Rosarito, de tal manera que las siglas utilizadas se modifican a COCOTREN. En este documento nuevamente se pone de manifiesto el impacto generado por la inadecuada gestión de la zona costera que ha

repercutido en un cambio en los usos de suelo de manera fragmentada y en muchos casos repercutiendo negativamente sobre los ecosistemas llamándolo hasta esa fecha un crecimiento anárquico y no regulado.

Bermúdez Zavala (2004) utilizó sistemas de información geográfica y percepción remota para identificar los cambios de uso de suelo en la zona costera de Playas de Rosarito de 1993 al 2002 y en función de sus resultados predecir el posible escenario al 2012 de entre lo que destaca un cambio de uso de suelo de 52 % en sitios naturales sin vegetación actual y un 39 % en sitios naturales con vegetación actual; con un incremento en los usos comerciales de 33% y urbanos 25%.

Altuna Renedo (2004) realizó una propuesta de ordenamiento de uso de suelo para la zona costera del municipio de Tijuana B.C. Dentro de sus observaciones más notorias se hace mención que el 40 % del área de estudio presenta usos mixtos sin embargo no tiene un uso definido, lo cual se agrava por la dinámica demográfica y de poblamiento urbano que propicia el establecimiento de asentamientos en zonas sin servicios.

García- Gastélum (1999) integra el concepto de indicadores ambientales dentro del marco metodológico de la planificación ambiental (escala meso), tomando como caso de estudio el Valle de San Quintín Baja California, México. El autor generó una combinación entre indicadores y factor peso-valor para capacidades de uso en la zona, en los rubros de agricultura, atractivos turísticos, conservación y desarrollo urbano. En el ámbito de la conservación generó dos indicadores de Presión y seis de Estado.

García-Gastélum (2006) quien propuso un modelo regional de vulnerabilidad costera para la península de Baja California, en el que realizó un análisis de una región, subdividiendo el territorio en unidades ecológicas como son las cuencas hidrológicas, y administrativas como son los municipios, para este estudio también se subdividió el área de estudio en unidades ecológicas como las subcuencas hidrológicas, y administrativas como las delegaciones del municipio de Ensenada que intervienen en el área de estudio.

Seingier *et al.* (2010) aplicaron un modelo para evaluar el desarrollo sustentable de las costas mexicanas. El esquema calcula la vulnerabilidad de la población humana, la peligrosidad de la costa y el riesgo a efectos de cambio climático. Esta investigación considera que, a partir de los datos retrospectivos de los censos e inventarios forestales, se pueden construir modelos que midan el aumento de la vulnerabilidad socioambiental en los estados con características más peligrosas y proporcionar un aproximado que permita visualizar los efectos del riesgo de inundación, por ejemplo, en los estados que conforman al México costero.

II.1 Indicadores Ambientales

El esquema Presión-Estado-Respuesta (PER), fue diseñado originalmente por Statistics Canada (1979) posteriormente el esquema conceptual Presión-Estado-Respuesta (PER) fue retomado y adaptado por Naciones Unidas para la elaboración de algunos manuales sobre estadísticas ambientales, concebidos para su integración a los sistemas de contabilidad física y económica. Paralelamente, ese esquema fue adoptado y modificado por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), que en 1991 desarrolló el esquema PER y en 1993 definió un grupo medular de indicadores ambientales en varios temas seleccionados para la evaluación del desempeño ambiental.

De acuerdo con la OCDE, un indicador puede definirse, de manera general, como un parámetro o valor, derivado de parámetros generales, que señala o provee información o describe el estado de un fenómeno dado del ambiente o de un área específica con un significado que trasciende el valor específico del parámetro. Este indicador conlleva dos funciones básicas: reducir el número de mediciones y parámetros que normalmente se requieren para reflejar una situación dada y simplificar el proceso de comunicación con el usuario.

Ott (1978), Maclaren (1996) y Lindsey, et al. (1997) desarrollan índices para evaluar las políticas de protección sobre una zona de extracción de agua en Indianapolis, E.U.A. Los índices se enfocaron a las alternativas de manejo, los riesgos químicos, y los subíndices asociados a este último, de toxicidad y movilidad. Siendo uno de los primeros trabajos al uso de los indicadores ambientales en la planeación ambiental.

Walz (2000) en Alemania desarrollan un sistema de indicadores ambientales a nivel nacional, que cuenta con cerca de 140 indicadores basados en el marco PER; este sistema actualmente está siendo implementado y aprobado, y en este estudio utiliza el marco PER.

Ahumada Cervantes (2000) clasifica el grado de perturbación y calidad de la vegetación costera en función de índices ambientales para la evaluación y gestión ambiental, en donde se aplicaron los índices para conocer la integridad ecológica de las comunidades vegetales a una escala meso. Por su parte Alvarado Aguilar para el mismo año define áreas con potencial de conservación a partir de indicadores ambientales, ambos utilizando como caso de estudio la región de Punta Banda.

II.2 Planificación Ambiental

El concepto de la planificación ambiental para la zona costera se puede definir como una actividad intelectual por medio de la cual se evalúan, con un enfoque sistemático, los atributos estructurales y funcionales de los ecosistemas costeros, incluyendo los atributos sociales, económicos y políticos, para establecer las formas de uso, su intensidad y amplitud, de modo que se oriente hacia un modelo de desarrollo sustentable (Gómez-Morín Fuentes, 1994).

Bale y Minch (1972) realizan la Clasificación de Costas de Baja California del Océano Pacífico y Mar de Cortez, utilizando las características morfológicas exclusivamente, esto es: Costa con/sin acantilado, playa arenosa/rocosa, fondo arenoso/rocoso.

Ames-Sigalá (1985) hace un análisis de la distribución de ambientes sedimentarios en el Estero de Punta Banda, Baja California, México en donde identifica tres medioambientes sedimentarios con base en las características texturales de los mismos a) Playa, b) Duna y c) Marisma, así mismo define zonas de i) Marisma de barra, ii) Zona de cantil, iii) Boca de estero y iv) Zona de canales y marisma de planicie, desafortunadamente no relaciona directamente la primera clasificación con la segunda ni realiza la representación cartográfica con las fronteras entre los diferentes ambientes. En este estudio se consideraron como base algunos ambientes geomorfológicos antes mencionados para evaluar su fragilidad.

Bojórquez Tapia (1993) comentó que para decidir qué nivel e intensidad de uso del territorio o de desarrollo de una actividad son recomendables en una zona se requiere conocer dos aspectos clave: qué es lo que hay (recursos naturales) y como funciona (procesos). El objetivo es el inventario y la valoración de los bienes y servicios ambientales. La realización de este proceso de planificación se concibe como uno de los cambios en la calidad ambiental, de los valores y perspectivas sociales diferentes sobre la calidad ambiental, y de los conflictos entre los diferentes sectores sociales

Gómez-Morín (1994) y el Plan de Ordenamiento Ecológico de Baja California en 1995 entre otros han hecho énfasis en que la falta de planeación y planificación de la zona costera, da como resultado un uso desordenado del territorio lo que provoca una reducción de las áreas naturales así como pérdida de biodiversidad y elevados índices de contaminación. Esto último hace más vulnerables las áreas dentro de nuestra área de estudio.

Alvarado-Aguilar (2000) comenta que la planificación ambiental en la zona costera pretende regular el grado de intervención humana en los ecosistemas y sus recursos, especificando el tipo la intensidad y la tasa de desarrollo y conservación para una región en particular

II.3 El concepto de la Escala en la Planificación e indicadores ambientales

Cedrero Uceda, (1989) dice que la planificación ambiental en la zona costera debe conocer las escalas a las cuales se aplica, particularmente cuando se plantea integrar el ámbito espacial con el social y económico, identificando tres niveles en el proceso de planificación: el macro, meso y micro.

Gómez Morín, (1994) estableció el marco conceptual y metodológico para la planificación ambiental del desarrollo costero, el cual incluye el análisis de los atributos de los ecosistemas costeros incluyendo en el los atributos sociales, económicos y políticos para establecer las formas de uso con enfoque sustentable y regulando el grado de intervención humana en los ecosistemas y sus recursos. En relación a la escala del análisis establece que a nivel macro es necesario definir las políticas de desarrollo, a nivel meso la definición de actividades sectoriales, planificación ambiental y los ordenamientos ecológicos y a nivel micro la localización y evaluación de los impactos ambientales.

En el nivel macro, el propósito principal es definir la política de desarrollo, las áreas estratégicas donde se aplicará, y las líneas de acción generales para lograrlo; el producto que se obtiene en este nivel es el Plan Nacional de Desarrollo, del cual se desprenden los Programas de Desarrollo Sectoriales. En este nivel congruente que el énfasis se dé sobre los problemas sociales, económicos y políticos y en el caso del medio ambiente, se reconoce la política nacional de conservación de ecosistemas y recursos naturales, Gómez-Morín (1994).

En el nivel meso, los análisis son más específicos. Los propósitos incluyen la definición de actividades sectoriales y planificación ambiental, es decir, la determinación de la demanda social y la descripción, análisis y evaluación ambiental que se identifica como la caracterización de la oferta ambiental; en este nivel se ubica lo que es la planificación ambiental y los ordenamientos ecológicos, Gómez-Morín (1994), En este estudio se empleó la escala meso, ya que nos ubica en la zona media de acuerdo al diagrama propuesto por Gómez-Morín (1994), (Figura 2).

En el nivel micro, el proceso atiende al desarrollo de proyectos específicos y su localización espacial, así como a la evaluación de los impactos ambientales generados por los mismos Planes Parciales de Manejo y Evaluaciones de impacto Ambiental, Gómez-Morín (1994). El presente trabajo se lleva a cabo a un nivel meso. (Figura 2).

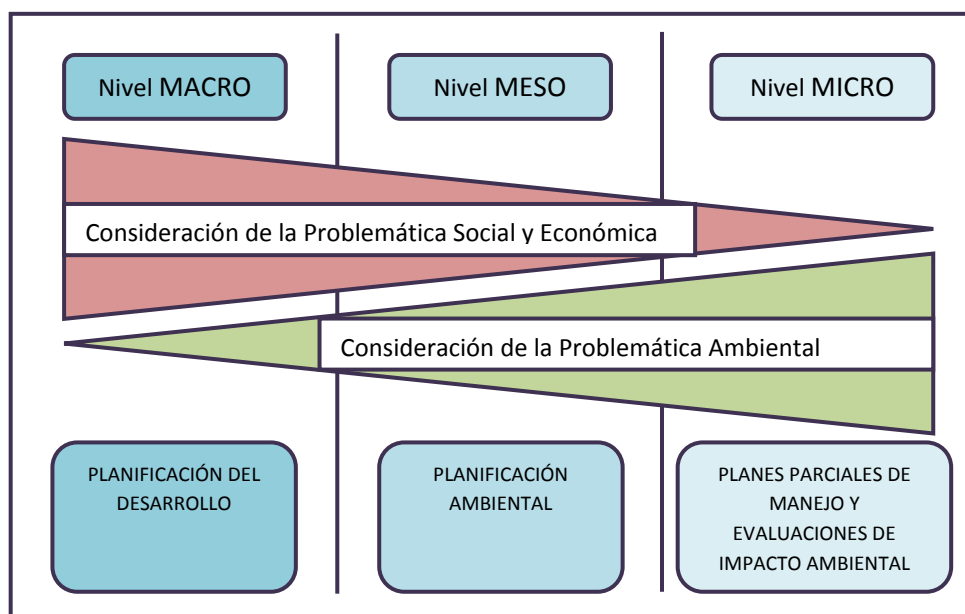


Figura 2. Niveles de planificación y su correspondiente estrategia. Los triángulos señalan la importancia relativa de los problemas socioeconómicos y los ambientales.
Tomado se Gómez- Morin Fuentes 1994

Bennett-Domínguez (1990); Martínez-Rocha (1991); OEA (1992); DGE (1994); Fermán-Almada J.L. (1994); Gómez-Morin (1994); SAHOPE (1994); SEMARNAP (1995) y Cruz-Varela (1997), comentan que en el ámbito regional, las experiencias en cuanto a manejo de la zona costera se han centrado en la planeación en la planeación regional (escala Meso), con el objetivo de evaluar la capacidad de uso del suelo, para determinar una política ambiental e intensidad de uso; teniéndose dos tipos de trabajos: aquellos que son básicamente ejercicios de planificación y no han sido implementados y los que han sido desarrollados e instrumentados (en este segundo apartado entran los planes de la Reserva de la Biosfera del Alto Golfo, el ordenamiento estatal entre otros), destacan en esta zona: El Programa de Ordenamiento Ecológico

para el Desarrollo de Urbano y Turístico de la Microregión La Bufadora-Estero Punta Banda B. C., el Programa Regional de Desarrollo Urbano, Turístico y Ecológico del Corredor Costero Tijuana-Ensenada, el Plan de Ordenamiento Ecológico de Baja California y el Programa de Manejo de áreas Naturales Protegidas: Reserva de la Biosfera del alto Golfo de California y Delta del Río Colorados, Planificación Integral del desarrollo Costero para el Corredor Bahía Kino-Guaymas en el estado de Sonora, entre otros.

García- Gastélum (1999) integra el concepto de indicadores ambientales dentro del marco metodológico de la planificación ambiental (escala meso), tomando como caso de estudio el Valle de San Quintín Baja California, México. El autor generó una combinación entre indicadores y factor peso-valor para capacidades de uso en la zona, en los rubros de agricultura, atractivos turísticos, conservación y desarrollo urbano. En el ámbito de la conservación generó dos indicadores primarios de Presión y seis de Estado.

Los estudios oceanográficos que se han realizado con anterioridad (ECOBAC y proyectos de frontera entre otros) han demostrado la importancia que presenta el analizar la zona costera de manera integral, para mejorar el entendimiento y con ello realizar planes de manejo de uso de suelo, en los que los efectos de la contaminación también sean involucrados antes de considerar las zonas de crecimiento poblacionales.

Los estudios anteriores nos muestran el uso de indicadores Ambientales en Planeación Ambiental, pero para el uso de Modelos en los cuales se integran los indicadores y los índices para la evaluación posterior son relativamente pocos, esto es debido que hasta 1994 la OCDE pone las bases para unir modelos, índices e indicadores.

II.4 Pirámide de información e indicadores ambientales

Del modelo metodológico de la OCDE (PER) (Figura 1), se tomaron los indicadores de **presión** y **estado** para adaptarlo dentro del proceso de

planificación ambiental en la fase de diagnóstico como lo realizó García - Gastélum (1999) y Alvarado-Aguilar (2000). Estos conceptos se componen de factores que pueden ser evaluados y cuantificados tanto en el litoral como en la zona terrestre de la zona costera del área de estudio y con ellos pueden definir el área más vulnerable, para poder priorizar la protección de un área en la zona del litoral en particular, ayudando a mejorar la calidad de los recursos naturales del área y a su vez la calidad de vida de la población.

El esquema PER es tan sólo una herramienta analítica que trata de categorizar o clasificar la información sobre los recursos naturales y ambientales a la luz de sus interrelaciones con las actividades socio demográficas y económicas. Se basa en el conjunto de interrelaciones siguientes: las actividades humanas ejercen presión (P) sobre el ambiente, modificando con ello la cantidad y calidad, es decir, el estado (E) de los recursos naturales; la sociedad responde (R) a tales transformaciones con políticas generales y sectoriales (tanto ambientales como socioeconómicas), las cuales afectan y se retroalimentan de las presiones de las actividades humanas.

La estructura de la formación de los indicadores e índices se arregla de acuerdo a una pirámide de la información (Allen, H. et al., 1995), con los componentes de la fase de diagnóstico ambiental, como se muestra a continuación:

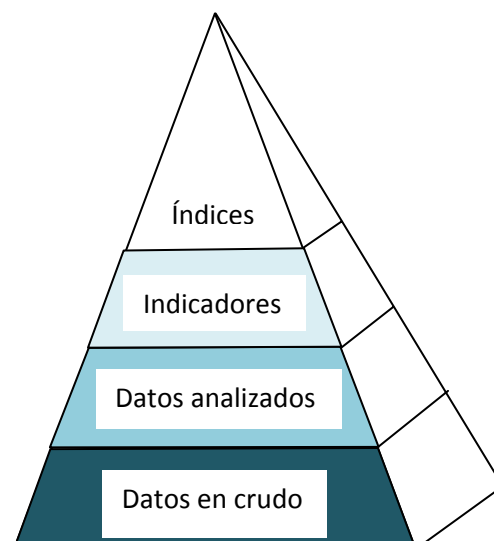


Figura 3. Pirámide de la Información (Allen, H. *et al.*, 1995)

La pirámide de la información (Figura 3), se compone de cuatro niveles de información, el primer nivel se compone por datos primarios recopilados de la zona a evaluar. Posteriormente a ello, se realiza un análisis para formar el segundo nivel compuesto por la base de datos analizados, en el tercer nivel se localizan los indicadores derivados de la base de datos y en el cuarto nivel o cima de la pirámide se ubica el índice derivado de la evaluación de indicadores, este modelo se compara y se calibra.

II.5 Regionalización Ecológica

La Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología, busca que el marco de referencia de la acción ambiental sea homogéneo, mediante el instrumento de la regionalización ecológica, con el fin de hacer óptimos y compatibles sus diferentes programas. Los fenómenos ambientales difícilmente tienen una delimitación espacial precisa, y tantos sus orígenes como sus efectos se presentan en diferentes escalas. La regionalización ecológica permite definir diversos niveles regionales de manifestación y percepción social de los problemas y situarlos en un área específica (SEDUE, 1988).

Existen en nuestro país diferentes regionalizaciones basadas en criterios diferentes entre los que destacan tres: el clima (genético), el análisis matricial (paramétrico) y la fisonomía del paisaje (morfológico). De la regionalización ecológica de la SEDUE se ha tomado como base el criterio que ofrece las siguientes ventajas: mostrar de forma clara las causas fundamentales de las diferencias morfológicas del territorio, permitir una fácil interpretación, facilitar la apreciación integral de las regiones y utilizar criterios relativamente estables. Las normas útiles para el análisis de la problemática ambiental, incluidas en la regionalización ecológica, son básicamente parámetros geomorfológicos, edafológicos e hidrológicos, los cuales permiten caracterizar un área y a partir de la cual se obtiene como productos la clasificación integral de los elementos que conforman el ambiente (SEDUE, 1988).

De acuerdo a Luccarelli (1995), considera que las regionalizaciones más claras en su expresión desde el punto de vista ecológico son de carácter natural; en estas aparecen los distintos rasgos del relieve, clima, suelo, hidrología, vegetación entre otros recursos naturales. Y de esta manera las regiones naturales pueden desagregarse en áreas en donde lo principal es la topografía, conformación geomorfológica, el clima o cuencas hidrológicas. En este estudio se toman varios aspectos antes mencionados para llevar a cabo la zonificación de la zona costera de la BTS.

En el caso de la zona costera, la zonificación presenta problemas particulares que no existen en las regiones continentales. En primer lugar, la definición de las fronteras de la zona costera varía de un país a otro, de una región a otra e incluso de un autor a otro, Sorensen et al. (1992); en segundo lugar, la variabilidad natural y la abundancia de recursos en la zona costera, introduce criterios adicionales que hacen de la regionalización costera un proceso más complicado, Gómez-Morín y Fermán-Almada (1991).

