



**El Colegio
de la Frontera
Norte**



**ESTIMACIÓN DE LA VULNERABILIDAD COSTERA
ANTE AMENAZAS HIDROMETEOROLÓGICA DE LA
FRANJA TIJUANA-ENSENADA**

Tesis presentada por

Eduardo Juventino Ramírez Chávez

Para obtener el grado de

**MAESTRO EN ADMINISTRACIÓN INTEGRAL
DEL AMBIENTE**

Tijuana, B. C., México
30 de Agosto 2010

CONSTANCIA DE APROBACIÓN

Director de Tesis: _____
Dr. Juan Manuel Rodríguez Esteves

Aprobada por el Jurado Examinador:

1. _____

2. _____

3. _____

Dedicado:

A mis padres que están conmigo todo el tiempo y que me brindan incondicionalmente su amor, cariño apoyo y comprensión. Sin ellos no podría volar tras mis sueños.

A mi hermana por su compañía y preocupación, sé que cuento con ella siempre.

A Daniela por tu apoyo, comprensión y amor. Gracias por escucharme y por tus consejos, por ser parte de mi vida y compartir más de siete años juntos

Agradecimientos

Un agradecimiento especial a mi director de tesis Dr. Juan Manuel Rodríguez Esteves, por su apoyo, observaciones y la confianza depositada en mi investigación, en muchas ocasiones sus orientaciones lograron que siguiera el camino.

Gracias al Dr. Víctor Wong por ayudarme a ser más específico en mi estudio y por la disponibilidad para atenderme

A mis compañeros de maestría Carlos Jacobo, Larissa, Olivia, Italia, Betania, Yecenia, Silvia y Dulce, que nos apoyamos mutuamente en nuestra formación profesional y que ahora pasamos de ser compañeros a ser buenos amigos.

Agradezco a los funcionarios públicos de Protección Civil de Tijuana, Antonio Rosquillas, Julio Cesar Obregón Angulo de Ensenada, al Ocean. Alejandro Rodríguez Guido de SEMARNAT, Ing. Irma Vera de PROFEPA

A El Colegio de la Frontera Norte (El Colef) por haberme recibido y por haber contribuido a mi formación profesional.

Al Centro de Investigación Científica y Educación Superior de Ensenada (CICESE) por contribuir a mi superación.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por cumplir con su misión apoyando a la formación de alumnos de posgrado.

Al actual Instituto de Ciencias Marinas y Pesqueras por forjar las bases de investigador, en especial a los Drs. Javier Bello Pineda, Patricia Arceo Briseño y Leonardo Ortiz Lozano

ÍNDICE

CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN	1
Introducción	1
Justificación	4
Antecedentes	6
Planteamiento del problema	8
Objetivos de la investigación	12
Hipótesis	12
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO	13
El MIZC desde la perspectiva de la vulnerabilidad	19
CAPÍTULO III CONTEXTO DEL TEMA	23
Contexto geográfico	23
Clima	24
Hidrología	24
Flora y fauna	25
Oceanografía general	26
Estructura Sociodemográfica	26
Población	26
Densidad de Población por Unidades de Gestión	27
Población Económicamente Activa (PEA)	28
Principales tipos de amenaza naturales presentes en la zona	29
Geológicos	29
Hidrometeorológicas	29
CAPÍTULO IV METODOLOGÍA	31
Aproximación espacial	32
Trabajo de campo	32
Delimitación del espacio costero-terrestre	34
Cobertura de suelo por microcuencas	36
Modelo de vulnerabilidad costera	38
Identificación de la problemática ambiental y sus causas	44
Caracterización de actores	46
CAPÍTULO V RESULTADOS	47
Valoración preliminar de la vulnerabilidad	47
Microescala	50

Cobertura de suelo por microcuenca 2009 y 1990	53
Caracterización de actores	72
Problemas ambientales y sus causas.....	73
CONCLUSIONES	77
Factores que incrementan la vulnerabilidad	78
Modelo de vulnerabilidad.....	80
Recomendaciones	82
BIBLIOGRAFÍA	83
ANEXOS	90
Anexo i. Índice de fragilidad natural.....	91
Anexo ii. Índice de vulnerabilidad social	92
Anexo iii. Índice presión natural.....	93
Anexo iv. Índice estado natural.....	94
Anexo v. Índice de población.....	95
Anexo vi. Índice amenaza y población	96
Anexo vii. Densidad de población	97
Anexo viii. Numero de eventos	98
Anexo ix. Modelo Digital de Elevación.....	99
Anexo x. Guía de entrevista para funcionarios públicos	100
Anexo xi. Guía de entrevista habitantes locales	101

Índice de figuras

Figura 1.1 Área de estudio.....	12
Figura 2.1 Manejo integral costero y desarrollo costero.....	18
Figura 2.2 Franjas paralelas a la costa.....	22
Fig. 3.1 Promedio anual de lluvias para Tijuana, B. C. México.....	30
Figura 4.1 Subcuencas de la Franja costera Tijuana-Ensenada	35
Figura 4.2 Modelo de vulnerabilidad costera Tijuana-Ensenada.....	39
Figura 4.3 Red causal para identificar problemática ambiental.....	44
Figura 4.4 Ejemplo de redes causales.....	45
Figura 5.1 Cobertura de suelo franja costera Tijuana-Ensenada 1990 y 2009.....	53
Figura 5.2 Microcuenca Playas de Tijuana.....	56
Figura 5.3 Microcuenca San Antonio.....	57
Figura 5.4 San Antonio Sur.....	58
Figura 5.5 Playas de Rosarito.....	59
Figura 5.6 Popotla.....	60
Figura 5.7 Primo Tapia.....	61
Figura 5.8 El Descanso.....	62
Figura 5.9 Microcuenca la Ilusion.....	63
Figura 5.10 Microcuenca LaMisión.....	64
Figura 5.11 Microcuenca LaMisión oeste.....	65
Figura 5.12 Microcuenca LaMisión este.....	66
Figura 5.13 Microcuenca LaMisión sur.....	67
Figura 5.14 Microcuenca La Salina.....	68
Figura 5.15 Microcuenca Salsipuedes.....	69
Figura 5.16. Modelo de vulnerabilidad.....	71

Índice de cuadros

Cuadro 3.1 Densidad de la población.....	28
Cuadro 4.1.Delimitación del espacio costero-terrestre de la franja costera Tijuana-Ensenada.....	36
Cuadro 4.2. Unidades ambientales para la franja costera Tijuana-Ensenada.....	37
Cuadro 4.3.Diagnostico por microcuencas de la franja costera Tijuana-Ensenada.....	37
Cuadro 5.1. Valoración preliminar de la vulnerabilidad en la franja costera Tijuana-Ensenada.....	49
Cuadro 5.2 Clases o unidades ambientales (UA) para La franja costera Tijuana-Ensenada.....	51
Cuadro 5.3. Cobertura de suelo y vegetación 1990.....	51
Cuadro 5.4 Cobertura de suelo y vegetación 2009.....	52
Cuadro 5.5 Resumen Playas de Tijuana.....	56
Cuadro 5.6 Resumen San Antonio.....	57
Cuadro 5.7 Resumen San Antonio Sur.....	58
Cuadro 5.8 Resumen Playas de Rosarito.....	59
Cuadro 5.9 Resumen Popotla.....	60
Cuadro 5.10 Resumen Primo Tapia.....	61
Cuadro 5.11 Resumen El Descanso.....	62
Cuadro 5.12 Resumen La Ilusión.....	63
Cuadro 5.13 Resumen La Misión.....	64
Cuadro 5.14 Resumen La Misión Oeste.....	65
Cuadro 5.15 Resumen La Misión Este.....	66
Cuadro 5.16 Resumen La Misión Sur.....	67
Cuadro 5.17 Resumen La Salina.....	68
Cuadro 5.18 Resumen Salsipuedes.....	69
Cuadro 5.19 Caracterización de actores.....	72
Cuadro 5.20 Problemas ambientales por microcuenca.....	75

Resumen

La zona costera Tijuana-Ensenada presenta un alto valor tanto biológica como económicamente. Esta zona históricamente ha presentado un acelerado incremento en su población y actividades productivas ocasionando modificaciones en su territorio, en muchas ocasiones no tomando en cuenta la vulnerabilidad ante amenazas naturales. Para fines de la presente investigación, se entiende como vulnerabilidad a la incapacidad de un sistema para absorber, mediante su propio ajuste, los efectos de un determinado cambio en el medio. Por lo tanto, la vulnerabilidad costera se calculó a través de un modelo que considera como unidad de análisis las cuencas y microcuencas hidrográficas presentes en el corredor costero Tijuana-Ensenada, con apoyo de imágenes satelitales Landsat 1990 y Spot 2009, datos de población, cobertura de suelo y la frecuencia de eventos hidrometeorológicos extremos para la zona durante el periodo de 1990 a 2009. Entre los principales resultados se tiene que las microcuencas “La Misión oeste” y “La Misión este” son las que presentan mayor vulnerabilidad a fenómenos hidrometeorológicos