Los sistemas de clasificación de unidades ambientales que se han desarrollado a la fecha varían dependiendo tanto de la escala como del número de factores ambientales que son considerados para definir la unidades; debido a la naturaleza dinámica y la variabilidad de los sistemas naturales tanto terrestre como naturales es difícil desarrollar un sistema de clasificación aplicable en cualquier lugar del mundo, Fermán Almada (1994).

La integración del concepto de indicadores ambientales dentro del marco metodológico de la planeación ambiental (escala meso), fue por García-Gastelum (1999) tomando como caso de estudio el Valle de San Quintín Baja California, México. El autor generó una combinación entre indicadores y factor peso-valor para capacidades de uso en la zona, en los rubros de agricultura, atractivos turístico, conservación y desarrollo urbano. En el ámbito de la conservación generó dos indicadores de presión y seis de estado.

Alvarado (2000) comenta que para el uso de modelos en los cuales se integren los indicadores y los índices para la evaluación posterior se tienen las bases desde Ott (1978), pero estos han sido poco explotados sobre todo al no contar con indicadores confiables y ni con bases para la definición de estos, es hasta 1994 que la OCDE pone las bases, donde uniendo los modelos, índices e indicadores se pueda desarrollar un trabajo como el presente.

Al generar un Modelo de índice de área costera prioritaria de protección de la con base a indicadores ambientales, se pretende unir este a la metodología de la planeación ambiental, generando un instrumento más en la evaluación ambiental y en el proceso de toma de decisiones.

III. OBJETIVOS

III.1 Objetivo general

Proponer un modelo conceptual para identificar las áreas prioritarias de protección en la zona costera de Ensenada, Baja California.

III.1.1 Objetivos particulares

- Definir un modelo conceptual a partir de indicadores de estado y presión
- Aplicar el modelo ecológico con un sistema de información geográfica para evaluar la zona costera de Ensenada.
- Proponer las áreas prioritarias de protección en la zona costera de Ensenada.

IV. METODOLOGIA

La metodología que se propone en este trabajo está basada en la que propuso García Gastélum (1999) el resultado de modificaciones de metodologías existentes: Planificación Ambiental de Gómez-Morín (1994) y Modelo General de indicadores Ambientales de la OCDE (1998), utilizando como herramienta de apoyo sistemas de información geográfica (Figura 4).

Figura 4. Diagrama Metodológico de integración de indicadores dentro del marco metodológico de Planificación Ambiental basado en García- Gastélum (1999).

IV.1 Planificación Ambiental

La metodología que propone Gómez-Morín en 1994 para la Planificación Ambiental del Desarrollo Costero en México y que aplica en el Programa Regional de Desarrollo Urbano, Turístico y Ecológico del Corredor Costero Tijuana-Ensenada, consiste en cuatro fases: Organización, Diagnóstico, Propositiva y de Ejecución, que contemplan el inicio y consecución de un programa de manejo integrado del territorio orientado a la zona costera,

contemplando la componente social y el ambiente, los problemas y las oportunidades de desarrollo de la zona sujeta a la planificación.

Este trabajo corresponde a las fases de organización y diagnóstico las cuales incluyen la etapa **Descriptiva** en la **delimitación y descripción del área de estudio** (Figura 5). **La delimitación** se lleva a cabo determinando los límites del área de estudio, con base en criterios políticos-administrativos como límites de centros de población y municipios involucrados, y criterios ambientales como topográficos y oceanográficos principalmente. **La descripción** incluye la generación de bases de datos que sinteticen las características básicas de la zona de estudio y la valoración de los elementos del inventario y la evaluación final de la capacidad de uso.

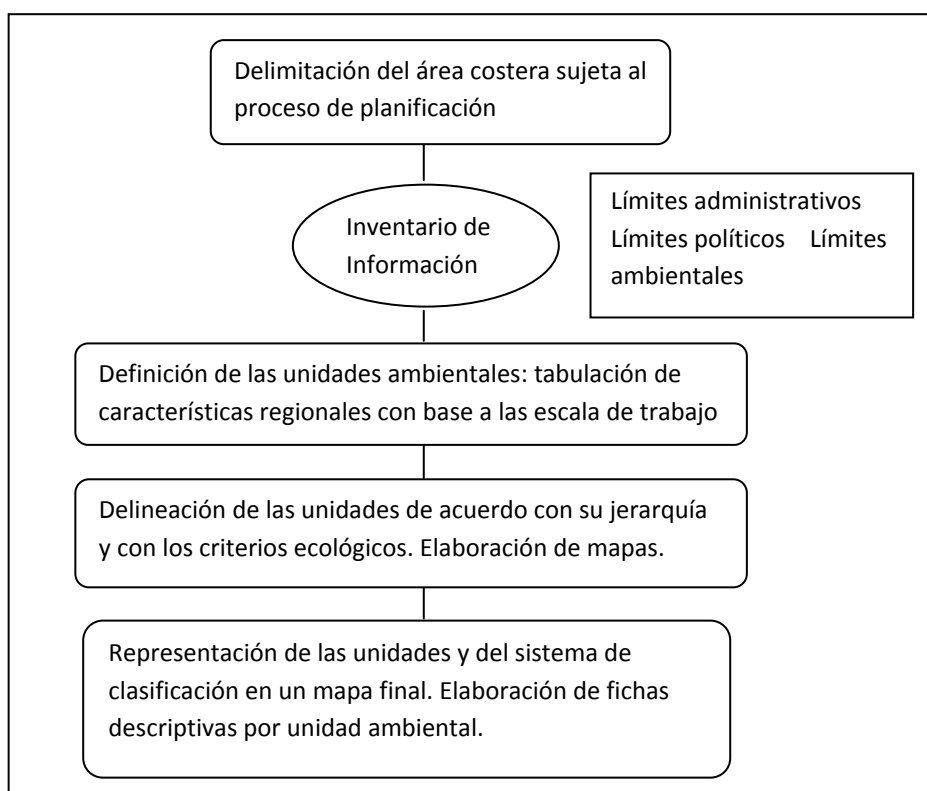


Figura 5. Diagrama del proceso de zonificación, Tomado de Gómez-Morín (1994).

IV.1.1 Etapa Descriptiva

La descripción del área consiste en la recopilación de la información de las características del territorio que son relevantes para el proceso de planificación.

Se levanta un inventario de la información disponible del medio físico, biótico y antrópico según SEMARNAT, (2006).

El acopio e inventario de información es un procedimiento primordial dentro del proceso de planificación, ya que la calidad de la información recabada en función de contenido y actualidad, se verá reflejada en los productos finales. El inventario almacena y refleja la información necesaria para describir el ambiente.

Las variables a inventariar y el detalle de la información están condicionadas a **la escala de trabajo**. De acuerdo con Cendrero-Uceda (1989), la planificación ambiental en la zona costera debe reconocer las escalas a las cuales se aplica, particularmente cuando se plantea integrar el ámbito espacial con los social y económico, identificando tres niveles en el proceso de planificación: macro, meso y micro.

El nivel Macro, el propósito principal es definir la política de desarrollo, las áreas estratégicas donde se aplicará, y las líneas de acción generales para lograrlo; el producto que se obtiene en este nivel es el Plan Nacional de Desarrollo, del cual se desprenden los programas de Desarrollo Sectoriales. En este es congruente que el énfasis sobre los problemas sociales, económicos y políticos y para el caso del medio ambiente, se reconoce la política nacional de conservación de ecosistemas y recursos naturales (Gómez- Morín, 1994)

En el nivel meso, los análisis son más específicos. Los propósitos incluyen la definición de actividades sectoriales y planificación ambiental, es decir, la determinación de la demanda social y la descripción, análisis y evaluación ambiental que se identifica como la caracterización de la oferta ambiental; en este nivel se ubica lo que es la planificación ambiental y los ordenamientos ecológicos, (Gómez-Morín, 1994). En este estudio se empleó la escala meso, ya que nos ubica en la zona media de acuerdo al diagrama propuesto por Gómez-Morín (1994) (Figura 2).

En el nivel micro lo que atiende es al desarrollo de proyectos específicos y su localización espacial, así como la evaluación de los impactos ambientales generados por los mismos (Gómez- Morín, 1994).

La información recabada comprende dos tipos: a) bibliográfico como documentos oficiales de gobierno, planes y programas además de documentos de investigación y b) cartográfico, donde incluyen mapas temáticos, además de la consulta a fotografías aéreas e imágenes de satélite para actualizar la información, García-Gastélum (1999).

IV.2 Zonificación

La zonificación es una etapa clave de la caracterización porque permite la organización y sistematización espacial de la información recabada en la etapa de inventario. Este proceso implica el desarrollo de un sistema jerárquico de factores ambientales que permitan identificar o definir regiones o porciones del territorio denominadas unidades ambientales, que componen la superficie del área de estudio. Tomado en Alvarado-Aguilar (2000). Este sistema jerárquico se realizó para cada tipo de ambiente como se observa en la tabla III.

SEDUE (1988), publicó un manual donde se establece la metodología y las técnicas particulares de zonificación ecológica y evaluación de capacidad del territorio. Dentro de estas técnicas se considera la definición de unidades ambientales bajo una estructura de regionalización jerárquica que utiliza diferentes criterios o factores ambientales a distintas escalas.

Se siguió la zonificación ecológica de SEDUE (1988), se sitúa en el nivel meso y consiste de 5 niveles jerárquicos, (Ambiente, sistema, subsistema I, subsistema II y Unidad Ambiental). La secuencia del proceso de zonificación comienza por la delimitación del área costera sujeta al proceso de planificación. La zona de estudio se limita en su parte norte (San Miguel) y sur (Punta Banda) de la zona costera de la Bahía de Todos Santos, luego, de acuerdo a los criterios de zonificación el presente trabajo se delimita en dos zonas, una hacia

su parte terrestre y otra zona en la parte litoral donde se encuentran los ambientes naturales que se pretende identificar como áreas prioritarias de protección dependiendo del grado de vulnerabilidad que sugieran los datos después de ser evaluadas.

Tabla III. Sistema jerárquico para el ambiente litoral y terrestre.

AMBIENTE	SISTEMA	SUBSISTEMA	SUBSISTEMA II	UNIDAD AMBIENTAL
LITORAL	Subcuencas Hidrológicas	Delegaciones	Geomorfología de acantilados	Ambientes Geomorfológicos
TERRESTRE	Subcuencas Hidrológicas	Delegaciones		Usos de Suelo

IV.2.1 Llenado de fichas en la base de datos para cada unidad ambiental producto de la zonificación

Para evaluar cada índice, cada atributo tiene un **peso**, el cual es asignado de acuerdo a su importancia relativa como recurso natural en la zona del litoral, utilizando para ello el método Delphi de consulta a expertos (Gómez Orea, 1980, Cendrero y Díaz de Terán, 1987). El **valor** de cada atributo se obtiene de acuerdo a la presencia o ausencia para cada unidad ambiental, donde a la presencia se le da un valor de 1 y la ausencia de un valor de 0 (cero).

El producto de **peso** por el **valor** representa el atributo de cada uno de los factores, y la suma de tales productos proporciona la capacidad total del recurso por cada unidad ambiental.

Posteriormente se estandarizan los valores obtenidos de la suma total por cada unidad. Esto se realiza con el objetivo de poder hacer comparables entre sí los índices evaluados en el mismo rango de 0 a 1. La técnica es el método estadístico no paramétrico modificado de Rietveld (1980) (Nijkamp P., 1990):

$$B_j = \frac{(X_j - \min X_j)}{(\max X_j - \min X_j)} \quad (100)$$

Donde: B_j = valor del dato estandarizado
 X_j = valor del dato estandarizado
 $\text{Min } X_j$ = valor mínimo de los datos
 $\text{Max } X_j$ = valor máximo de los datos

La estandarización de los valores, tiene como resultado un rango de valores numéricos entre 0.0 y 1.0, que se dividen en cinco clases como se muestra en la tabla IV.

IV.3 Valoración de los indicadores

La valoración para cada indicador ambiental va desde 0.00 hasta 1.00. Los criterios e intervalos que se evaluaron de cada parámetro se dividen en cinco clases Tabla IV.

Tabla IV. Rangos de las clases.

Rangos de valores	0.8 -1.0	0.6 - 0.8	0.4 - 0.6	0.2 - 0.4	0.0 - 0.2
Clases	Muy Alta	Alta	Media	Baja	Muy baja

Estas categorías se utilizaron para cada uno de los índices de fragilidad, de presión y el índice de área costera de protección (IACOP).

IV.4 Sistema de información Geográfica (SIG) y su aplicación en el modelo

El SIG es una cadena de operaciones que se toman de la planeación ambiental, la observación, acopio, almacenamiento y análisis de datos cuya función es ayudar en la toma de decisiones con la información derivada Seingier-Hourdin (1999). La zonificación y el modelo se construyen en un SIG con la base de datos en EXCEL, analizada para la zona de estudio de la BTS. El modelo generado es probado en la zona costera de Ensenada, B.C.

Basándose en la Tabla jerárquica de zonificación (tabla III) se generó el sistema de clasificación a partir de la cual se obtuvo un mosaico de unidades ambientales para cada ambiente.

Generado el SIG, se establece el mecanismo de seguimiento de los cambios generados durante el proceso de evaluación, formando nuevos escenarios, de esta manera da la oportunidad de realizar el procedimiento de reevaluación y finalmente poder resaltar las áreas prioritarias de protección.

IV.5 Descripción del área de estudio

IV.5.1 Descripción del Ambiente Físico

El estado de Baja California se encuentra en el en la Provincia Costera Californiana, que abarca en sí toda la península. Tiene un área de 70, 103 km de línea de costa distribuidos entre el Océano Pacífico y el Golfo de California. Posee cuatro sistemas lagunares costeros, tres en el Pacífico (Estero de Punta Banda, Laguna Mormona y Bahía San Quintín) y una en el Golfo (Laguna Percebú). Presenta un clima semicálido, semiárido, desértico, tipo mediterráneo, seco y cálido en verano, frío y húmedo en invierno; con una evaporación media anual de 1400 a 2500 mm y una precipitación entre 50 y 100 mm de media anual (Arriaga-Cabrera, *et al.*, 1998).

La zona de estudio es La Bahía de Todos los Santos (BTS), se sitúa sobre la costa Noroccidental de la península de Baja California entre las coordenadas 31° 40' y 31° 56' latitud Norte y los 116° 36' y 116° 50' longitud Oeste, a 106 km al Sur de la frontera México-Estados Unidos (Figura 6). Tiene aproximadamente 18 km de largo y 14 km de ancho. Limita al Norte con Punta San Miguel y al Sur con la península de Punta Banda, hacia el Este de la BTS se localiza el Puerto de Ensenada, principal centro de población y cabecera del municipio más grande del mundo con un área total de 52,510.72 km². La ciudad de Ensenada se fundó en 1882, con aproximadamente 2,000 habitantes que se establecieron en la región al desarrollarse un programa de colonización en lo que era un rancho ganadero (Secretaría de Marina, 1974). En 2013 el 14.9% de la población total de Baja California lo representan los habitantes del

municipio de Ensenada, con una tasa de crecimiento poblacional de 1.71% con 503, 512 habitantes (COPLADEBC, 2013).

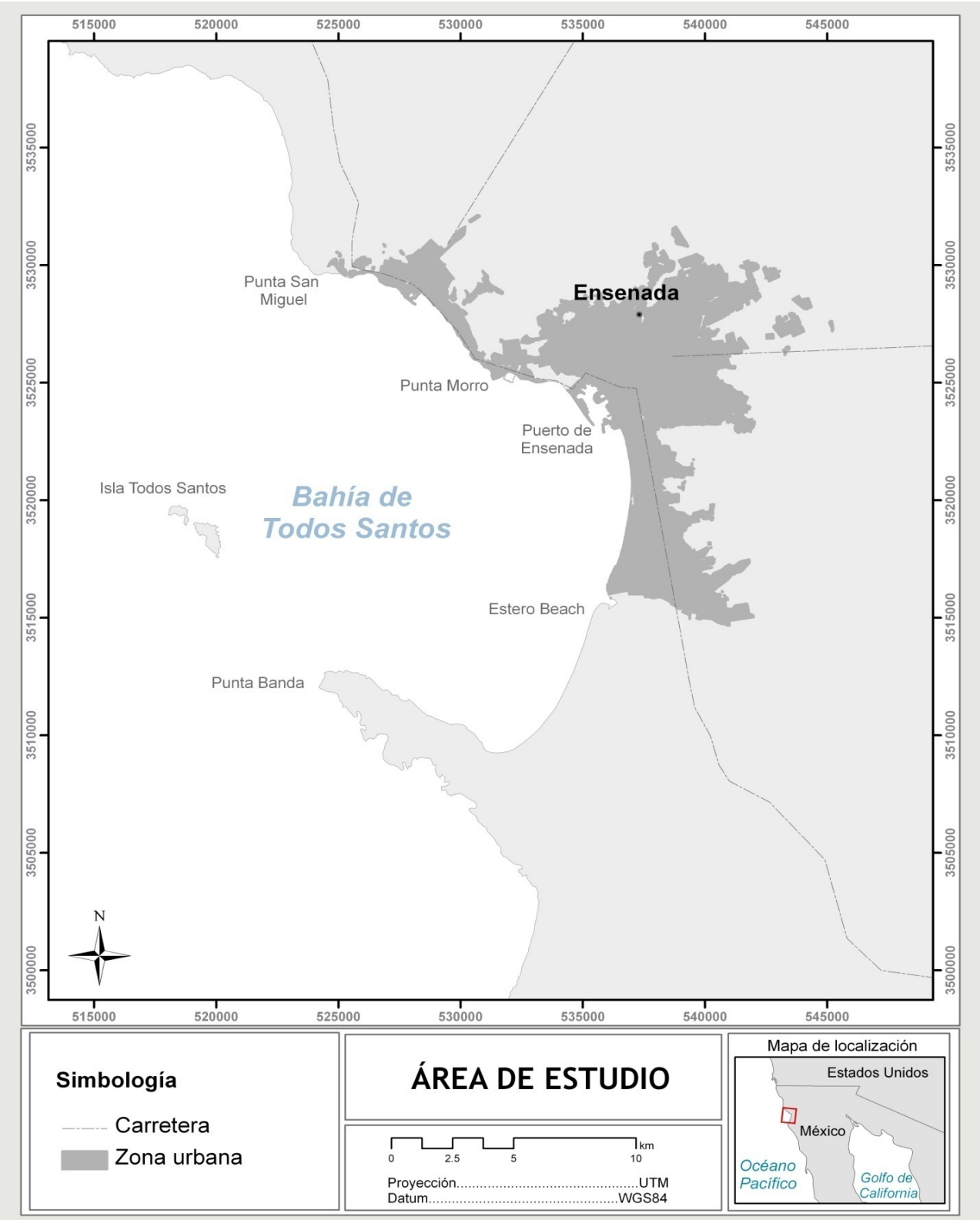


Figura 6. Área de estudio en la Bahía de Todos Santos, desde San Miguel hasta Punta Banda, Baja California, México.

V. RESULTADOS

V.1 Área de estudio – Etapa descriptiva

Geomorfología.