Abstract

The Tijuana-Ensenada coastal zone is an area that has a high value both biologically and economically. This area has historically presented a rapid increase in population and productive activities leading to changes in its territory, often without considering vulnerability to natural hazards. In this study we define vulnerability as the incapacity of a system to absorb the effects of a given change in the environment by making its own adjustments. Therefore in the present investigation coastal vulnerability was estimated through a model that took as its unit of analysis of watersheds and micro watersheds present in the Tijuana-Ensenada coastal corridor with support from Spot satellite images from 1990 and 2009, with data population, land cover and frequency of extreme meteorological events to the area during the period 1990-2009. Finding that the micro "Mission West" and "The Mission this" are those that are most vulnerable to hydrometeorological.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Introducción

Cada vez son más las regiones costeras de nuestro planeta que atraen la atención del mundo científico. Esto es debido a su singularidad y complejidad. 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 y la recreación, el transporte, las pesquerías y la acuicultura y agricultura, entre muchas otras actividades posibles (Hinrichsen, 1995). Por ello, más del 53% de la población vive a menos de 200 km de la orilla y esta cifra aumenta exponencialmente (Ortiz Lozano *et al.*, 2005)

Los océanos y la zona costera de México representan sin duda un patrimonio de gran importancia para el desarrollo nacional; sin embargo, al igual que a nivel mundial también existe una situación de deterioro de este medio, en donde desafortunadamente hay pérdida de biodiversidad y de importantes recursos, así como de problemas de contaminación de origen diverso (Díaz de León-Corral *et al.*, 2004). En los mares y costas mexicanos existe una gama de actividades productivas, de transporte, servicio y recreativas, cuya gestión, normatividad y vigilancia compete a distintas instituciones gubernamentales. Al mismo tiempo, existen numerosas actividades realizadas en tierra por diferentes sectores que afectan los ecosistemas de la zona costera de manera cotidiana, por lo que México contempla un impulso en el manejo integral de la zona costera (Díaz de León-Corral *et al.*, 2004).

La franja Tijuana-Ensenada constituye uno de los principales corredores turísticos del estado y de la frontera norte de México, al mismo tiempo presenta un rápido crecimiento habitacional ya sea para la construcción de residencias secundarias o de verano, o por uso recreativo de sus playas y por presentar una puerta de entrada al estado de California, uno de los estados de mayor poderío económico de la unión americana (Bringas, 1997).

Sin embargo dicha urbanización y ocupación utilitaria de los litorales se ha dado de un modo no planificado que contribuye a 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, ocasionando los mal llamados “Desastres naturales” (Rodríguez, 2007). Por lo tanto, no se puede dejar de lado que el medio ambiente y los desastres están íntimamente vinculados entre sí. (Monti y Escofet, 2008).

De esta manera, la degradación de un ambiente dada por la pérdida de cobertura vegetal natural tiene implicaciones en la vulnerabilidad del propio sistema ante amenazas naturales como lluvias extremas, huracanes, tornados, ventiscas, etc. Por lo tanto, la vulnerabilidad aumenta cuando un sitio es naturalmente frágil y se modifica para instalar infraestructura urbana poniendo en riesgo a la población que lo habita.

Lo antes mencionado se complica aún más si se enmarca bajo el contexto del actual cambio climático global, en el cual numerosos factores asociados al calentamiento atmosférico y al ascenso del nivel medio del mar han dado lugar a una intensificación de los fenómenos naturales extremos, que acompañados al cambio de la cobertura de suelo, el constante crecimiento poblacional y la expansión urbana fuera de control, conlleva a la degradación ambiental de las costas¹ (Cabrera *et al.*, 2009; EIRD, 2003).

Se reconoce que el desarrollo de la zona costera necesariamente implica la transformación de la cobertura natural, sin embargo, tiene diferente costo perder un tipo de vegetación que otro por los propios servicios ambientales que llegan a presentar cada tipo de vegetación.

En este sentido resulta fundamental 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). Esta situación geográfica hace que en el país se cuente

¹ La degradación ambiental se entenderá en este documento como: Disminución de la capacidad del ambiente para responder a las necesidades y objetivos sociales y ecológicos

con ecosistemas de gran relevancia como los manglares, sistemas de estuarios, arrecifes coralinos, costas rocosas y playas. La importancia de estos ecosistemas, radica en la riqueza de sus recursos, así como los servicios ambientales que prestan (Cortina *et al.*, 2007).

La vulnerabilidad es un concepto que se enfrenta al reto de desarrollar sus propias definiciones, las cuales deberán ser precisas y concretas (INE, 2000). En este contexto, es inevitable agregar significado al discurso del saber empírico y conectarlo con marcos teóricos más amplios. La innovación de conceptos debe permitir asociar rasgos del mundo natural y social como requisito para la planeación ambiental basada en la vulnerabilidad de la región, que es relativamente poco conocida por la ciencia y cuenta con planes para intensificar su desarrollo (García, 2006).