El 70 % de la superficie tiene elevaciones entre los 0 y 200 m; el 30% restante corresponde a tierras altas con alturas de hasta 600 m. Las tierras bajas forman un valle aluvial, abanicos aluviales y depósitos de pie de monte. Las tierras altas están constituidas por los escarpes montañosos de Punta Banda. Estos últimos son resultado de procesos de intrusión ígnea, falseamiento y metamorfismo, de edad cretácica constituidos principalmente por montañas de granito, granodiorita y tonalita. INEGI, 1989a.

En la Zona existen rocas ígneas y sedimentarias de edades que varían desde el Cretácico inferior hasta el Cuaternario. En la Península de Punta Banda las rocas son de tipo ígneo y pertenecen a la Formación Alisitos. Las rocas sedimentarias más antiguas pertenecen a la formación del Rosario del Cretácico Superior con una edad de 65 millones de años y están constituidas principalmente por areniscas con abundantes fósiles de Rudistas, únicas en la región (INEGI, 1989b).

Como rasgo geológico relevante en la zona es la presencia de la Falla de Agua Blanca, la cual tiene un desplazamiento de rumbo Este-Oeste y es la estructura geológica más grande de la Península de Baja California. Debido a la presencia de esta falla y a las fallas menores asociadas esta zona es de alto riesgo sísmico y de desplazamientos (INEGI, 1989b).

Uso de suelo

El desarrollo urbano del litoral costero de la Bahía de Todos Santos, tiene diversos usos de suelo según la clasificación del PDUCP PT 2007-2030 (2010).

Uso habitacional. Los asentamientos humanos a lo largo del litoral costero de la BTS se han dado de forma natural y no-planificadas, aprovechando las vistas escénicas que ofrece la frontera con el océano; el uso habitacional aparece en el documento del PDUE como urbano en sus dos modalidades (actual y

reserva) y en este trabajo se cambió la18 nomenclatura debido a que los usos tanto industriales como el de comercio y servicios son también usos urbanos. Reconocido como uno de los usos que producen la mayor presión sobre la zona costera.

Uso Industrial se concentra en la delegación El sauzal en un corredor previamente planificado, pero el resto de la industria se ha asentado de manera no planificada a lo largo de la av. Reforma, que estaba originalmente contemplada para albergar uso comercial y de servicios (PDUCP, 2030).

Uso Comercial y de servicios ha estado históricamente concentrado en el primer cuadro de la ciudad, dejando sin cubrir de manera planeada amplias zonas urbanas.

Turismo y Recreación. El turismo es una de las actividades económica tradicionales del Municipio de Ensenada, desarrollada principalmente en el pequeño corredor San Miguel-El Sauzal, así como desde las Playas Municipales hasta la Península de Punta Banda. Por el evidente potencial de paisaje, el uso recreativo y turístico está a lo largo de la costa, pero con un déficit de infraestructura y mobiliario que de servicios a estos usos.

Uso de Equipamiento especial. La ciudad cuenta con dos grandes áreas de equipamiento especial: la zona militar en la delegación Chapultepec y los puertos de la ciudad.

Conservación. Se ha propuesto por parte del grupo “Pro-Esteros A. C.”, que la parte Norte de la barra del Estero de Punta Banda sea declarada área natural protegida dentro del sistema nacional de áreas naturales, debido a que es una zona de refugio y reproducción de aves migratorias, hasta la fecha de publicación del presente trabajo esto no ha sido esto posible. Adicionalmente y en apego a las políticas señaladas en el documento del Corredor Turístico Tijuana-Ensenada, algunas pequeñas secciones tanto del Estero de Punta Banda y sus alrededores, como de la Península de Punta Banda tienen destinado un uso de suelo para la conservación y a la preservación ecológica.

Demografía

La población desde su fundación en 1882 hasta 1930, había variado poco, pues datos oficiales indican que en esta última fecha existían poco mas de 3,000 habitantes, durante los siguientes 20 años la población del Puerto continuó creciendo a una tasa relativamente lenta, pero a partir de la década de los 50's empezó un fuerte crecimiento que se ha visto acelerado en los últimos años rebasando las estimaciones utilizadas para prever el crecimiento urbano (Tabla V), Victoria-Prado (1991 en García, 1997).

Tabla V. Crecimiento histórico de la población de Ensenada.

Año	1882	1930	1940	1950	1960	1970	1980	1990	1995	2010
No. Hab.	2,000	3,108	5,623	19,858	45,655	82,438	125,765	259,979	317,980	466,814

INEGI, 2010

Flora

Vegetación Costera. Este tipo de vegetación se encuentra dividida a lo largo de las vertientes del Pacífico y Golfo de California. Las plantas que se encuentran en este tipo de vegetación son de las consideradas del tipo halófitas y viven en substratos arenosos (playas) y aquellas áreas que están sujetas a inundaciones marinas de una manera periódica en donde afloran grandes cantidades de sal (Enciclopedia de los municipios de Baja California, 2005).

Matorral Costero Suculento. El matorral costero cubre las laderas de terrenos en línea de costa, aunque no es uniforme, ya que en algunas ocasiones este tipo de vegetación llega a penetrar hasta 30 Km. tierra adentro, ocupando grandes extensiones, principalmente en laderas cercanas a la Sierra San Pedro Mártir a una altitud de 500m (Enciclopedia de los municipios de Baja California, 2005).

Chaparral Costero. La distribución del chaparral en Baja California, parte desde la línea Internacional con los Estados Unidos hasta aproximadamente el paralelo 30 hacia el sur y de línea de costa, en el Pacífico hasta los límites con los bosques de Coníferas en las Sierras Juárez y san Pedro Mártir, a una altitud

promedio de 1200 y 2000m SNM (Enciclopedia de los municipios de Baja California, 2005).

Macroalgas del Intermareal. La costa occidental de Baja California se considera una de las regiones con alta diversidad de especies de macroalgas en el Pacífico de México. Las macroalgas junto con los pastos marinos son productores primarios que conforman el primer eslabón de la cadena trófica en el océano y son la base para diferentes pesquerías de importancia comercial. Además de ello el papel ecológico de las macroalgas es de suma importancia en el ecosistema marino ya que interaccionan en forma favorable con innumerables especies de organismos marinos que encuentran alimento y o refugio en las praderas de macroalgas al menos durante alguna etapa de su vida (Pedroche *et al.*, 1993).

Descripción del Ambiente Socioeconómico

Principales Sectores, Productos y Servicios

Agricultura y Ganadería. El suelo de Ensenada es dedicado en una gran parte a desarrollar actividades agrícolas y ganaderas en valles costeros e inter montañosos, así como a agostaderos naturales con características agroclimáticas que permiten, en su conjunto, explotar una amplia gama de cultivos en 84,400 ha. Y el aprovechamiento de 4'103,541 Ha. En uso pecuario mismas que representan el 77.1% de la superficie total del municipio con 7,800 usuarios (Enciclopedia de los municipios de Baja California, 2005).

Comercio. La actividad comercial se encuentra orientada fundamentalmente al mercado interno, destacándose los giros al menudeo de “Comercio de productos no alimenticios en establecimientos no especializados” y el “Comercio de productos alimenticios y tabaco”, los cuales concentran el 46% y 44% de los establecimientos, el 43% y 30% del personal y el 30% y 18% de las ventas comerciales respectivamente (Enciclopedia de los municipios de Baja California, 2005).

Pesca. La actividad pesquera en el Municipio de Ensenada, es sin lugar a dudas una de las más importantes, ya que es generadora de empleo y

productora de alimentos para consumo humano, tanto para el mercado regional, nacional y de exportación. La captura está constituida por 96 especies registradas oficialmente, participan en ella, especies de alto rendimiento en volumen, de mediano o bajo valor económico, como son: las pesquerías masivas de sardina, macarela, bonito y algas marinas; hay otras, de más alto rendimiento económico, aún cuando su volumen de captura no sea muy grande; como son las pesquerías de erizo, camarón, langosta, pepino y abulón (Enciclopedia de los municipios de Baja California, 2005).

Turismo. El municipio de Ensenada cuenta con una amplia variedad de instalaciones turísticas: hoteles, desde lujosos con todos los servicios, tales como: aire acondicionado, vista panorámica, televisión a color con cablevisión, elevadores, estacionamiento con seguridad, albercas, lobby bar y restaurante, hasta los hoteles más económicos. Restaurantes donde existe gran variedad, para todos los gustos y posibilidad económica: comida típica mexicana, oriental, francesa, italiana, mariscos y alta cocina internacional. (Enciclopedia de los municipios de Baja California, 2005).

Centros Turísticos. Las Playas más visitadas son El Faro (eventos deportivos) y La Monalisa se localizan en Chapultepec, San Miguel (playa rocosa donde se practica el surf y el campismo) en el Sauzal de Rodríguez, La Joya en Maneadero. (Enciclopedia de los municipios de Baja California, 2005).

V.2. Delimitación de la zona costera

La selección de los límites del área de estudio se realizó en función a criterios políticos y ambientales, de acuerdo al Manual de Ordenamiento Ecológico del Territorio MOET (SEMARNAT, 2006) y acorde con los objetivos del presente trabajo. Se eligieron dos tipos de ambientes costeros para evaluar la vulnerabilidad de la zona del litoral costero y poder identificar las áreas prioritarias de protección costera. Estos ambientes costeros fueron el ambiente terrestre y el ambiente litoral. En el ambiente terrestre se evalúa los tipos de usos de suelo como presión que ejerce sobre el segundo ambiente que es el litoral en el cual se evalúa la fragilidad de recursos naturales como la vegetación y ambientes geomorfológicos (Figura 7).

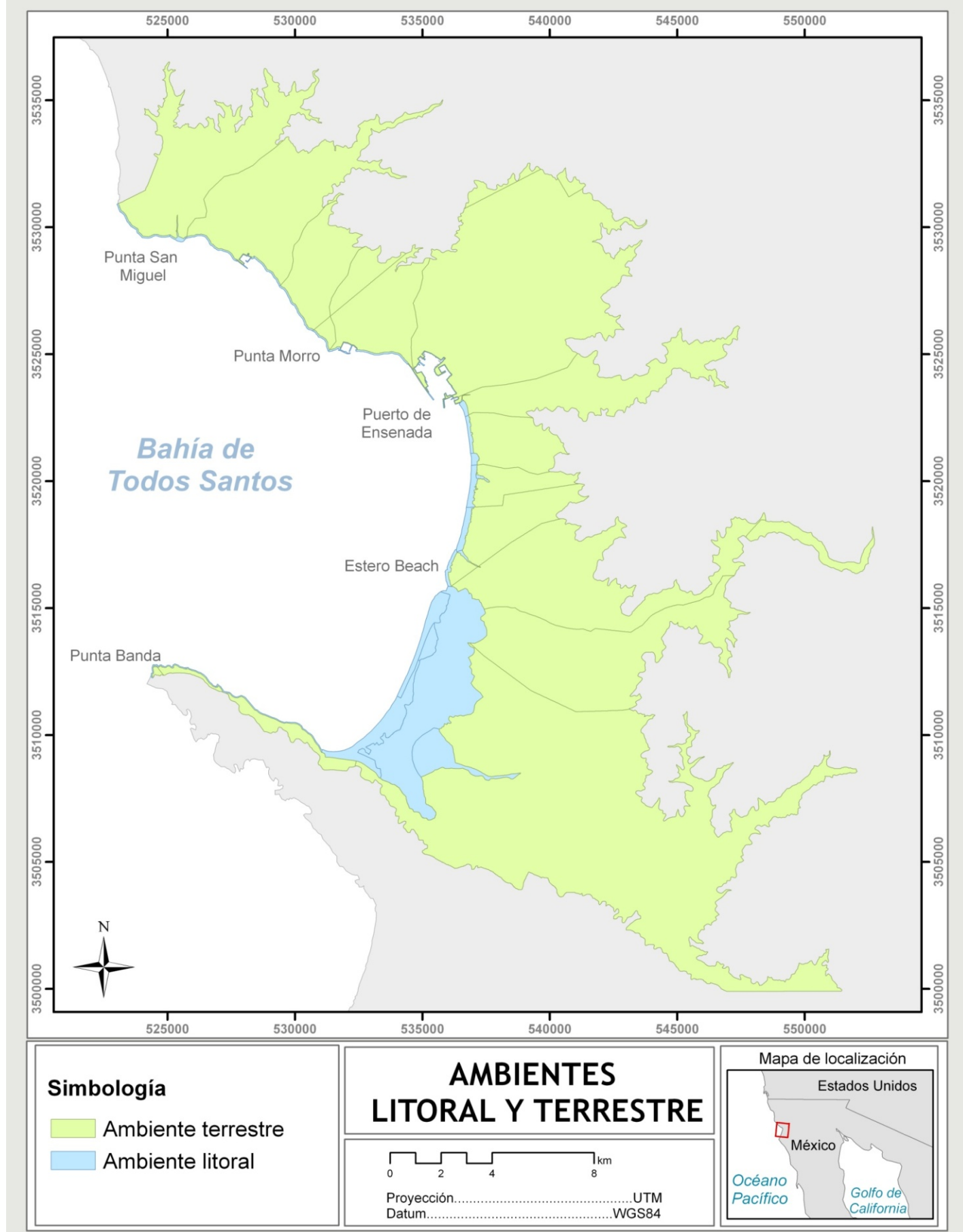


Figura 7. Mapa tipos de Ambientes definidos para el área de estudio.

V.2.1 Área de estudio

En este estudio para la delimitación del ambiente litoral y llevar a cabo la zonificación se tomaron en cuenta aspectos con respecto a lo físico-natural, importancia de los recursos y la social y económica con respecto a demandas sobre los recursos con los correspondientes usos de suelo en gestión. Los criterios que se consideraron para este estudio fueron los siguientes:

Se digitalizó la línea de costa a una escala 1:10,000 sobre la imagen Spot 2009 (2.5 m por pixel) lo cual se tomo en cuenta como la línea de marea más alta, esta línea es visible y se caracteriza por el cambio de color en la arena causado por la repetida y periódica inundación de la playa por las mareas, (Crowell et al 1991). Sobre la imagen esta línea es representada por un cambio en el color sobre los tonos de grises.

El Litoral abarca desde la zona Intermareal, seguida de lo que se considera la Zona Federal Marítimo Terrestre (20 m) más los diferentes ambientes transicionales de la zona costera como deltas, lagunas, estero, arroyos y barra arenosa. De esa manera se cerró el polígono del ambiente litoral (Figura 7).

Para determinar la línea de marea baja se realizaron mediciones de marea baja en diferentes puntos a lo largo de la Bahía de Todos Santos en el mes de Octubre de 2011 con una marea baja de -0.3 pies sobre el nivel medio del mar, se hizo este estudio debido a que la pendiente varía a lo largo de la BTS.

El ambiente Terrestre. En este ambiente es donde se desarrolla la mayor actividad antropogénica y consecuentemente tiende a la mayor cantidad de impactos. Se generó a partir de los límites del litoral superior y medio propio del área de estudio hasta la isolínea (curva de nivel) de los 200 m, sobre el nivel medio del mar. Es donde se encuentra casi en su totalidad la zona urbanizada de Ensenada. En este ambiente se consideran los terrenos ganados al mar según el reglamento para el Uso y Aprovechamiento del Mar Territorial, Vías Navegables, Playas, Zona Federal Marítimo Terrestre y Terrenos Ganados al Mar (1991) (Figura 7).

V.3 Zonificación

La zonificación de los ambientes litoral y terrestre se delimitó a partir de los componentes propios de la zona costera de la BTS, los criterios se tomaron con base a su constitución geomorfológica, procesos ecológicos, usos y actividades que se ejercen en ello (Tabla VI). Estos Ambientes los definimos como Ambiente Litoral (zona a proteger) y Ambiente terrestre (zona de influencia) (Figura 7).

La zonificación de los ambientes litoral y terrestre se obtuvo a partir de la superposición de los componentes propios de la zona costera de la BTS: Su constitución geomorfológica, procesos ecológicos, usos y actividades que se ejercen en ello.

En estos sistemas de clasificación se describen los elementos que conforman cada uno de los niveles de zonificación y a través de esta estructura jerárquica se conforma una capa cartográfica de cada nivel, la cual se sobrepone al nivel que le sigue con la ayuda de un Sistema de Información Geográfica. La secuencia del proceso de regionalización comienza por la delimitación del área costera sujeta al proceso de planificación. Para este estudio se delimitó el área de estudio en la Bahía de Todos Santos desde San Miguel a Punta Banda (Figura 6).

Tabla VI. Criterios para los sistemas de clasificación jerárquicos.

Niveles jerárquicos	Zona Litoral	Zona Terrestre
Ambiente	<i>Será el ambiente a evaluar la vulnerabilidad y donde se localizan las zonas prioritarias de protección.</i>	<i>Será el ambiente donde se evaluará la presión que ejercen los tipos de usos de suelo en el ambiente litoral.</i>
Sistema	<i>En este nivel del sistema se ubicaron las subcuencas hidrológicas, con el objeto de evaluar la capacidad de los recursos naturales.</i>	<i>En este nivel del sistema se ubicaron las subcuencas hidrológicas, con el objeto de evaluar la capacidad e intensidad de uso de suelo.</i>
Subsistema I	<i>En este criterio administrativo de la zonificación se considera las delegaciones que tiene injerencia en la zona de la BTS.</i>	<i>En este criterio administrativo de la zonificación se considera las delegaciones que tiene injerencia en la zona de la BTS.</i>
Subsistema II	<i>En este nivel de jerarquía se consideró el criterio de tipo de acantilado.</i>	
Unidad ambiental	<i>Se consideraron los ambientes transicionales como (playa, laguna, estero, delta, arroyo, dunas, barra arenosa), y la presencia y de tipos de vegetación, al ser la característica de paisaje más destacadas para medir el Estado con base a su fragilidad.</i>	<i>En este nivel de jerarquía se consideraron los tipos y coberturas de uso de suelo, al ser la característica de presión que ejerce sobre el ambiente litoral a evaluar.</i>

Para la **zonificación del litoral** se tomaron en cuenta 5 niveles jerárquicos: la primera categoría es el ambiente, el segundo nivel es el sistema con las subcuencas hidrológicas (Arroyo el Zorrillo, Arroyo San Antonio, Bahía Papalote, Barra Arenosa, Cañada Cuatro Milpas, Cañada San Jorge, Cañón El Gallo, Cerro Trinidad, Playa Hermosa, Punta Ensenada, Punta el Sauzal y Río Maneadero); en la tercera categoría se ubicó el subsistema donde ubicamos a las delegaciones que están dentro del límite del área de estudio (Sauzal,

Ensenada, Chapultepec y Maneadero), en el cuarto nivel se encuentra el subsistema II con tipos de acantilados (acantilado alto, acantilado bajo y sin acantilado) y en la última categoría de unidades ambientales se ubicaron los diferentes tipos de ambientes transicionales como Arroyo, barra arenosa, Delta, Estuario, Laguna, Marisma, Playa con arena, Playa con canto rodado, playa con roca fija, playa con roca mixta (Tabla VII). Esta zonificación se realizó con la ayuda de un sistema de información geográfica, dando como resultado 29 unidades ambientales, generando el mapa para el ambiente litoral (Figura 8).

Tabla VII. Sistema de clasificación del Ambiente Litoral.