De esta manera el presente trabajo contribuye a la reducción de la vulnerabilidad. En lo particular, la estimación de la vulnerabilidad costera está basada en un modelo que por medio de indicadores permitió la construcción de índices y cuya apreciación sintética logre facilitar la comprensión para los tomadores de decisiones.

Para una mejor comprensión del trabajo, en esta sección se presenta la justificación, los antecedentes, planteamiento del problema, objetivos e hipótesis, en seguida se encuentra el primer capítulo que señala el marco teórico en el cual se basó la presente investigación, en este apartado se toca el manejo integral de la zona costera y el manejo integral de la zona costera desde la perspectiva de la vulnerabilidad costera. El segundo capítulo, que describe la zona en sus contextos biofísico, socioeconómico y de vulnerabilidad. El tercero presenta la metodología usada. Finalmente en los capítulos cuarto y quinto se presentan los resultados y conclusiones respectivamente.

Justificación

Ante el incremento de asentamientos humanos cercanos a las costas, se aumentada la presión que se ejerce sobre los ecosistemas costeros, reflejándose en las concesiones de los hábitats, el incremento de contaminantes en la zona, la excesiva demanda de recursos costeros y aumento en la pérdida de la biodiversidad, como una consecuencia de los cambios de cobertura y uso de suelo, la deforestación y la fragmentación de los ecosistemas.

Como resultado del cambio climático, en los últimos años se ha presentado un drástico aumento en el número de eventos naturales extremos que han ocasionado muertes de personas, pérdidas materiales asociadas con la destrucción de viviendas e infraestructura, etc. principalmente en países en desarrollo. Entre 1980 y 2000, el 75% de la población mundial ha estado expuesta al menos una vez, a ciertos desastres naturales como terremotos, ciclones, inundaciones o sequías (PNUMA, 2004). La vulnerabilidad asociada con estos eventos de desastre cobra relevancia si se toma en cuenta que el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC por sus siglas en ingles) y la Comisión Intersectorial del Cambio Climático de México estiman que para la región noroeste del país se presentaran lluvias extremas y sequías prolongadas en un contexto de cambio climático para los próximos años (IPCC, 2001). Por lo tanto, es necesario realizar investigaciones donde se propongan estrategias metodológicas que integren la estimación de vulnerabilidad en instrumentos de planeación y ordenamiento del territorio.

La valoración de la vulnerabilidad costera ante amenazas hidrometeorológicas ha estado sujeta a un prolongado e intenso debate, sin alcanzar acuerdos o definiciones únicas². Se cuenta con algunos modelos conceptuales, en situaciones muy puntuales o en procesos muy generales, o modelos que separadamente analizan situaciones sociales o naturales por medio de indicadores específicos para cada área, pero no con la combinación de ambos (Sorensen, Mc Creary, y Brandani, 1992). Por otro lado se han calculado indicadores de

² Entendiéndose como amenaza hidrometeorológica a procesos o fenómenos naturales de tipo atmosférico, hidrológico u oceanográfico que pueden causar lesiones o la pérdida de vidas, daños a la propiedad, la interrupción social y económica o la degradación ambiental

tipo ambiental; es decir que combinan variables naturales y humanas (Villa y McLeod, 2002). Sin embargo, son escasos los modelos propuestos a nivel local y particularmente para países en desarrollo.

Para el caso de México, el gobierno federal considera a la zona costera como una zona prioritaria y orienta su gestión, por lo menos en su discurso, para que se considere de manera integral como un tema de seguridad nacional, que incluya los riesgos naturales y la vulnerabilidad de la población e infraestructura, así como de autosuficiencia alimentaria, manejo sustentable del agua, etc. Por ello, se está impulsando una política ambiental nacional sobre océanos y costas que proporcione bases para un desarrollo sustentable, así como la intención de contar con ordenamientos ecológicos marinos y terrestres que se encuentran dentro de la zona costera (SEMARNAT, 2006).

La complejidad de la zona costera, además de su heterogeneidad paisajística, geomorfológica y climática, implican una serie de factores que conllevan a realizar un análisis a diferentes escalas que permitan definir los componentes y elementos necesarios en un análisis de la zona costera (Escofet, 2004). La franja costera Tijuana-Ensenada no se ve exenta de la problemática descrita anteriormente, es más, dicha franja por encontrarse cerca de los Estados Unidos de América, registra un alto crecimiento urbano y es considerada por algunos estadounidenses del sur de California como destino turístico desarrollando una gran diversidad de actividades, traducándose en presiones demográficas enmarcadas por una alta demanda de la industria inmobiliaria y de construcción en el corredor costero (Bringas, 1997). Estas presiones provocan que no se respeten los usos de suelo designados en los planes y programas de desarrollo urbano y ordenamiento ecológico del territorio, por lo que se ha aumentado la vulnerabilidad en sus diferentes dimensiones (física, ambiental, social, etc., Eguiarte, 2000).