AMBIENTE	SISTEMA	SUBSISTEMA I	SUBSISTEMA II	UNIDAD AMBIENTAL
	Subcuencas Hidrológicas	Delegaciones	Acantilado	Ambientes transicionales
2.LITORAL	1. Arroyo el Zorrillo 2. Arroyo San Antonio 3. Bahía Papalote 4. Barra Arenosa 5. Cañada Cuatro milpas 6. Cañada San Jorge 7. Cañón El Gallo 8. Cerro Trinidad 9. Playa Hermosa 10. Punta Ensenada 11. Punta El Sauzal 12. Río Maneadero	1. Sauzal 2. Ensenada 3. Chapultepec 4. Maneadero	1. Acantilado Alto 2. Acantilado bajo 3. Sin Acantilado	1. Arroyo 2. Barra Arenosa 3. Delta 4. Duna 5. Estuario con sedimentos finos 6. Laguna 7. Marisma 8. Playa con arena 9. Playa con canto rodado 10. Playa con roca fija 11. Playa con roca mixta

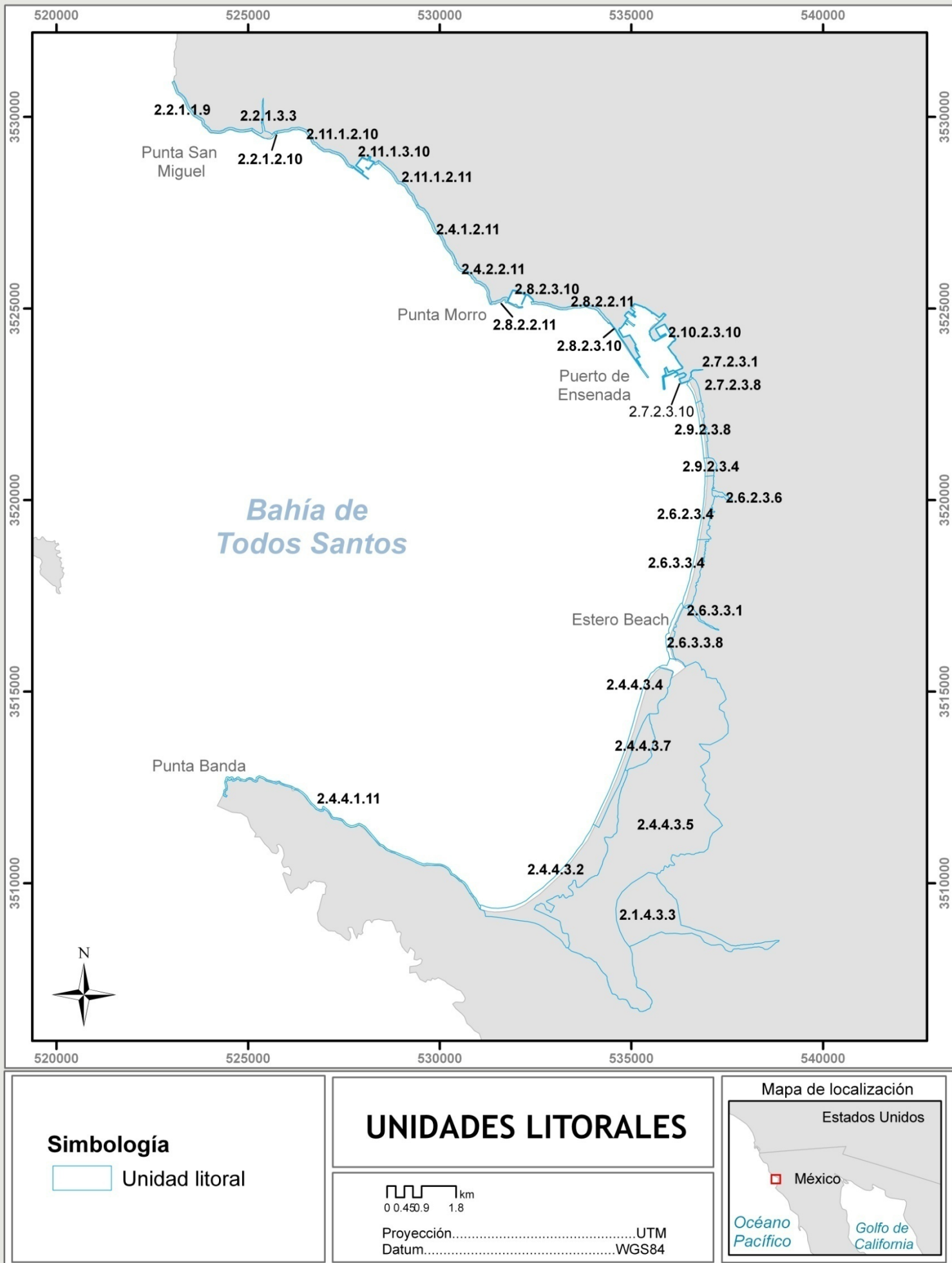


Figura 8. Mapa ambiente litoral con 29 unidades ambientales.

Para **la zonificación del terrestre** se tomaron en cuenta 4 niveles jerárquicos: la primera categoría es el ambiente, el segundo nivel es el sistema con las subcuencas hidrológicas (Arroyo el Zorrillo, Arroyo San Antonio, Bahía Papalote, Barra Arenosa, Cañada Cuatro Milpas, Cañada San Jorge, Cañón El Gallo, Cerro Trinidad, Playa Hermosa, Punta Ensenada, Punta el Sauzal y Río Maneadero); en la tercera categoría se ubicó el subsistema donde ubicamos a las delegaciones que están dentro del límite del área de estudio (Sauzal, Ensenada, Chapultepec y Maneadero) y en la última categoría de unidades ambientales se ubicaron los diferentes tipos de usos de suelo (Turístico-comercial, Industrial, Habitacional, Agrícola y sin uso aparente) (Tabla VIII). Esta zonificación se realizó con la ayuda de un sistema de información geográfica, dando como resultado 21 unidades ambientales, generando el mapa para el ambiente terrestre (Figura 9).

Tabla VIII. Sistema de clasificación del ambiente Terrestre.

AMBIENTE	SISTEMA	SUBSISTEMA I	UNIDAD AMBIENTAL
	Subcuencas Hidrológicas	Delegaciones	Usos de suelo
1. TERRESTRE	1. Arroyo el Zorrillo 2. Arroyo San Antonio 3. Bahía Papalote 4. Barra Arenosa 5. Cañada Cuatro milpas 6. Cañada San Jorge 7. Cañón El Gallo 8. Cerro Trinidad 9. Playa Hermosa 10. Punta Ensenada 11. Punta El Sauzal 12. Río Maneadero	1. Sauzal 2. Ensenada 3. Chapultepec 4. Maneadero	1. Turístico-comercial 2. Industrial 3. Habitacional 4. Agrícola 5. Sin uso aparente

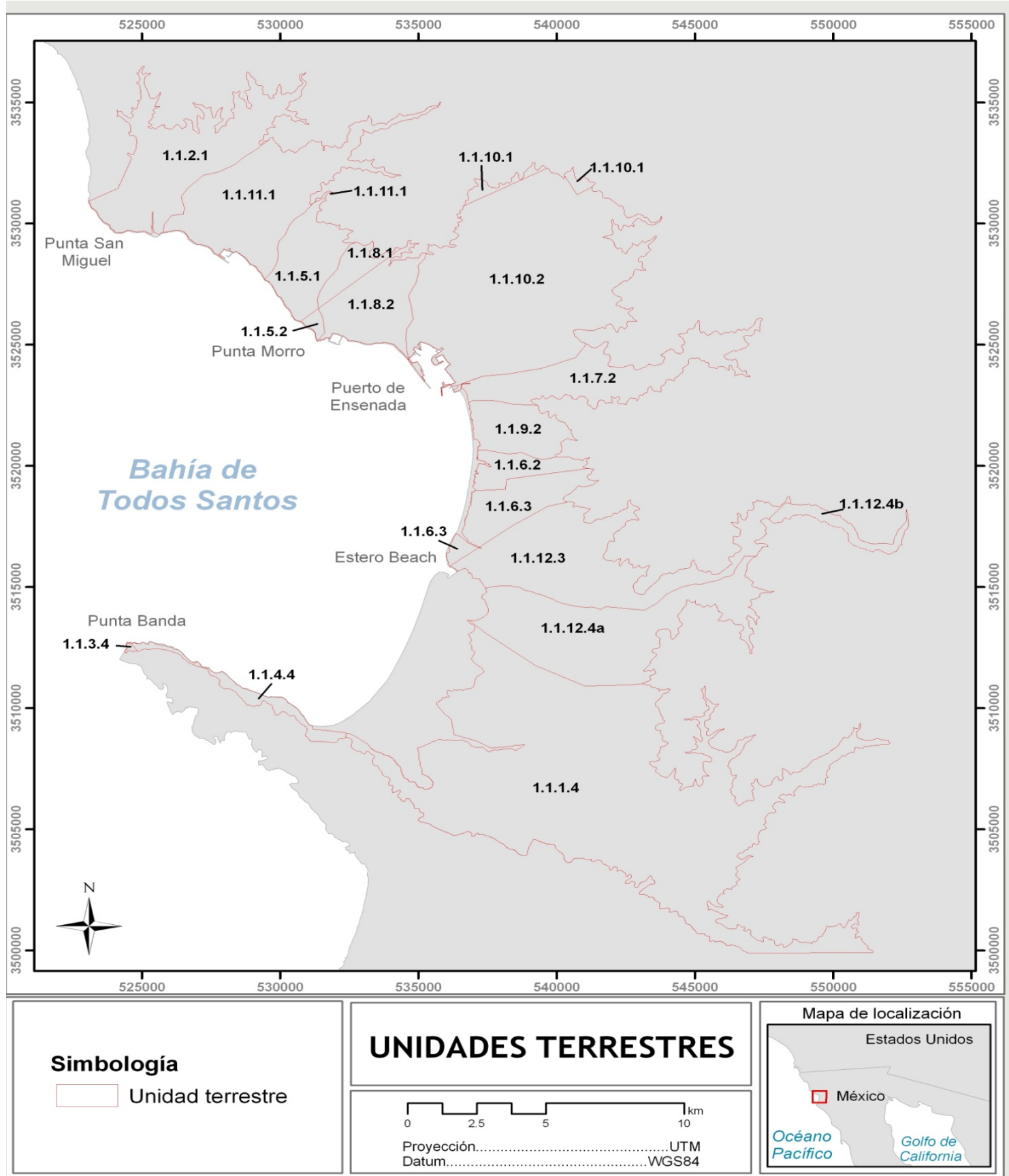


Figura 9. Mapa ambiente terrestre con 21 unidades ambientales.

Los Sistemas de Clasificación se integran a partir de la sobreposición de la cartografía de cada nivel, hasta lograr la conformación de las unidades ambientales de los ambientes terrestre y litoral (Figuras 8 y 9) y (Tablas IX y X).

La zonificación para la zona de la BTS de ambos ambientes (Litoral y Terrestre), se llevó a cabo con el apoyo de SIG. La parte del proceso de zonificación es el inventario, es decir la elaboración de una base de datos a partir de la información cartográfica y no cartográfica disponible para cada una de las unidades ambientales obtenidas (Tablas IX y X). Esta base de datos, contiene la información base, para evaluar posteriormente las unidades ambientales, desde la perspectiva de los indicadores.

V.4 Unidades ambientales

Para cada unidad Ambiental producto de la zonificación del litoral, se asigna un número de la unidad, su clave asignada con base a sus características de zonificación, subcuenca hidrológica y delegaciones procedentes de las cartas de INEGI (1989b), rasgos fisiográficos basados en la geomorfología con base a la presencia y tipo de acantilado y ambientes transicionales, que presenta cada unidad. (Tabla IX) y (Figura 8).

Tabla IX. Unidades Ambientales litorales resultantes de la zonificación del litoral, se incluye la clave de la unidad, subcuenca hidrológica, Acantilado y ambiente Transicionales.

No. de unidad	Clave	Subcuenca Hidrológica	Delegación	Acantilado	Ambiente Transicionales
1	2.2.1.1.9	Arroyo San Antonio	El Sauzal	Acantilado alto	Playa de canto rodado
2	2.2.1.3.3	Arroyo San Antonio	El Sauzal	Sin acantilado	Delta
3	2.11.1.2.10	Punta Sauzal	El Sauzal	Acantilado bajo	Playa con roca fija
4	2.11.1.3.10	Punta Sauzal	El Sauzal	Sin acantilado	playa con roca fija
5	2.4.1.2.11	Cañada Cuatro Milpas	El Sauzal	Acantilado bajo	Playa con roca mixta
6	2.8.2.3.10	Cerro Trinidad	Ensenada	Sin acantilado	playa con roca fija
7	2.8.2.2.11	Cerro Trinidad	Ensenada	Acantilado bajo	Playa con roca mixta
8	2.10.2.3.10	Punta Ensenada	Ensenada	Sin acantilado	Playa con roca fija
9	2.4.4.3.5	Barra Arenosa	Maneadero	Sin acantilado	Estuario
10	2.6.2.3.4	Cañada San Jorge	Ensenada	Sin acantilado	Duna
11	2.4.4.3.2	Barra Arenosa	Maneadero	Sin acantilado	Barra arenosa
12	2.4.4.1.11	Barra Arenosa	Maneadero	Acantilado alto	Playa con roca mixta
13	2.4.2.2.11	Cañada Cuatro Milpas	Ensenada	Acantilado bajo	Playa con roca mixta
14	2.6.3.3.4	Cañada San Jorge	Chapultepec	Sin acantilado	Duna
15	2.2.1.2.10	Arroyo San Antonio	El Sauzal	Acantilado bajo	Playa con roca fija
16	2.11.1.2.11	Punta Sauzal	El Sauzal	Acantilado bajo	Playa con roca mixta
17	2.8.2.2.11	Cerro Trinidad	Ensenada	Acantilado bajo	Playa con roca mixta
18	2.8.2.3.10	Cerro Trinidad	Ensenada	Sin acantilado	Playa con roca fija
19	2.7.2.3.10	Cañón El Gallo	Ensenada	Sin acantilado	Playa con roca fija
20	2.7.2.3.8	Cañón El Gallo	Ensenada	Sin acantilado	Playa con arena
21	2.9.2.3.8	Playa hermosa	Ensenada	Sin acantilado	Playa con arena
22	2.1.4.3.3	Arroyo El Zorrillo	Maneadero	Sin acantilado	Delta
23	2.7.2.3.1	Cañón El Gallo	Ensenada	Sin acantilado	Arroyo
24	2.6.3.3.8	Cañada San Jorge	Chapultepec	Sin acantilado	Playa con arena
25	2.6.3.3.1	Cañada San Jorge	Chapultepec	Sin acantilado	Arroyo
26	2.6.2.3.6	Cañada San Jorge	Ensenada	Sin acantilado	Laguna
27	2.9.2.3.4	Playa Hermosa	Ensenada	Sin acantilado	Duna
28	2.4.4.3.4	Barra arenosa	Maneadero	Sin acantilado	Duna
29	2.4.4.3.7	Barra arenosa	Maneadero	Sin acantilado	Marisma

Las Unidades Ambientales en la zonificación del terrestre, se establece, el número de la unidad, su clave asignada con base a sus características de zonificación, subcuenca hidrológica, delegaciones y tipos de uso de suelo presentes en cada unidad, procedentes de las cartas de INEGI (1989b) (Tabla X) y (Figura 9).

Tabla X. Unidades Ambientales terrestres resultantes de la zonificación terrestre, se incluye la clave de la unidad, subcuenca hidrológica, uso de suelo.

No. de unidad	Clave	Subcuenca Hidrológica	Delegación	Uso de suelo
1	1.1.11.1	Punta Sauzal	El Sauzal	Turístico-comercial, Industrial, Habitacional, Agrícola y sin Uso aparente
2	11.4.4	Barra Arenosa	Maneadero	Turístico-comercial, Habitacional y sin Uso aparente
3	11.1.4	Arroyo El Zorrillo	Maneadero	Turístico-comercial, Habitacional, Agrícola y sin Uso aparente
4	11.6.3	Cañada San Jorge	Chapultepec	Turístico-comercial, Habitacional y sin Uso aparente
5	11.12.3	Rio Maneadero	Chapultepec	Turístico-comercial, Industrial, Habitacional, Agrícola y sin Uso aparente
6	11.6.3	Cañada San Jorge	Chapultepec	Industrial, Habitacional y sin Uso aparente
7	11.9.2	Playa hermosa	Ensenada	Turístico-comercial, Industrial, Habitacional y sin Uso aparente
8	11.7.2	Canon El Gallo	Ensenada	Turístico-comercial, Industrial, Habitacional y sin Uso aparente
9	11.10.2	Punta Ensenada	Ensenada	Turístico-comercial, Industrial, Habitacional y sin Uso aparente
10	11.8.2	Cerro Trinidad	Ensenada	Turístico-comercial, Industrial, Habitacional y sin Uso aparente
11	11.11.1	Punta Sauzal	El Sauzal	Sin Uso aparente
12	11.5.1	Cañada Cuatro Milpas	El Sauzal	Turístico-comercial, Industrial, Habitacional y sin Uso aparente
13	11.2.1	Arroyo San Antonio	El Sauzal	Turístico-comercial, Industrial, Habitacional, Agrícola y sin Uso aparente
14	11.3.4	Bahía Papalote	Maneadero	Turístico-comercial y sin Uso aparente
15	11.8.1	Cerro Trinidad	El Sauzal	Sin Uso aparente
16	11.5.2	Cañada Cuatro Milpas	Ensenada	Turístico-comercial, Habitacional y sin Uso aparente
17	1.1.10.1	Punta Ensenada	El Sauzal	Sin Uso aparente
18	11.10.1	Punta Ensenada	El Sauzal	Sin Uso aparente
19	11.6.2	Cañada San Jorge	Ensenada	Industrial, Habitacional, y sin Uso aparente
20	11.12.4 ^a	Rio Maneadero	Maneadero	Habitacional, Agrícola y sin Uso aparente
21	11.12.4b	Rio Maneadero	Maneadero	Sin Uso aparente

V.5 Selección de Indicadores Ambientales

Los indicadores que se eligieron para evaluar el índice de presión en el ambiente terrestre fueron los indicadores de usos de suelo con valores de peso el Turístico-comercial, industrial, habitacional, agrícola y sin uso aparente. Para evaluar el índice de fragilidad se eligieron indicadores de tipos de vegetación y tipos geomorfológicos (Tabla XI).

Tabla XI. Indicadores Ambientales seleccionados para la designación de zonas con potencial de protección.

Ambiente Terrestre	Ambiente Litoral
Presión	Fragilidad (Estado)
1. Usos de suelo a) Industrial b) Turístico-Comercial c) Habitacional d) Agrícola e) Sin uso aparente	1. Vegetación a) Marisma b) Vegetación de Duna c) Matorral Rosetófilo d) Macroalgas e) Vegetación secundaria o sin uso aparente 2. Geomorfología a) Barra Arenosa b) Laguna y estuarios c) Dunas y playa con arena d) Playa con roca fija y canto rodado e) Deltas y arroyos

Los indicadores de Fragilidad (Estado) y Presión se integran para la obtención de un índice de tipo agregado, que se obtiene de sumar en forma aritmética los índices de Presión y Estado. Según Cendrero-Uceda (1997), los indicadores se integran a su vez, para la obtención de índices agregados que reflejan cualidades complejas del medio y que proporcionan criterios para evaluar la

sustentabilidad de las políticas, planes y actuaciones que afecten al medio y a los recursos naturales.