Un elemento importante para el estudio de la zona costera se relaciona con la posibilidad de que sus pobladores se vean afectados por eventos de cambio climático, tanto por el aumento del nivel del mar como por el cambio en el aporte sedimentario de la zona terrestre (que es uno de los principales aportes de material para la formación de playas y dunas),

además de los impactos que se viven por los cambios en la intensidad de eventos meteorológicos extraordinarios en ciudades que se construyen sobre las dunas o en los arroyos que desembocan al mar (Adger, 1996). Para ello será necesario representar el espacio que lo contiene, así como contar con una visión comprehensiva y sinóptica que facilite el entendimiento de los diferentes tipos de problemas que se enfrentan. Ante esto, es primordial elaborar un análisis que permita estimar y asignar valores objetivos a los bienes y servicios que prestan los ecosistemas, como una herramienta en el establecimiento de estrategias para su conservación y desarrollo sustentable.

De ahí que la presente investigación estimo la vulnerabilidad costera ante los fenómenos naturales de origen hidrometeorológico, para identificar los factores de riesgo en los principales ambientes de la zona costera de Tijuana-Ensenada, y establecer mecanismos que se puedan insertar dentro del manejo integral de la zona costera.

Antecedentes

Dentro de los estudios relacionados con la presente tesis se encuentra que para el estero Punta Banda en Baja California se realizó un marco operativo para la aplicación de políticas de protección por medio de la técnica de análisis de amenazas para generar una valoración del área que coincidiera con los criterios del ordenamiento territorial y logrando identificar las redes causales que subyacen a la problemática ambiental del área de estudio (Leyva-Aguilera, Angoa, y Escofet, 1997).

Por su parte Suárez (1998) realizó un análisis de campo de fuerzas (Fisher, 1999) en el área Puerto Nuevo-La Misión del corredor costero Tijuana-Ensenada, con la finalidad de desglosar actores y situaciones relacionadas con la implementación de las políticas de protección, encontrando 11 posibles actores claves para implementar las propuestas de mejora.

Para el caso de Playas de Tijuana se formulan recomendaciones de manejo entre las cuales se encuentran recomendaciones para disminuir su vulnerabilidad, tales como: el reforzamiento o eliminación de las construcciones en mal estado, la aplicación del

reglamento de asentamientos humanos, prohibir las construcciones al borde del cantil y la terraza, aumento en el aporte de sedimentos, limpieza de escombros en las cañadas, entre otras, aunque no se deja pasar por alto que un factor que impide el realizar todas estas adaptaciones es la falta de coordinación entre actores, falta de estudios o poco uso de ellos así como la poca comprensión de procesos costeros son los problemas más serios que se presentan en la zona (Eguiarte, 2000).

En la escala regional, García (García, 2006) 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, y encontró que la mitad de la superficie de la región (49 %) presenta vulnerabilidades, bajas y muy bajas, por otro lado el 27 % de la superficie, tiene una vulnerabilidad alta y muy alta. La cuarta parte de la superficie (23.45%) tiene una vulnerabilidad media proviniendo un contexto significativo y manejable para analizar los cambios pasados y modelar escenarios futuros, sin embargo no se pudo encontrar un análisis más local, en donde la escala y los detalles se vean aumentados y surjan unidades de manejo.

Por otro lado se ha abordado la vulnerabilidad en la Cuenca del Río Tijuana y de las localidades de Tijuana, Tecate y Valle de las Palmas a través de un modelo multicausal del riesgo donde diferentes dimensiones determinan la construcción social del riesgo, las cuales van desde la dimensión socionatural hasta la institucional (Rodríguez, 2007). De la misma forma se destaca que existen diferentes tipos de riesgo que están en función de la densidad demográfica, ambiente natural y a su organización social.

En cuanto a lluvias intensas o extremas se destaca las que sucedieron en el año de 1993 donde el elevado volumen de precipitación de esos días puso de manifiesto la vulnerabilidad de la ciudad ante situaciones de emergencia causadas por fenómenos hidrometeorológico. Preocupados por este contexto, Bocco *et al.* (1993) describen la implantación de un sistema de información geográfica para Tijuana, utilizando técnicas de percepción remota, así como su verificación en la evaluación del impacto de inundaciones

catastróficas sobre la ciudad. Como resultado en este trabajo, se tiene como causas principales para el aumento de la vulnerabilidad: La creación de superficies altamente impermeables, Superficies hidráulicamente suaves, reducción su capacidad de transporte del agua, drenajes que son saturados por sobrepasar su capacidad de descarga y la deforestación a lo largo de toda la cuenca hidráulica.