Los indicadores de Fragilidad y Presión se integran para obtener el índice IACOP el cual refleja la vulnerabilidad de las áreas de zona costera prioritarias de protección. En este caso de estudio, la vulnerabilidad es un índice de tipo agregado, que se obtiene de sumar en forma aritmética los índices de Presión y Fragilidad.

Los indicadores de Fragilidad (Tabla XI) nos describirán las condiciones de los ecosistemas y sus recursos. Para construir el modelo en la metodología se plantea dos componentes de fragilidad: uno nos proporciona información acerca del estado de fragilidad de la geomorfología de litoral, por cambios naturales y antrópicos, de acuerdo a sus características físicas y el otro compuesto por los indicadores de fragilidad de vegetación que nos reflejan la calidad ambiental asociada con la diversidad de ecosistemas y de especies en la zona.

Los indicadores de Presión (Tabla XI) se trabajan en torno a las presiones de tipo antropogénico causadas por los tipos de uso de suelo, (habitacional, turístico, comercial, industrial, agrícola, etc).

Los indicadores de respuesta podrían obtenerse con respuestas de los diferentes sectores (Sociedad civil, Turístico, Empresarial, Gubernamental, Educación superior), pero principalmente de los grupos conservacionistas (ONG'S y Asociaciones Civiles).

V.6 Modelo IACOP Propuesto

Selección de Indicadores Ambientales

La elección de los indicadores se llevo a cabo con base a los recursos geomorfológico, botánicos y de tipos de usos de suelo con que cuenta la zona de estudio, por su disponibilidad de datos y de los cuales existe información

actualizada y sistemática. Además por ser indicadores funcionales y que cumplen con los criterios técnicos de acuerdo a INEGI (2010) (Tabla I) y la OCDE (1998).

Los indicadores de presión son los diferentes usos de suelo que la población ejerce en el ambiente terrestre y los indicadores de fragilidad bióticos y abióticos del litoral como son los tipos de vegetación y ambientes geomorfológicos.

La evaluación de estos indicadores de presión y fragilidad y la suma aritmética de estos índices de presión y fragilidad da como resultado el índice de área costera de protección el cual nos refleja las áreas vulnerables prioritarias de protección de la zona a estudiar (Figura 10).

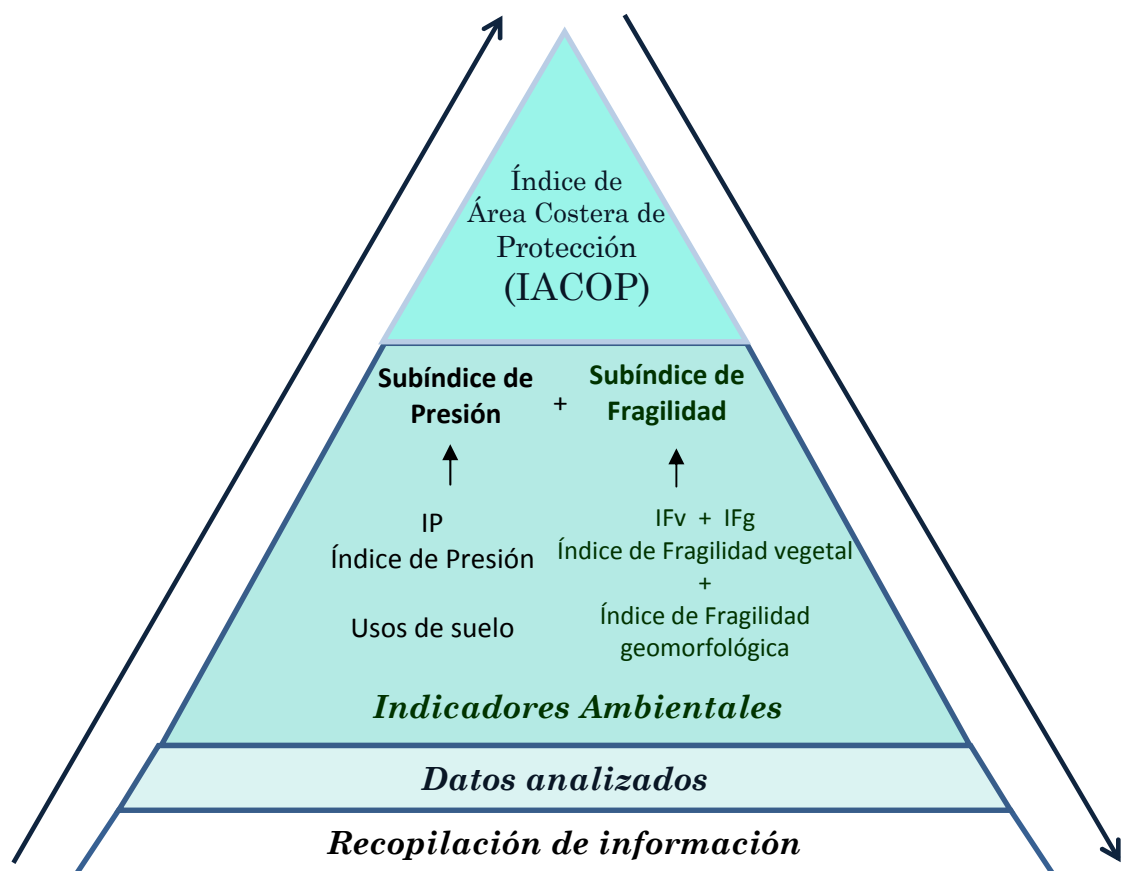


Figura 10. Modelo propuesto para identificar áreas prioritarias de protección costera.

El modelo generado es probado en la zona costera de Bahía de Todos santos, B.C. y los criterios que se consideraron para la selección del sitio son los siguientes:

- De gran importancia regional, por tener un sitio Ramsar en el área de estudio como lo es el Estero de Punta Banda designado a partir del 2 de febrero de 2006. Los sitios Ramsar son refugio de especies amenazadas o en peligro, brindan cobijo a especies endémicas o de distribución restringida, por lo que es necesario fortalecer las acciones de protección y conservación a su interior.
- Por su gran diversidad de ambientes o paisajes, como dunas, barra de arena, marisma, playas, deltas, arroyos y su variedad de tipos de vegetación como halófilas, vegetación de duna, macroalgas, matorral rosetófilo, entre otras.
- Por sus diversas actividades económicas en el área de estudio como turismo, comercio, industria, agricultura, entre otras.

El modelo ecológico desarrollado se obtiene de la combinación de los índices de Presión y Fragilidad (Estado), donde la presión se evalúa por las coberturas de los diferentes usos de suelo en la costa y la fragilidad vegetal y geomorfológica se evalúa con la presencia o ausencia multiplicado por el peso asignado para cada atributo después se hace la suma aritmética de los diferentes tipos de vegetación y ambientes geomorfológicos de cada unidad ambiental.

Este modelo Ecológico IACOP plantea la relación directa que tiene la presión por el tipo de uso de suelo que ejerce sobre el Estado. El Estado como ya se menciono está compuesto por la Fragilidad tanto de la vegetación como de los tipos de ambientes geomorfológicos presentes. Sumando la Presión y el Estado se obtiene la vulnerabilidad de las áreas, entre más alto sea el valor es

más vulnerable la zona y será el criterio para asignar el área prioritaria de protección. Todo esto se sintetiza en el modelo ecológico propuesto:

Índice de Área Costera de Protección (IACOP)

IACOP= Vulnerabilidad

$$\text{IACOP} = \text{IP} + \text{IF}$$

IP= Índice compuesto de Presión

IF= Índice compuesto de Fragilidad

V.7 Evaluación y Aplicación del Modelo IACOP

La evaluación de las unidades ambientales se llevo a cabo tomando en cuenta a los indicadores y la combinación de estos en un modelo ecológico. El modelo IACOP se desarrollo con la ayuda de un SIG.

V.7.1 Índice de Presión

En la evaluación del subíndice de Presión se consideró el índice de Presión compuesto por indicadores de usos de suelo de influencia. Los usos presentes en la zona de estudio son el Industrial, turístico-comercial, Habitacional, Agrícola y sin uso aparente.

$$IP = IPuso$$

Donde IP = Índice de presión y $IPuso$ = Índice de uso de suelo

Entonces:

$$IPuso = (lin*5 + Itc*4 + Iha*3 + Iag*2 + Isua*1)$$

Donde:

lin = Indicador turístico-comercial

Itc = Indicador industrial

Iha = Indicador habitacional

Iag = Indicador agrícola

$Isua$ = Indicador sin uso aparente

A cada tipo de uso de suelo se le asignó un peso según la presión que ejerce sobre la zona de estudio. El peso más alto se le asignó al uso de suelo con mayor influencia de presión sobre la línea de costa y bajando hacia los otros usos, este peso es multiplicado por la cobertura de uso de suelo correspondiente y posteriormente se suman para obtener el índice de presión para cada unidad ambiental terrestre como se muestra en la siguiente tabla XII.

Tabla XII. Criterios de evaluación para el índice de uso de suelo e índice de Presión.

IP =Índice de Presión	MUY ALTA	ALTA	MEDIA	BAJA	MUY BAJA
Índice de uso de suelo $IPuso$	lin = Peso 5 Indicador Industrial	Itc = Peso 4 Indicador Turístico-comercial	Iha = Peso 3 Indicador Habitacional	Iag = Peso 2 Indicador Agrícola	$Isua$ = Peso 1 Indicador Sin uso aparente

Cada unidad ambiental terrestre fue evaluada para observar la presión que ejerce los usos de suelo sobre el litoral.

La base de datos del índice de Presión (Tabla XIII) compuesto por el índice de uso de suelo el cual se obtuvo a partir del indicador: porcentajes de cobertura

de cada uso de suelo presente en cada unidad ambiental. Cada uso de suelo se le asignó un peso el cual se multiplicó por cada porcentaje de cobertura de tipo de uso de suelo, después se sumaron todos los resultados obtenidos por cada unidad ambiental. Por último cada valor se normalizó para dar seguimiento al grado de presión representada en rangos de clases en cada unidad ambiental que le corresponde.

Tabla XIII. Valores obtenidos en las unidades ambientales terrestres para el índice de Presión, compuesto de tipos de uso de suelo.

Clave	Industria I % *5	Turístico- Comercial % * 4	Habitacional % * 3	Agrícola % * 2	Sin uso aparente % * 1	Suma IPUSO	IPUSO=IP Normalizado	CLASES
1.1.11.1	33.27	2.56	36.13	12.44	74.44	158.85	0.365	Bajo
1.1.4.4	0.00	146.39	54.90	0.00	45.10	246.39	0.909	Muy Alto
1.1.1.4	0.00	0.45	29.06	8.05	86.18	123.73	0.147	Muy Bajo
1.1.6.3	0.00	43.68	192.47	0.00	24.92	261.07	1.000	Muy Alto
1.1.12.3	0.44	1.75	111.78	22.69	50.87	187.52	0.543	Medio
1.1.6.3	28.38	0.00	80.04	0.00	67.64	176.07	0.472	Medio
1.1.9.2	8.69	8.85	149.63	0.00	46.17	213.35	0.704	Alto
1.1.7.2	34.83	1.58	86.17	0.00	63.92	186.49	0.537	Medio
1.10.2	2.04	4.51	181.57	0.00	37.94	226.06	0.783	Alto
1.1.8.2	2.57	8.69	128.12	0.00	54.61	193.99	0.583	Medio
1.1.11.1	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	0.000	Muy Bajo
1.1.5.1	8.73	4.99	31.44	0.00	86.52	131.69	0.197	Muy Bajo
1.1.2.1	1.27	1.42	2.56	4.46	96.31	106.01	0.037	Muy Bajo
1.1.3.4	0.00	205.14	0.00	0.00	48.72	253.85	0.955	Muy Alto
1.1.8.1	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	0.000	Muy Bajo
1.1.5.2	0.00	72.54	108.80	0.00	45.60	226.94	0.788	Alto
1.1.10.1	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	0.000	Muy Bajo
1.1.10.1	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	0.000	Muy Bajo
1.1.6.2	46.98	0.00	107.10	0.00	54.90	208.98	0.677	Alto
1.1.12.4a	0.00	0.00	21.42	100.79	42.46	164.68	0.402	Medio
1.1.12.4b	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	0.000	Muy Bajo

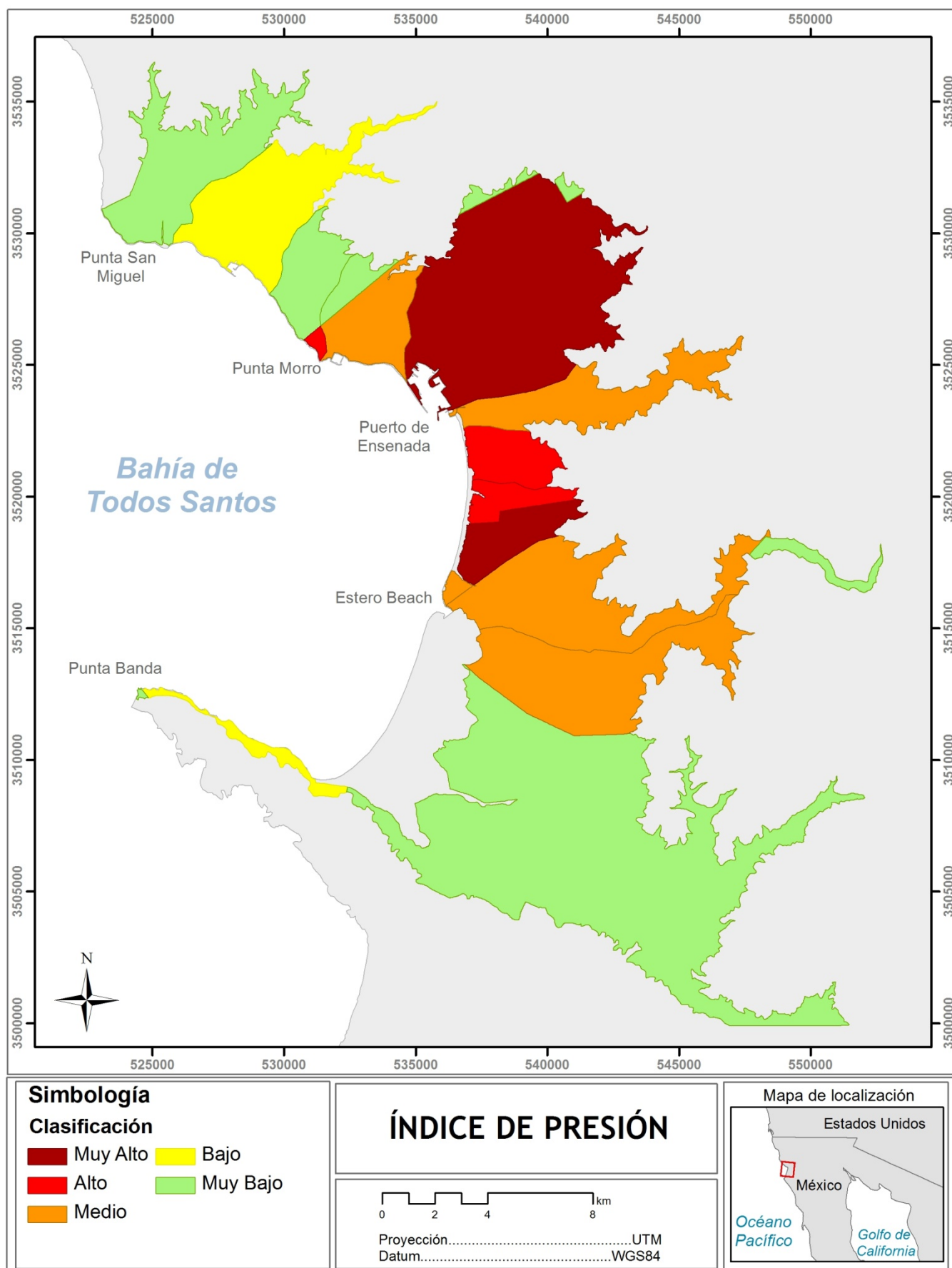


Figura 11. Mapa índice de Presión.

V.7.2 Índice de fragilidad

Para la evaluación del índice de fragilidad se tomaron en cuenta los indicadores de Estado; el indicador de fragilidad de Vegetación más el indicador de fragilidad de geomorfología como se muestra a continuación:

$$IF = IFVe + IFGe$$

IF= Índice de Fragilidad

Donde:

IFVe= Índice de Fragilidad de Vegetación

IFGe= Índice de Fragilidad Geomorfológico

A cada tipo de vegetación y ambientes geomorfológicos se le asignó un peso-según su importancia en la zona litoral de estudio, como se muestra en la siguiente tabla XIV.

Tabla XIV. Criterios de evaluación para el Índice de Fragilidad, Índice de Fragilidad Geomorfológica e Índice de Fragilidad de Vegetación.

<i>IF=Índice de Fragilidad</i>	MUY ALTA	ALTA	MEDIA	BAJA	MUY BAJA
<i>Índice de Fragilidad geomorfológica</i> IFGe Peso:1	Ge1= Peso 5 <i>Estuario, Duna, Barra arenosa</i>	Ge2= Peso 4 <i>Delta, Laguna, arroyo</i>	Ge3= Peso 3 <i>Playa con arena y conto rodado</i>	Ge4= Peso 2 <i>Playa mixta con roca fija y canto rodado</i>	Ge5= Peso 1 <i>Playa con roca fija</i>
<i>Índice de Fragilidad de vegetación</i> IFVe Peso:1	Ve1= Peso 5 <i>Vegetación de marisma</i>	Ve2= Peso 4 <i>Vegetación de Duna</i>	Ve3= Peso 3 <i>Matorral rosetófilo</i>	Ve4= Peso 2 <i>Macroalgas</i>	Ve5= Peso 1 <i>Veg. Secundaria o sin veg. aparente</i>

$$\mathbf{IFGe} = IFGe1*5 + IFGe2*4 + IFGe3*3 + IFGe4*2 + IFGe5*1$$

Donde:

IFGe1= indicador de estuario, duna y barra arenosa

IFGe2 = indicador de delta, laguna y arroyo

IFGe3 = indicador de playa con arena

IFGe4 = indicador de playa con canto rodado y fija

IFGe5= indicador de playa con roca fija

$$\mathbf{IFVe} = IFVe1*5 + IFVe2*4 + IFVe3*3 + IFVe4*2 + IFVe5*1$$

Donde:

IFVe1= indicador de vegetación de marisma

IFVe2= indicador de vegetación de duna

IFVe3= indicador de vegetación de matorral rosetófilo

IFVe4 = indicador de vegetación de macroalgas

IFVe5= indicador de vegetación secundaria o sin vegetación

Las tablas de datos en crudo para cada indicador realizados en EXCEL se unifican para dar resultado final. Estos datos crudos de los indicadores tanto de presión (Tabla XIII) como de fragilidad se observan en las Tablas XV, XVI y XVII.