Cabe mencionar que aunque no se abordara el riesgo asociado a sismos en el presente estudio, se sabe que la ciudad de Tijuana y en general todo la zona de estudio se localiza en una zona tectónicamente activa, ya que se ve influenciada por las fallas Vallecitos, Coronado Banks, Rose Canyon y La Nación, por lo que el riesgo geológico está presente, y está asociado a un conjunto de factores ente los que destacan los lineamientos estructurales como las fallas y fracturas, la pendiente del terreno y tipo de geología (Delgado-Argote *et al.*, 1996). Por ello es importante que se incorpore la variable riesgo en los planes de crecimiento de la ciudad, incluyendo una estimación de la vulnerabilidad ante cualquier tipo de riesgo a una escala regional y así orientar el crecimiento urbano y territorial.

Planteamiento del problema

La franja costera del Pacífico de Baja California se ubica dentro de una zona estratégica para impulsar el desarrollo regional ya que en ella se llevan a cabo actividades turísticas, agrícolas, industriales, portuarias, de pesca y acuicultura, además resulta relevante ya que es un conector con los Estados Unidos de América, específicamente con el estado de California lo que atrae una dimensión binacional y una visión económicamente considerable. Debido a este dinamismo de la zona, se han elaborado diversos instrumentos de planificación de uso del territorio, como lo es el Plan de Desarrollo Estatal 1990-1995, Programa Regional de Desarrollo Urbano del Corredor Tijuana-Rosarito 2000, Programa Regional de Desarrollo Urbano, Turístico y Ecológico del Corredor Costero Tijuana-Ensenada (COCOTREN, 2001), Plan Estatal de Desarrollo 2002-2007, Programa Estatal de Protección al Ambiente de Baja California 2002-2007, Plan Estatal de Desarrollo Urbano 2002-2007 (P. O. E. T. B. C.), y en etapa de elaboración el programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Pacífico Norte (SEMARNAT) entre otros.

En este sentido, en pocos de estos instrumentos se ha abordado el tema de la vulnerabilidad costera de manera particular, por lo que se ha ocasionado que no se tomen las medidas preventivas para evitar futuros desastres, pérdidas de ecosistemas y pérdidas de biodiversidad. Aunado a lo anterior, varios estudios entre los que destacan Gay (2000), Conde (2003), Monteroso y Gómez (2002) y Magaña (2003), han indicado que la región esta propensa a eventos naturales extraordinarios como lluvias torrenciales, sequías, deslizamientos de tierra y aumento del nivel medio del mar, por lo que resulta necesario elaborar estudios para identificar las zonas vulnerables ante amenazas de origen hidrometeorológico, de la zona costera y dejar bases para establecer seguimiento y monitoreo de dichas zonas a lo largo del tiempo.

También se tiene que considerar que entre las zonas más vulnerables a inundaciones se encuentran las cuencas pequeñas de rápidos escurrimientos, principalmente en zonas áridas o semiáridas, en donde hay una combinación de abrupta topografía, poca vegetación y precipitaciones intensas de poca duración (Smith, 2004). Situación similar se presenta en ambientes alterados como valles estrechos y áreas altamente urbanizadas con rápidos escurrimientos.

No se debe pasar por alto que los ecosistemas no son estáticos, que están en un continuo dinamismo y más aún ecosistemas costeros (Walters y Holling, 1990). Sin embargo sus variables cambian lentamente provocando que la estabilización no se de en muchos años, por lo cual, un análisis que comprenda diferentes escalas de trabajo permite que la selección de los indicadores observe los múltiples niveles de complejidad. Ya que en los problemas socioambientales a diferentes escalas de trabajo proveen diferente información (Turner, Gardner, y O'Neill, 2001).

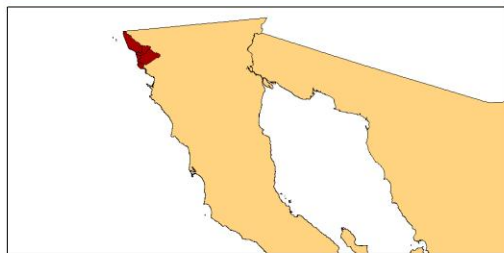
Debido al desarrollo alcanzado en la zona de estudio, se parte del hecho de que la presión demográfica, turística y productiva, han generado diferentes grados de vulnerabilidad ante fenómenos hidrometeorológicos, tales como lluvias extremas (superiores a 2.5 pulgadas o 63 mm cada 24 horas). La presente propuesta está orientada a abordar el tema de vulnerabilidad costera en la franja Tijuana-Ensenada, Baja California, México.