Cada indicador ambiental tiene un rango de valor centesimal que va desde 0.00 hasta 1.00 el cual proviene de la normalización de los datos crudos. Para obtener el índice de fragilidad de vegetación en el litoral, se evaluó cada unidad ambiental con la presencia de vegetación con un valor de 1 (uno) y la ausencia con un valor de 0 (cero). Posteriormente se multiplicó por el peso que se le dio a cada tipo de vegetación unificando los valores obtenidos y por último se normalizaron los valores para clasificarlos como se mencionó en la tabla IV. Todo lo anterior se resume en la Tabla XV y en la Figura 12.

Tabla XV. Valores obtenidos en las 29 unidades ambientales del litoral de fragilidad de vegetación, con la presencia o ausencia de tipos de vegetación multiplicados por el valor de peso asignado a cada tipo de vegetación.

No. de unidad	Vegetación Marisma Peso 5	Vegetación de Duna Peso 4	Vegetación Matorral Peso 3	Vegetación Macroalgas Peso 2	C/s Vegetación Secundaria Peso 1	Índice Fragilidad (IFVe)	CLASE IFVe
2.2.1.1.9	5	0	0	2	0	0.467	Medio
2.2.1.3.3	0	0	0	0	1	0.067	Muy Bajo
2.11.1.2.10	5	0	0	2	0	0.467	Medio
2.11.1.3.10	0	0	0	2	0	0.133	Muy Bajo
2.4.1.2.11	5	0	0	2	0	0.467	Medio
2.8.2.3.10	0	0	0	2	0	0.133	Muy Bajo
2.8.2.2.11	0	0	0	2	0	0.133	Muy Bajo
2.10.2.3.10	0	0	0	2	1	0.200	Muy Bajo
2.4.4.3.5	5	0	3	2	1	1.000	Muy Alto
2.6.2.3.4	0	4	0	0	1	0.333	Bajo
2.4.4.3.2	0	4	3	2	0	0.933	Muy Alto
2.4.4.1.11	0	4	3	2	1	1.000	Muy Alto
2.4.2.2.11	5	0	0	2	0	0.467	Medio
2.6.3.3.4	0	4	0	0	0	0.267	Bajo
2.2.1.2.10	0	0	0	2	0	0.133	Muy Bajo
2.11.1.2.11	5	0	0	2	0	0.467	Medio
2.8.2.2.11	0	0	0	2	0	0.133	Muy Bajo
2.8.2.3.10	0	0	0	0	1	0.067	Muy Bajo
2.7.2.3.10	0	0	0	0	1	0.067	Muy Bajo
2.7.2.3.8	0	0	0	0	1	0.067	Muy Bajo
2.9.2.3.8	0	0	0	0	1	0.067	Muy Bajo
2.1.4.3.3	5	0	3	0	1	0.867	Muy Alto
2.7.2.3.1	0	0	0	0	1	0.067	Muy Bajo
2.6.3.3.8	0	4	0	0	0	0.267	Bajo
2.6.3.3.1	0	0	0	0	0	0.000	Muy Bajo
2.6.2.3.6	0	4	3	0	1	0.533	Medio
2.9.2.3.4	0	4	0	0	1	0.333	Bajo
2.4.4.3.4	0	4	3	0	0	0.800	Muy Alto
2.4.4.3.7	5	0	3	2	0	0.933	Muy Alto

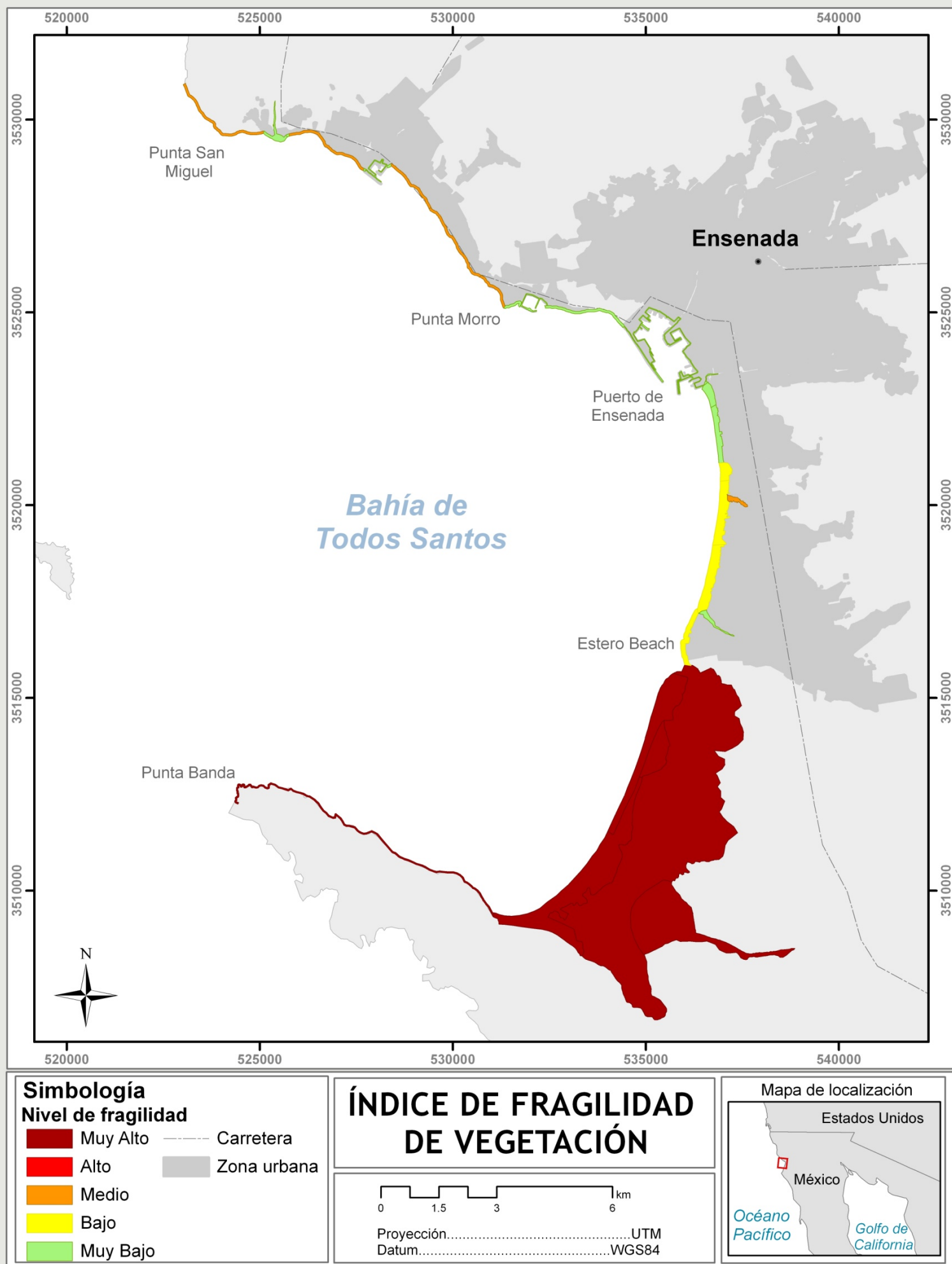


Figura 12. Mapa Índice de Fragilidad de Vegetación.

De igual forma para obtener el índice fragilidad de geomorfología en la ambiente del litoral, se evaluó cada unidad ambiental con los ambientes geomorfológicos presentes, asignando presencia con un valor de 1 (uno) y la ausencia con un valor de 0 (cero). Posteriormente se multiplicó por el peso que se le dio a cada tipo de ambiente geomorfológico unificando los valores obtenidos y por último se normalizaron los valores para clasificarlos como se mencionó en la tabla IV. Todo lo anterior se resume en la tabla XVI y en la figura 13.

Tabla XVI. Valores obtenidos en las 29 unidades ambientales del litoral para el indicador de Fragilidad Geomorfológica. Cada valor esta multiplicado por el valor de peso que se le asignó cada ambiente geomorfológico.

No. de unidad	Estuario, Duna, Barra arenosa Peso 5	Delta, Laguna Arroyo Peso 4	Playa con acantilado alto, Peso 3	Playa con acantilado Bajo, Peso 2	Playa sin acantilado Peso 1	Índice Fragilidad Geomorfológica IFGe	CLASE IFGe
2.2.1.1.9	0	0	3	0	0	0.375	Bajo
2.2.1.3.3	0	4	0	0	0	0.500	Medio
2.11.1.2.10	0	0	0	2	0	0.250	Bajo
2.11.1.3.10	0	0	0	0	0	0.000	Muy Bajo
2.4.1.2.11	0	0	0	2	0	0.250	Bajo
2.8.2.3.10	0	0	0	0	0	0.000	Muy Bajo
2.8.2.2.11	0	0	0	2	0	0.250	Bajo
2.10.2.3.10	0	0	0	0	0	0.000	Muy Bajo
2.4.4.3.5	5	0	0	0	0	0.625	Alto
2.6.2.3.4	5	0	0	0	1	0.750	Alto
2.4.4.3.2	5	0	0	0	0	0.625	Alto
2.4.4.1.11	5	0	3	0	0	1.000	Muy Alto
2.4.2.2.11	0	0	0	2	0	0.250	Bajo
2.6.3.3.4	5	0	0	0	1	0.750	Alto
2.2.1.2.10	0	0	0	2	0	0.250	Bajo
2.11.1.2.11	0	0	0	2	0	0.250	Bajo
2.8.2.2.11	0	0	0	2	0	0.250	Bajo
2.8.2.3.10	0	0	0	0	0	0.000	Muy Bajo
2.7.2.3.10	0	0	0	0	0	0.000	Muy Bajo
2.7.2.3.8	0	0	0	0	1	0.125	Muy Bajo
2.9.2.3.8	0	0	0	0	1	0.125	Muy Bajo
2.1.4.3.3	0	4	0	0	0	0.500	Medio
2.7.2.3.1	0	4	0	0	0	0.500	Medio
2.6.3.3.8	0	0	0	0	1	0.125	Muy Bajo
2.6.3.3.1	0	4	0	0	0	0.500	Medio
2.6.2.3.6	0	4	0	0	0	0.500	Medio
2.9.2.3.4	5	0	0	0	1	0.750	Alto
2.4.4.3.4	5	0	0	0	1	0.750	Alto
2.4.4.3.7	5	0	0	0	0	0.625	Alto

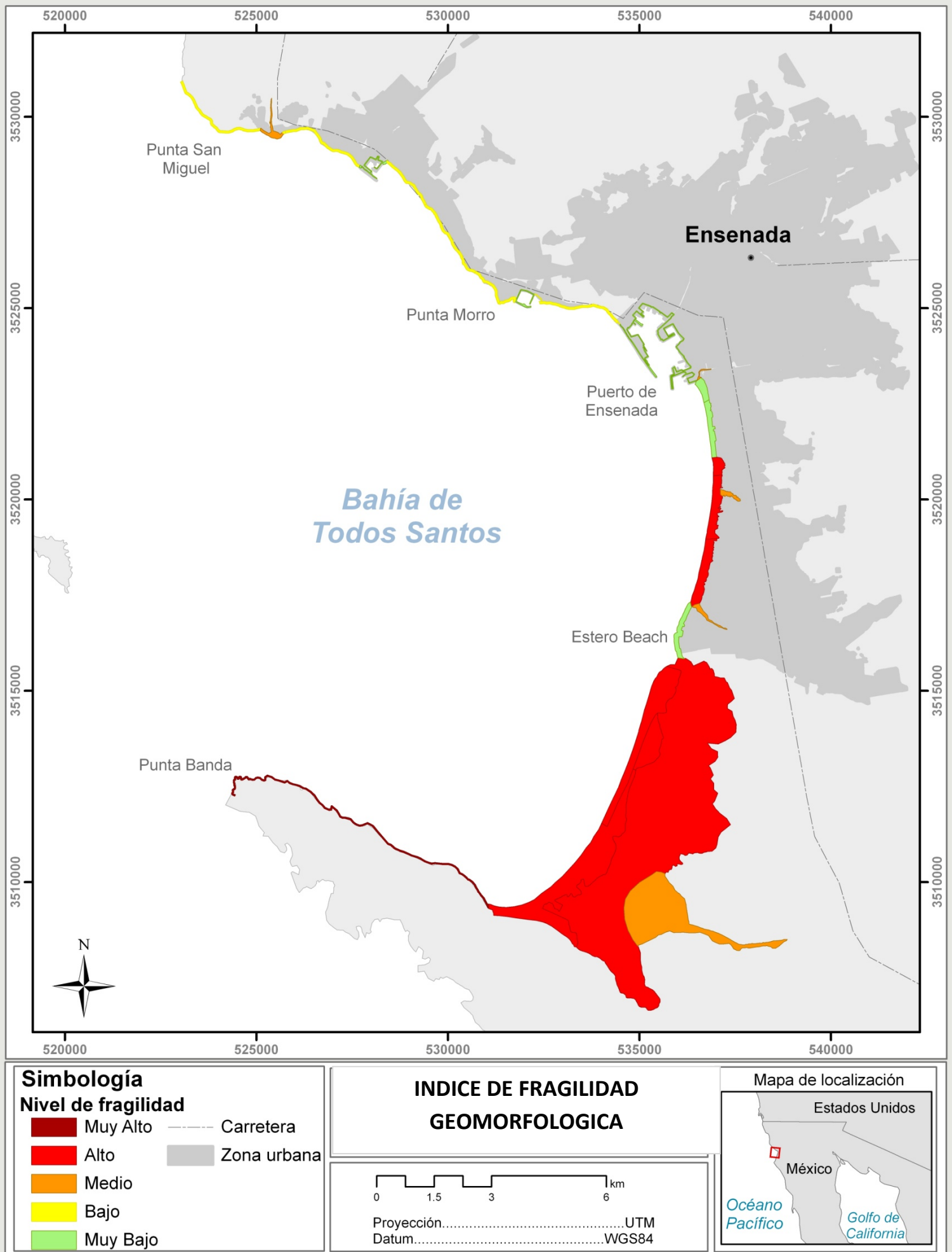


Figura 13. Mapa Índice de Fragilidad de Geomorfología.

Para obtener el Índice de Fragilidad, se unificó los dos índices de fragilidad el de vegetación y el geomorfológico como se muestra en la Tabla XVII y Figura 14.

Tabla XVII. Valores obtenidos en las unidades ambientales para el índice de Fragilidad compuesto por el índice de Fragilidad de Vegetación y Fragilidad de Geomorfología.

<i>No. de unidad</i>	<i>Índice Fragilidad de Vegetación (IFVe)</i>	<i>Índice Fragilidad Geomorfológica (IFGe)</i>	<i>Subíndice de Fragilidad (IF) Normalizado</i>	<i>CLASES IF</i>
2.2.1.1.9	0.467	0.375	0.401	Medio
2.2.1.3.3	0.067	0.500	0.259	Bajo
2.11.1.2.10	0.467	0.250	0.336	Bajo
2.11.1.3.10	0.133	0.000	0.034	Muy Bajo
2.4.1.2.11	0.467	0.250	0.336	Bajo
2.8.2.3.10	0.133	0.000	0.034	Muy Bajo
2.8.2.2.11	0.133	0.250	0.164	Muy Bajo
2.10.2.3.10	0.200	0.000	0.069	Muy Bajo
2.4.4.3.5	1.000	0.625	0.806	Muy Alto
2.6.2.3.4	0.333	0.750	0.526	Medio
2.4.4.3.2	0.933	0.625	0.772	Alto
2.4.4.1.11	1.000	1.000	1.000	Muy Alto
2.4.2.2.11	0.467	0.250	0.336	Bajo
2.6.3.3.4	0.267	0.750	0.491	Medio
2.2.1.2.10	0.133	0.250	0.164	Muy Bajo
2.11.1.2.11	0.467	0.250	0.336	Bajo
2.8.2.2.11	0.133	0.250	0.164	Muy Bajo
2.8.2.3.10	0.067	0.000	0.000	Muy Bajo
2.7.2.3.10	0.067	0.000	0.000	Muy Bajo
2.7.2.3.8	0.067	0.125	0.065	Muy Bajo
2.9.2.3.8	0.067	0.125	0.065	Muy Bajo
2.1.4.3.3	0.867	0.500	0.672	Alto
2.7.2.3.1	0.067	0.500	0.259	Bajo
2.6.3.3.8	0.267	0.125	0.168	Muy Bajo
2.6.3.3.1	0.000	0.500	0.224	Bajo
2.6.2.3.6	0.533	0.500	0.500	Medio
2.9.2.3.4	0.333	0.750	0.526	Medio
2.4.4.3.4	0.800	0.750	0.767	Alto
2.4.4.3.7	0.933	0.625	0.772	Alto

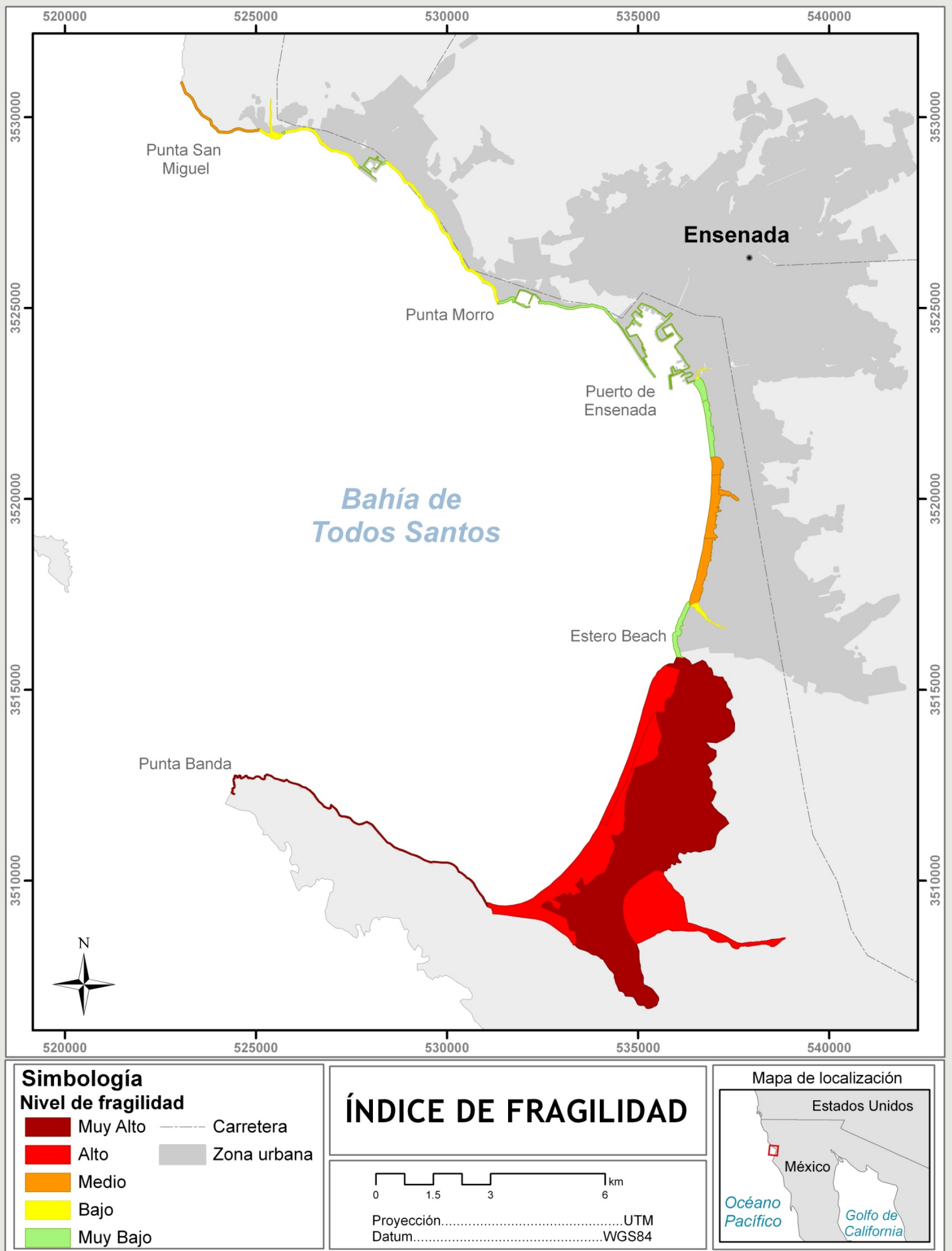


Figura 14. Mapa índice de Fragilidad (IF).

Para poder sumar el índice de Fragilidad con 29 unidades litorales al índice de presión con 21 unidades terrestres se tuvo que pasar el valor de presión a las unidades del ambiente litoral. Los criterios que se tomaron en cuenta para trasladar dichos valores fueron los siguientes: Por ejemplo, la unidad terrestre tiene un valor de presión y colindan en ella 2 unidades litorales entonces el valor de presión será el mismo para ambas unidades del litoral, y si una unidad del litoral colinda con varias unidades terrestres entonces se tomará el valor más alto de presión para la unidad del litoral, como se observa en la Tabla XVIII.

Tabla XVIII. Cambio de valor de presión de unidades terrestres a unidades litorales.

<i>No. de unidad Litoral</i>	<i>No. de unidad terrestre</i>	<i>Índice Presión en unidad terrestre</i>	<i>Índice de Presión en unidad litoral</i>
2.2.1.1.9	1.1.2.1	0.037	0.037
2.2.1.3.3			0.037
2.2.1.2.10			0.037
2.11.1.2.10	1.1.11.1	0.365	0.365
2.11.1.3.10			0.365
2.11.1.2.11			0.365
2.4.1.2.11	1.1.5.1	0.197	0.197
2.4.2.2.11	1.1.5.2	0.788	0.788
2.8.2.3.10	1.1.8.2	0.583	0.583
2.8.2.2.11			0.583
2.8.2.2.11			0.583
2.8.2.3.10			0.583
2.10.2.3.10	1.1.10.2	0.783	0.783
2.7.2.3.10	1.1.7.2	0.537	0.537
2.7.2.3.8			0.537
2.7.2.3.1			0.537
2.9.2.3.8	1.1.9.2	0.704	0.704
2.9.2.3.4			0.704
2.6.2.3.4	1.1.6.2	0.677	0.677
2.6.2.3.6			0.677
2.6.3.3.4	1.1.6.3	1.000	1.000
2.6.3.3.1			1.000
2.4.4.3.5	1.1.12.3	0.543	0.543
	1.1.12.4 ^a	0.402	
	1.1.1.4	0.147	
2.4.4.3.2	1.1.4.4	0.909	0.909
2.1.4.3.3	1.1.1.4	0.147	0.147
2.4.4.3.4	1.1.4.4	0.909	0.909
2.4.4.3.7	1.1.4.4	0.909	0.909
2.4.4.1.11	1.1.3.4	0.955	0.955
	1.1.4.4	0.909	
2.6.3.3.8	1.1.6.3	0.472	0.472

Posteriormente se realizó una matriz de decisión con base a políticas ambientales para el índice de fragilidad y el índice de presión para determinar el IACOP como se resumen en la siguiente Tabla XIX.

Tabla XIX. Matriz de decisión de políticas ambientales para designar los niveles de protección.

FRAGILIDAD	PRESION	IACOP	POLÍTICA AMBIENTAL
ALTA ó MUY ALTA	ALTA ó MUY ALTA	MUY ALTA	<i>Protección prioritaria</i>
ALTA ó MUY ALTA	MEDIA	ALTA	<i>Protección prioritaria</i>
ALTA ó MUY ALTA	BAJA ó MUY BAJA	ALTA	<i>Protección prioritaria</i>
MEDIA	ALTA	MEDIA	<i>Protección/Aprovechamiento</i>
MEDIA	MEDIA	MEDIA	<i>Protección/Aprovechamiento</i>
MEDIA	BAJA	MEDIA	<i>Protección/Aprovechamiento</i>
BAJA ó MUY BAJA	ALTA ó MUY ALTA	BAJA	<i>Aprovechamiento</i>
BAJA ó MUY BAJA	MEDIA	BAJA	<i>Aprovechamiento</i>
BAJA ó MUY BAJA	BAJA ó MUY BAJA	MUY BAJA	<i>Aprovechamiento</i>

Los niveles de protección son básicamente de tres tipos: 1) con tendencia al aprovechamiento, 2) de aprovechamiento y protección y 3) de prioridad de protección como se muestra a continuación en la tabla XX:

Tabla XX. Niveles de protección propuesto para la zona costera de BTS.

Muy Baja	Aprovechamiento. En estos niveles se puede promover la permanencia del uso actual del suelo y/o su cambio en la totalidad de la unidad ambiental donde se aplica. Proviendo la aplicación de programas y actividades encaminadas a recuperar o minimizar, las afectaciones producidas por procesos de degradación en los sistemas incluidos dentro de las unidades ambientales. Por medio de esta política se trata de restablecer las condiciones que propician la evolución y continuidad de los procesos naturales en la unidad para posteriormente asignarla a otro nivel ambiental. (Programas de restauración).
Baja	
Media	Aprovechamiento y protección. Nivel encaminado a la permanencia de los ecosistemas nativos y su utilización, sin que esto implique cambios masivos en el uso del suelo en la unidad ambiental donde se aplique. Este nivel trata de mantener la forma y la función de los ecosistemas y al mismo tiempo utilizar los recursos existentes.
Alta	Protección Prioritaria. Nivel que promueve la permanencia de ecosistemas nativos que por sus atributos de biodiversidad, extensión o particularidad merezcan ser incluidos en sistemas de áreas naturales protegidas en el ámbito federal, estatal o municipal. Para el caso del Estero de Punta Banda, la utilización de los recursos naturales deberá estar sujeta en su caso de tener este nivel, a la normatividad definida en el Programa de Manejo que integre la administración del área protegida.
Muy Alta	

Modificada de Alvarado-Aguilar, 2000.

Los niveles de protección resultantes de la agregación de los índices de fragilidad (IF) e índice de presión (IP) se suman utilizando las políticas ambientales de la tabla XIX para generar las del índice de área costera de protección (IACOP) del Modelo, el cual refleja las áreas con nivel de protección, siendo los niveles alto y muy alto para las áreas con potencial prioritario de protección (tabla XXI) y de esta manera se puede sugerir el área o áreas en el litoral de la zona costera de Ensenada (Figura 15).

Tabla XXI. Valores obtenidos en las unidades ambientales para el IACOP.

<i>No. de unidad Litoral</i>	<i>Índice Fragilidad (IF)</i>	<i>Índice Presión (IP)</i>	<i>NIVEL DE FRAGILIDAD</i>	<i>NIVEL DE PRESION</i>	<i>IACOP</i>
2.2.1.1.9	0.401	0.036	Media	Muy Baja	Media
2.2.1.3.3	0.259	0.036	Baja	Muy Baja	Muy Baja
2.2.1.2.10	0.164	0.036	Muy Baja	Muy Baja	Muy Baja
2.11.1.2.10	0.336	0.365	Baja	Baja	Muy Baja
2.11.1.3.10	0.034	0.365	Muy Baja	Baja	Muy Baja
2.11.1.2.11	0.336	0.365	Baja	Baja	Muy Baja
2.4.1.2.11	0.336	0.197	Baja	Muy Baja	Muy Baja
2.4.2.2.11	0.336	0.766	Baja	Alta	Baja
2.8.2.3.10	0.034	0.567	Muy Baja	Media	Baja
2.8.2.2.11	0.164	0.567	Muy Baja	Media	Baja
2.8.2.2.11	0.164	0.567	Muy Baja	Media	Baja
2.8.2.3.10	0.000	0.567	Muy Baja	Media	Baja
2.10.2.3.10	0.069	1.000	Muy Baja	Muy Alta	Baja
2.7.2.3.10	0.000	0.522	Muy Baja	Media	Baja
2.7.2.3.8	0.065	0.522	Muy Baja	Media	Baja
2.7.2.3.1	0.259	0.522	Baja	Media	Baja
2.9.2.3.8	0.065	0.684	Muy Baja	Alta	Baja
2.9.2.3.4	0.526	0.684	Media	Alta	Media
2.6.2.3.4	0.526	0.658	Media	Alta	Media
2.6.2.3.6	0.500	0.658	Media	Alta	Media
2.6.3.3.4	0.491	0.459	Media	Media	Media
2.6.3.3.1	0.224	0.459	Baja	Media	Baja
2.4.4.3.5	0.806	0.528	Muy Alta	Media	Alta
2.4.4.3.2	0.772	0.314	Alta	Baja	Alta
2.1.4.3.3	0.672	0.143	Alta	Muy Baja	Alta
2.4.4.3.4	0.767	0.314	Alta	Baja	Alta
2.4.4.3.7	0.772	0.314	Alta	Baja	Alta
2.4.4.1.11	1.000	0.314	Muy Alta	Baja	Alta
2.6.3.3.8	0.168	0.973	Muy Baja	Muy Alta	Baja

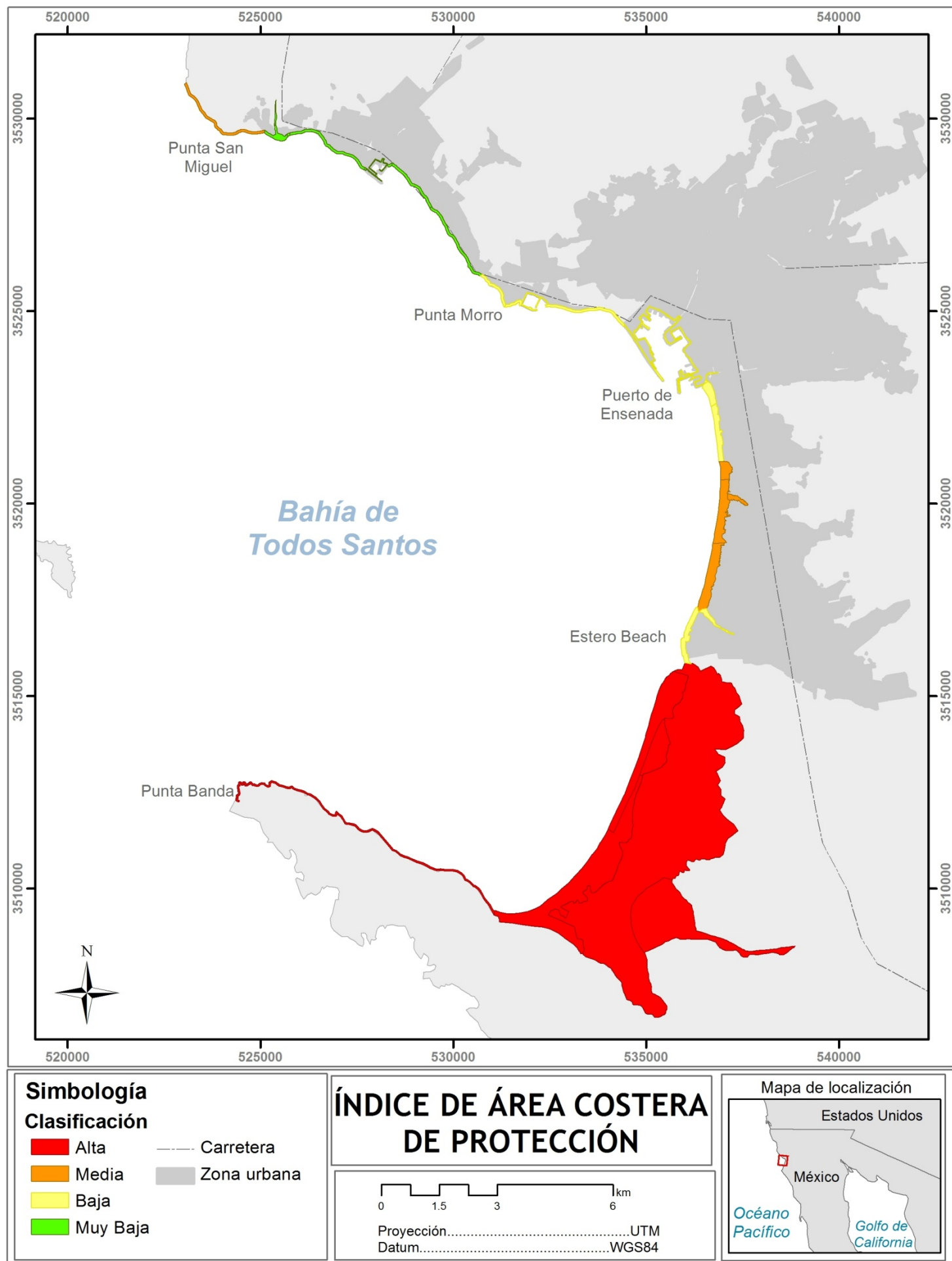


Figura 15. Mapa de índice de área costera de protección (IACOP).

Con base a los resultados obtenidos se designaron las metas de protección a las áreas prioritarias de protección aplicables a la evaluación de las unidades ambientales del litoral.

Las áreas con valores más altos del índice IACOP fueron para las unidades litorales (2.4.4.1.11, 2.4.4.3.2, 2.4.4.3.7, 2.4.4.3.5, 2.4.4.3.4 y 2.6.3.3.4) que están ubicadas con ambientes geomorfológicos de tipo acantilado alto, zona de playa mixta (roca fija y canto rodado), barra arenosa, marisma, estuario, y duna y con vegetación de marisma, duna, matorral rosetófilo y macroalgas.

VI. DISCUSIONES

Indicadores ambientales

En este estudio se utilizaron indicadores ambientales enfocados a conocer la fragilidad con base a tipos de vegetación y ambientes geomorfológicos, la presión con usos de suelo que tienen injerencia en la zona costera y respuestas del área de estudio específicamente a un nivel meso.

Para sugerir que un área tiene potencial de prioritario de protección es necesario identificar y establecer criterios que se deben de cumplir para establecer los posibles niveles de protección.

Los indicadores elegidos para la zona fueron los más básicos, pero estos pueden cambiarse dependiendo de cada zona con los atributos y presiones que tengan.

En este estudio se consideró solo la presencia o ausencia de tipos de vegetación en la unidades ambientales por la falta de información que aunque es una zona donde se han realizado muchos estudios, no hay una base de datos que indiquen las coberturas de vegetación en toda la zona de estudio, en particular las macroalgas presentes en la Bahía de Todos Santos en Baja

California han recibido poca atención, se tienen estudios relacionados con diversidad en algunas zonas de la zona intermareal pero no las coberturas según los trabajos de Aguilar-Rosas (1981, 1982) y Aguilar-Rosas y Bertsch (1983), y sin embargo se puede decir que se obtuvo un buen resultado a ese nivel meso, comparando los resultados con otros trabajos similares en la misma zona, como el de Alvarado (2000), (Escofet, 1992^a y b). Por otro lado, el trabajar con datos más precisos se obtiene un resultado más específico.

El índice de Fragilidad está compuesto por el índice de fragilidad de vegetación y por el índice de fragilidad de ambientes geomorfológicos. La zona que resultó con nivel muy alto de fragilidad de vegetación fue la península de Punta Banda en la unidad ambiental litoral (2.4.4.1.11) y el Estero de Punta Banda en las unidades ambientales litorales (2.4.4.3.2), (2.1.4.3.3), (2.4.4.3.5), (2.4.4.3.7) y (2.4.4.3.4), concuerda con lo que dice Escofet (1992b), ya que es una zona donde existen comunidades y ecotonos de gran importancia como halófitas, matorral rosetófilo y vegetación de duna costera. Y el mismo comportamiento sucedió para el índice de fragilidad geomorfológico y para el índice de Fragilidad.

Los indicadores de los índices de fragilidad tanto de vegetación como geomorfológico se evaluaron con presencia y ausencia en las unidades ambientales, sería más recomendable utilizar coberturas y quizá los resultados podrían ser más precisos. Sin embargo los resultados para designar áreas de prioritarias de protección concuerdan con un sitio Ramsar en el área de estudio como lo es el Estero de Punta Banda designado a partir del 2 de febrero de 2006.

El indicador de Presión está compuesto por usos de suelo que se desarrollan en la zona costera de la BTS. Con un peso (5) para el uso industrial por las descargas de aguas residuales en la costa, seguido por el Turístico comercial con un peso de (4), a pesar de que el uso habitacional es significativo en cuanto a cobertura se le dio un mayor al uso Turístico-comercial debido que la zona costera de la BTS cuenta con un desarrollo importante con diversas actividades que se llevan a cabo desde nado, buceo, pesca, veleo, surf,

senderismo, kayak, club de playa, observación de especies marinas y aves; y que se ejercen sobre el litoral, después por el uso habitacional con un peso de (3) seguido del uso agrícola con un peso (2) por el aporte de agroquímicos cuando llueve por el escurrimiento de aguas superficiales y por último sin uso aparente de peso (1).

Del ambiente terrestre se obtuvieron 21 unidades ambientales donde se evaluó la presión por los usos de suelo, pero para integrar la presión sobre el litoral donde las unidades ambientales fueron 29 se tuvo que poner el valor obtenido de presión de la unidad terrestre a las unidades litorales que colinden con ella como se observa en la Tabla XVIII.

La presión muy alta se registró para la ciudad de Ensenada en la unidad ambiental terrestre 1.1.10.2 colindando con las unidades litorales 2.10.2.3.10 y 2.8.2.3.10; y en la unidad ambiental 1.1.6.3 que colindan con las unidades litorales 2.6.2.3.4 y 2.6.3.3.4 respectivamente ubicadas en la zona de playa linda zonas de gran influencia turístico comercial y de maquiladoras.

De las 21 unidades terrestres 10 registraron niveles medio, alto y muy alto justo en la zona de uso de suelo con más influencia habitacional, industrial y comercial-turístico, donde se encuentra la mancha urbana más densa, disipándose tanto para el extremo de San Miguel como de Punta Banda con presión baja y muy baja.

El indicador de respuesta lo obtuvimos con el resultado de este estudio, sin embargo también se podrían obtener respuestas de los diferentes sectores (Sociedad civil, Turístico, Empresarial, Gubernamental, Educación superior), pero principalmente los grupos conservacionistas (ONG'S y Asociaciones Civiles) quienes estarían encauzando en la protección de las zonas vulnerables ambientalmente.

Con el propósito de proteger la riqueza de los recursos del litoral de la zona costera de la BTS, se llevo a cabo la medición de fragilidad que tiene el litoral de la zona costera contrastándola con la presión que ejerce los usos de suelo

colindante en la costa, donde entre más alta es la vulnerabilidad es más alta la necesidad de protección.