La franja costera de la presente investigación encuentra sus límites en su parte transversal por el Océano Pacífico al oeste y por los parteaguas por el este, en tanto que longitudinalmente esta inicia en el límite internacional entre México y Estados Unidos, y termina en la caseta de peaje de la carretera Escénica Tijuana-Ensenada en la localidad de San Miguel, Ensenada (Fig. 1). En cuanto a la delimitación temporal abarca el periodo 1990-2008, ya que es el intervalo en que se acelera el proceso de urbanización de la zona, y es el periodo al cual pertenecen las imágenes Landsat (1990) y Spot (2009) que permitieron el análisis espacial.

Figura 1.1 Área de estudio



Macrolocalización



Simbología

- Localidad Urbana
- Limite municipal
- Área de estudio

Área de estudio
 Elaborado por: Eduardo Juventino Ramírez Chávez
 Con datos de INEGI, imágenes Landsat 2000 y
 Spot 2009.
 Tesis Maestría en Administración Integral del Ambiente

Metadatos:
 Sistema de coordenadas: GCS WGS 1984;
 Datum Clark 1866; Rejilla 5,000
 Digitalización imagen: CNES 2009 Producida
 PorASERCA
 EL COLEF bajo licencia de Spot Image, S. A.
 SEMAR-SAGARPA-ASERCA-EL COLEF 2010



Fuente: Elaboración propia con datos de CNES 2009 e INEGI 2005

Objetivos de la investigación

Objetivo general

Diseñar un modelo que identifique los ambientes más susceptibles ante fenómenos hidrometeorológicos particularmente lluvias de la franja costera Tijuana-Ensenada.

Objetivos específicos

- Conocer los principales fenómenos naturales que han afectado a la zona
- Identificar los principales cambios de cobertura de suelo
- Determinar las zonas susceptibles de sufrir daños ante fenómenos naturales
- Analizar los problemas ambientales y las causas que lo generan
- Seleccionar los factores que generan la vulnerabilidad ante fenómenos hidrometeorológicos particularmente lluvias
- Identificar actores claves involucrados en la problemática ambiental

Hipótesis

Los cambios de cobertura de suelo provocados por las actividades humanas, principalmente crecimiento de mancha urbana y agricultura, en la zona costera Tijuana-Ensenada están ocasionando un incremento de la vulnerabilidad de los ambientes costeros ante fenómenos naturales de origen hidrometeorológico.

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

Marco Teórico

La zona costera es definida como una franja de tierra firme y espacio oceánico adyacentes que interactúan entre sí, con recursos naturales susceptibles de ser aprovechados y que proporcionan bienes públicos o privados (Sorensen, Mc Creary, y Brandani, 1992). La utilización de los recursos costeros es muy diversificada y adopta múltiples formas que en ciertos casos son complementarios y a veces generadoras de conflictos. Es así que una de las directrices que se plantea el gobierno mexicano se encuentra el ordenar el territorio tanto en su aspecto terrestre como marino, por ello las costas mexicanas toman importancia por su ocupación relativamente reciente (Espejel y Arredondo-García, 2007).

Es incuestionable la importancia ambiental, económica, social, demográfica y política de las zonas costera y marina de México, a simple vista resaltan la intensidad de las actividades pesqueras, turísticas, industriales y comerciales en muchas zonas a lo largo de las costas del país (INE, 2000); Por lo tanto, resulta importante proponer esquemas de análisis y clasificación que faciliten la integración de las características de ambos ambientes: el marino y el terrestre para una mejor gestión de la zona costera. No obstante, actualmente la zona costera mexicana se ve modificada en su línea de costa producto de cambios en el uso de suelo, el crecimiento de la poblacional, incremento de las actividades turísticas, industriales y desarrollos urbanos sin planeación, (Ortiz Lozano *et al.*, 2005).

Puesto que el manejo integrado de la zona costera (MIZC) presenta como meta el mejorar la calidad de vida de las comunidades humanas que usan o dependen de los recursos costeros, manteniendo los servicios ambientales producidos por estos ecosistemas, pero sin dejar de un lado las actividades económicas propias de cada región que lleven a su desarrollo (Cicin-Sain y Knecht, 1999), se hace imperante aplicar este tipo de planeación y manejo ambiental a países como México, que además poseen un extenso litoral y multiplicidad de actividades, por ello la presente investigación se enmarcara bajo el MIZC.