Modelo ecológico IACOP

Es importante la designación de áreas prioritarias de protección de la zona costera para asegurar los recursos naturales en este caso de estudio las zonas con interés prioritario de protección es para el Estero de Punta Banda y la Península de Punta Banda. Es sabido que El Estero de Punta Banda es un sitio Ramsar, el cual es refugio de especies amenazadas o en peligro, brinda cobijo a especies endémicas o de distribución restringida, por lo que es necesario fortalecer las acciones de protección y conservación a su interior.

Debido a la importancia de estas zonas podría ser viable la ejecución del modelo ecológico IACOP basado en indicadores ambientales de fácil evaluación y calibración del modelo ecológico y al mismo tiempo podría ser una herramienta aplicable en planes de manejo y ordenamientos posteriores en su fase de caracterización y diagnóstico aplicable al sector conservacionista.

De la OEA, (1992), Ahumada Cervantes, (2000) y Alvarado, (2000), los resultados del Modelo Ecológico IACOP coinciden con los resultados de acuerdo con obtenidos con otras metodologías, donde determinan para el área del Estero de Punta Banda o Península de Punta Banda con una capacidad alta de protección o con capacidad muy alta del medio.

El modelo ecológico IACOP es un modelo sencillo y fácil de aplicar en otras zonas costeras. Este modelo cuenta con indicadores ambientales de Estado y de Presión con lineamientos sencillos y fáciles de interpretar como lo propone la OECD.

Con este modelo IACOP se podría estar midiendo las tasas de crecimiento de los tipos de usos de suelo con base a las coberturas para seguir evaluando en años posteriores la presión que siguen ejerciendo sobre las zonas de protección.

Los indicadores de respuesta estarían encauzados en la protección de las zonas vulnerables principalmente por el sector de grupos conservacionistas y el resto de sectores de la sociedad como pueden ser el turístico, industrial, comercial, gubernamental, entre otros.

Las áreas con niveles más altos del índice IACOP fueron para las unidades litorales (2.4.4.1.11, 2.4.4.3.2, 2.4.4.3.7, 2.4.4.3.5, 2.4.4.3.4 y 2.6.3.3.4) que están ubicadas con ambientes geomorfológicos y de vegetación con pesos altos (5) en su mayoría por lo que su fragilidad para ambos ambientes fue muy elevado en la zona del Estero de Punta banda y Península de Punta Banda con atributos naturales como barra arenosa, marisma, estuario y duna; y con vegetación de marisma, duna, matorral rosetófilo y macroalgas.

Sistema de Información Geográfica.

El Sistema de Información Geográfica por un lado facilitó en gran medida el proceso de zonificación y la aplicación y desarrollo del modelo ecológico IACOP, tanto en la evaluación para calibrar el modelo tantas veces fuera necesario de manera sencilla y práctica, y por otro lado este SIG se podría seguir utilizando en un futuro actualizando la base de datos de forma sistematizada, fácil y rápida. Hay que recordar que el medio ambiente sigue en constante cambio en el tiempo por los cambios de uso de suelo, los cuales desatan en cadena cambios tanto en la vegetación como de los ambientes geomorfológicos. Estos cambios podrán ser actualizados en la base de datos para su reevaluación, es por eso la importancia de generar un SIG en este tipo de estudios. Así como Bermúdez Zavala (2004) utilizó sistemas de información geográfica y percepción remota para identificar los cambios de uso de suelo en la zona costera de Playas de Rosarito de 1993 al 2002 y en función de sus resultados predecir el posible escenario al 2012 de entre lo que destaca un cambio de uso de suelo de 52 % en sitios naturales sin vegetación actual y un 39 % en sitios naturales con vegetación actual; con un incremento en los usos comerciales de 33% y urbanos 25%. Con esta herramienta nos ayudará a comprobar escenarios actuales que se predijeron y para poder seguir tomando

medidas de protección ya que daría la oportunidad de comprobar la información que se sugirió años atrás, y también seguir actualizando los datos.

Y si la tendencia de incremento de los usos de suelo por comercio y urbanización en zonas de sitios con vegetación como lo predijo Bermúdez Zavala (2004) para las Playas de Rosarito es similar a lo que pudiera estar ocurriendo en nuestra zona de estudio, con mayor razón tendríamos que monitorear la fragilidad de nuestros recursos naturales.

VII. CONCLUSIONES

Los indicadores ambientales de Presión y Estado se pudieron seleccionar de acuerdo a las características propias de la zona costera, y los datos obtenidos nos muestran las zonas prioritarias de protección.

Los indicadores ambientales seleccionados en este trabajo nos permiten evaluar las unidades ambientales con potencial de protección de acuerdo a la fragilidad de ambientes geomorfológicos y vegetativos y la presión que ejerce las coberturas de usos de suelo sobre el ambiente litoral.

El diseño del modelo ecológico IACOP permite evaluar la zona costera a partir de atributos conocidos y de fácil obtención y de elementos de importancia ecológica.

El modelo ecológico IACOP desarrollado, podrá ser utilizado en cualquier zona costera con sus propios elementos de importancia relativa de estado y presión propios a la zona.

Este modelo ecológico IACOP puede ser una herramienta para planes de manejo de la zona costera en la fase del nivel de permanencia de ecosistemas nativos que por sus atributos de biodiversidad, extensión o particularidad

merezcan ser incluidos en sistemas de áreas naturales protegidas en el ámbito federal, estatal o municipal.

Para las otras fases de niveles de protección en la zona costera deben considerar la protección de los recursos naturales pero que sean aprovechados de forma sustentable por la sociedad, un ejemplo de ello es realizar proyectos de protección sobre todo en la zona de vulnerabilidad media.

Las áreas prioritarias de protección costera en este estudio es en la zona costera de la Península de Punta Banda, y el Estero de Punta Banda que combina una fragilidad del estado muy alto y presión alto.

Este modelo permite la integración de criterios de sustentabilidad de los recursos costeros de los diferentes sectores involucrados en la zona.

El modelo IACOP identifica las áreas de ecosistemas prioritarios de protección, el cual nos permite tomar acciones inmediatas de protección de especies, habitats y ambientes geomorfológicos.

El modelo IACOP permite tomar acciones de planeación e investigación que se requieren realizar en etapas subsecuentes del proceso y que permitirán generar los elementos necesarios para el diseño e implementación de estrategias más particulares para la atención y prevención de los conflictos ambientales en las zonas prioritarias de protección.

La base de datos automatizada es de suma importancia en el modelo ecológico IACOP, al permitir los datos llevan una continuidad, agregación de información constante que permite estar calibrando el modelo.

También es de gran importancia el Sistema de información Geográfica porque nos facilita plasmar la información procesada de una manera sencilla y eficaz para la toma de decisiones.

VIII. RECOMENDACIONES

Es recomendable hacer la consulta a expertos a diferentes sectores de la zona como gubernamental, turístico, sobretodo conservacionista, para tener diferentes acuerdos para calibrar el modelo con referente al peso-valor que se asignaron a los diferentes indicadores para los índices de fragilidad vegetal y geomorfológicos, ya que en este trabajo solo se consideró al sector académico y esto pudo haber sesgado el resultado.

Se puede sugerir que los indicadores de estado de vegetación y ambientes transicionales sean con base a coberturas y quizá el resultado puede ser más definido.

IX. BIBLIOGRAFIA

- Aguilar-Rosas R, L. E. Aguilar-Rosas, G E. Ávila-Serrano, O González - Yajimovich y F. Becerril-Bobadilla., 2010. Macroalgas submareales de la bahía de Todos Santos, Baja California, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 81: 601 – 618.
- Alvarado-Aguilar D., 2000. Definición de Áreas con Potencial de Conservación a partir de Indicadores Ambientales. Caso de estudio: Región Península de Punta Banda, B.C. México. Tesis de Maestría, Facultad de Ciencias Marinas,-Universidad Autónoma de Baja California, Ensenada B. C.
- Ames-Sigala L.M., 1985. Distribución de los Ambientes Sedimentarios en el Estero de Punta Banda, Baja California, México. Tesis Profesional, ESCM-UABC, Ensenada B. C.
- Ahumada-Cervantes, B., 2000. Indices Ecológicos para la Evaluación y la Gestión Ambiental: Aplicación en un Estudio de Caso (Punta Banda, Ensenada, Baja California, México). Tesis Maestría. Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma de Baja California, Ensenada, B.C. México.
- Arriaga-Cabrera L., E. Vázquez-Domínguez, J. González-Cano, R. Jiménez-Rosenberg, E. Muñoz-López, y V. Aguilar-Sierra, 1998. Regiones Prioritarias Marinas de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México.
- Bale B. Jack and Minch John A., 1972. Coastal and Shore Landforms of Baja California del Norte, México. Office of Naval Research, University of California, Riverside, CA.

- Barragán-Muñoz, 2003. Medio ambiente y desarrollo en áreas litorales: Introducción a la planificación y gestión integradas. Universidad de Cádiz, España, 300 pp.
- Bennett-Domínguez J., 1990. Vocación de uso Turístico de la Planicie Costera del Estero de Punta Banda, Baja California. Tesina de Especialidad en Administración de Recursos Marinos, UABC.
- Cendrero-Uceda, A. y J.R. Díaz de Terán. 1987. The environmental Map System of the University of Cantabria, Spain. En: P. Arndt y G. Lüttig (Eds.): Mineral Resource Extraction, Environmental Protection and Land Use Planning in the Industrial and Development Countries. E. Schweizerbart Verlag, Stuttgart, pp. 149-181.
- Cendrero-Uceda, A. and D. Fischer, 1997. A procedure for assessing the environmental quality of coastal areas for planning and management, Journal of Coastal Research, 13(3), 732-744.
- Enciclopedia de los Municipios de México, Estado de Baja California, 2005. Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal, Gobierno del Estado de Baja California. Ensenada.
- Environment Canada, 1996. Canada's National Environmental Indicators series. Environment Canada.
- Edgren, G., 1993. Expected Economic and Demographic Developments in Coastal Zones Worldwide. UNPD, World Coast Conference 1993, Noordwijk, The Netherlands, 1-5 November 1993.
- Escofet A. 1992b. Microregión La Bufadora-Estero de punta Banda: Informe final de conservación. Ensenada, Baja California. 113 pp.

Fermán Almada, J. L., 1994. Programa de manejo Integrado de la Reserva de la Biosfera del Alto Golfo de California y Delta del Río Colorado. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias Marinas, Universidad Autónoma de Baja California. Ensenada B. C. México.

García-Gastélum A., 1997. Clasificación Integral del Litoral Costero de la bahía de Todos Santos, B. C., México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Marinas, Universidad Autónoma de Baja California. Ensenada B. C. México.

García-Gastélum A., 1999. Integración del Concepto de Indicadores Ambientales dentro del marco metodológico de la planeación ambiental: Caso estudio San Quintín, Baja California., México. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias Marinas, Universidad Autónoma de Baja California. Ensenada B. C. México.

Garrido-Cumbrera, M. y López-Lara, E. 2010. Consecuencias del turismo de masas en el litoral de Andalucía (España). Cuaderno Virtual de Turismo [en línea] 2010, vol. 10. Dir URL: <http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=115412537010>.

Gómez-Morín Fuentes L. y J. L. Fermán Almada, 1991. Classification System of Environmental Units for Land Use and Coastal Planning in Baja California, Mexico. Coastal Zone 91. Proc 7th. Symposium on Coastal and Ocean Management. American Society of Civil Engineers (ASCE), New York, N. Y., pp 423-430

Gómez-Morín F. L., 1994. Marco Conceptual y Metodológico para la Planificación ambiental del Desarrollo Costero en México: La Experiencia de Baja California, Tesis de Maestría. UABC. Facultad de Ciencias Marinas, Ensenada B. C.

Greeve, C.A., P.J. Cowell y B.G. Thom. 2000. Application of a Geographical Information System for risk assessment to open ocean beaches:

Colaroy/Narrabeen Beach, Sydney, Australia-An example. *Environmental Geosciences*, 7(3):149-161. En: Mendoza-Ponce, E.T. 2001. Modelo de riesgo a la erosión costera por oleaje de tormenta: caso estudio Playas de Rosarito, Baja California, México. Tesis de maestría, Facultad de Ciencias Marinas, Universidad Autónoma de Baja California, 89 pp.

Hinrichsen, D. 1995. The coastal population explosion. In *Trends and Future challenges for U.S. National Ocean and Coastal Policy*, edited by B. Cicin-Sain, R. Knecht and N. Foster. Washington D.C.: NOAA, CSMP, the Ocean Governance Study,

INEGI, 1989a. Carta Hipsográfica en Relieve. 2ª. Reimpresión. Dirección Nacional de Geografía, INEGI-SPP, México, D.F.

INEGI, 1989b. Atlas Geográfico de Baja California. INEGI-SPP, México, D.F.

INEGI, 2010. XII Censo General de Población y Vivienda para Baja California.

Informe de la situación general en materia de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, 1989-1990.

Kaly U., L. Briguglio, H. McLeod, S. Schmall, C. Pratt, R. Pal, 1999. Environmental Vulnerability Index (EVI) to summarize national environmental vulnerability profiles. South Pacific Applied Geoscience Commission. SOPAC Technical Report 275. Executive Summary. Fiji.

LEEGEPA, 1992. LEY DEL EQUILIBRIO ECOLOGICO Y PROTECCION AL AMBIENTE DEL ESTADO DE BAJA CALIFORNIA, Publicada en el Periódico Oficial No. 6, de fecha 29 de febrero de 1992, Sección I, Tomo XCIX. Capitulo sexto protección del patrimonio natural del municipio.

- Lindsey G., J. Wittman, M. Rummel, 1997. Using Indices in Environmental Planning: Evaluating Policies for Wellfield Protection. *Journal of Environmental Planning and management*, 40(6), 685-703.
- Maclaren, V., 1996. Urban sustainability reporting, *Journal of the American Planning Association*, 62(2), pp. 184-202.
- Martínez-Rochas, I. A., 1991. Estudio de Vocación de Uso de Suelo de una Región de la Bahía de Todos santos, Municipio de Ensenada, B.C. Trabajo Terminal para obtener el diploma de especialidad en Administración de Recursos Marinos. Facultad de Ciencias Marinas. Universidad Autónoma de Baja California. Ensenada B.C. México.
- Nijkamp P. and Rietveld P., 1990. Multicriteria evaluation in Physical Planning. Elsevier Science Publications. Amsterdam, The Netherlands, 219 pp.
- OEA (Organización de Estados Americanos), 1992. Programa de Ordenamiento Ecológico para el Desarrollo Urbano y Turístico de la Microregión de Punta banda-Estero de Punta Banda, B.C. secretaría de Desarrollo Social / Instituto Nacional de Ecología. México, D.F.
- OCDE, 1998. Environmental Indicators = Indicateurs d'environnement. Organisation for Economic Co-operation and Development. Paris. 159 p.
- OECD (Organizacion for Economic Co-operation and Development), 1994. Environmental Indicators – Indicateurs D'environnement. Head of Publications Service OECD. Paris, Francia.
- Ortíz-Lozano, L., A. Granados-Barba, V. Solís-Weiss & M. A. García-Salgado, 2005. Environmental Evaluation and Development Problems of the Mexican Coastal Zone. *Ocean & Coastal Management (UK)*, 48:161-176. ISSN 0964-5691.

Ott, W.R., 1978. Environmental Indices Theory and Practice (Ann Arbor, MI, Ann Arbor Science).

PDUCP-PT 2007-2030, 2010. Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población de Primo Tapia, Playas de Rosarito, B.C. pp49.

POE, 2006. Manual del Proceso de Ordenamiento Ecológico.

Pedroche, F. F., K. M. Dreckemann, A. G. Sentíes y R. Margain-Hernández, 1993. Diversidad algal en México. Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural 44:69-92.

Pethick, J.S. y Crooks, S. 2000. Development of coastal vulnerability index: a geomorphological perspective. Environmental Conservation. Vol. 27, Num. 4, pp 359-367. En: Mendoza-Ponce, E.T. 2001. Modelo de riesgo a la erosión costera por oleaje de tormenta: caso estudio Playas de Rosarito, Baja California, México. Tesis de maestría, Facultad de Ciencias Marinas, Universidad Autónoma de Baja California, 89 pp.

Ramírez-Chávez, E.J. 2010. Estimación de la vulnerabilidad costera ante amenazas hidrometeorológicas de la franja Tijuana-Ensenada, Tesis de maestría en Administración Integral del Ambiente, Centro de Investigación Científica y Educación Superior de Ensenada, 101 pp.

Reglamento para el control de la calidad ambiental del municipio de Ensenada, Baja California, 1999. Publicado en el Periódico Oficial No. 5, de fecha 29 de Enero de 1999, Tomo CVI.

Sañudo Wilhelmy S. y Vargas Flores J. A., 1984. Contaminación fecal en la Bahía de Ensenada Baja California México. Ed. Ciencias Marinas IIO Vol. 10 No. 1 Pp. 7-12.

- Sañudo Wilhelmy S., Rivera Duarte I., Segovia Zavala J., Orozco Borbón V., Delgadillo Hinojosa F. y del Valle Villorín F., 1985. *Reporte Técnico 85-01 Estado Actual de la contaminación marina en la Bahía de Ensenada Baja California, diagnóstico y alternativas para su reducción y control*. UABC-IIO. Pp. 31.
- Secretaría de Marina., 1974. Estudio Geográfico de la región de Ensenada, B.C., Dirección General de Oceanografía y Señalamiento Marítimo, México, D.F. Pp. 465.
- SEDUE (Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología), 1988. Manual de Ordenamiento Ecológico del Territorio. Subsecretaría de Ecología, Dirección General de Normatividad y Regulación Ecológica, México, D.F. 356 pp.
- Seingier-Hourdin G, 1999. Sistematización del proceso de regionalización con un sistema de Información Geográfico (S.I.G) en la región de Punta Banda- El Rosario, Baja California, México. Trabajo terminal para obtener el diploma de especialidad en Administración de Recursos Marinos. Facultad de Ciencias Marinas. Universidad Autónoma de Baja California. Ensenada, B.C. México.
- Seingier G., I. Espejel, J.L. Fermán, y O. Delgado, 2010. Vulnerabilidad de las poblaciones costeras ante la peligrosidad natural, enfoque estatal y municipal. p.669-688. En: E. Rivera-Arriaga, I. Azuz-Adeath, L. Alpuche Gual y G.J. Villalobos-Zapata (eds.). Cambio Climático en México un Enfoque Costero-Marino. Universidad Autónoma de Campeche, Cetys-Universidad, Gobierno del Estado de Campeche. 944 p.
- SEMARNAP. Situación ambiental de la zona costera y marina, en particular de humedales costeros y manglares. Gestión 2000-2006.

Sorensen J.A., S.T. McCreary, y A. Brandani, 1992. Costas: Arreglos Institucionales para Manejar Ambientes y Recursos Costeros. Renewable Resources Information series, Coastal Management Publication No. 1. 1ª. Edición Castellana. National Park Service, U.S. Department of the Interior and USAID. 185 p.

Walz R., 2000. Development of Environmental Indicator Systems: Experiences from Germany. Environmental Management Vol. 25, No. 6, pp. 613-623.

Woodroffe, C. D. y D. M. Kennedy. 2002. Fringing reef growth and morphology: a review. Earth Science Reviews 57:255-277.