Los esfuerzos pioneros de MIZC datan de los años sesenta cuando, en los Estados Unidos, varios estados conformaron agencias oficiales para enfrentar los complejos problemas

costeros derivados de las presiones del desarrollo. El mayor impulso se alcanza en 1972 con la promulgación del Acta Federal de Manejo de las Zonas Costeras (MZC). Esta Acta proporcionó la estructura administrativa y los fondos e incentivos necesarios para conseguir (bajo concurso) el apoyo del gobierno federal en el planteamiento de programas integrales sobre los usos de tierra y agua de la zona costera, por entonces no bien definida aún. Para 1979, más de dos docenas de los 53 estados y territorios costeros habían aprobado programas de MIZC, cubriendo más del 90 % de la costa de los Estados Unidos (Matuszeski, 1999) Ya a un nivel mundial es para 1992 en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo que recomienda el MIZC como un marco apropiado para responder a los asuntos (mundiales y nacionales) planteados por las relaciones entre la sociedad y los medios marino-costeros. Un dato que complementa más esta recapitulación es el capítulo 17 de la Agenda 21 donde se insta a todas las naciones con litoral a adoptar planes de manejo integrado costero para el año 2000. Se hizo claro entonces que para conservar y proteger los componentes y los procesos costeros, la parte terrestre y la parte marítima deben ser gestionadas conjuntamente, en un único programa, necesariamente con formas innovadoras e integradoras de planificación y gestión (Cabrera *et al.*, 2009).

El MIZC al ser aplicado a varios países y por diferentes autores presenta varias definiciones (UNESCO, 1997; Cicin-Sain y Knecht, 1999; INE, 2000; León y Robles, 2002; Moreno-Casasola, Peresbarbosa, y Travieso-Bello, 2006) pero todas concuerdan en que debe de ser, un proceso dinámico que reúna gobiernos y sociedades, científicos y administradores, intereses públicos y privados y cuyas estrategias de manejo consideran las relaciones existentes entre cada subsistema dentro de una frontera geográfica con límites hacia el mar y hacia tierra.

Como ya se mencionó, el punto neural de esta propuesta teórica se centra en proporcionar bases para ayudar a disminuir la vulnerabilidad costera a través de la sustentabilidad de los paisajes. Para ello, es necesaria una aproximación integrada donde se considere incluir información de los sistemas biofísicos y socioculturales a diferentes escalas, en donde se pueda contemplar las diferentes perspectivas que tienen los distintos encargados de la

administración de la zona costera. Sin embargo y a pesar del carácter incluyente que en teoría debe tener el MIZC, sólo ha sido hasta fechas recientes que las ciencias naturales han tratado de incluir los procesos y fenómenos de estudio de las ciencias sociales e.g. (Turner, Adger, y Lorenzoni, 1998).

De esta manera el MIZC se transforma como una herramienta para la planeación y administración de las costas, pasa a un enfoque de manejo de una zona geográfica establecida, es decir, resume una decisión tomada con base de los aspectos ecológicos, tecnológicos, socioeconómicos, legales, políticos, filosóficos, éticos, y otros valores, según el contexto social y filosófico que se presente (Moreno-Casasola, Peresbarbosa, y Travieso-Bello, 2006).

Cabe mencionar que todo lo anterior centrado en el contexto del actual cambio climático global, cuando numerosos factores asociados al calentamiento atmosférico y al ascenso del nivel medio del mar han dado lugar a una intensificación de los fenómenos naturales extremos y a la degradación ambiental de muchas costas (Cabrera *et al.*, 2009). Por lo tanto, es evidente que, los ecosistemas costeros brindan servicios ambientales fundamentales, incluyendo los relacionados con la protección costera frente a los riesgos naturales ante fenómenos naturales crecientes como las inundaciones, los huracanes, los tsunamis y tormentas, etc. Se explica así los llamados de atención que se han hecho en diferentes partes del mundo (Gay, 2000; Conde, 2003; Magaña, 2003; Monterroso y Gómez, 2002; Cavazos y Rivas, 2004) sobre la necesidad urgente de administrar el “espacio costero” de manera responsable, con inteligencia, prudencia y perspectivas de largo plazo. Los sectores influyentes de la sociedad comenzaron desde hace varias décadas a entender claramente que la zona costera es mucho más que una franja de mar con una línea fronteriza en la tierra, o viceversa (García, 2006).

El uso de un MIZC se justifica en que los asentamientos urbanos en los espacios litorales, usualmente frágiles y pequeños, requiere de enfoques explícitos sobre sus rasgos físicos y sociales. La conservación y uso sostenido de esos espacios demanda la confluencia y

acuerdos de diferentes actores, dentro del proceso dinámico de diagnóstico, monitoreo y ajuste (Barragán, 1997).

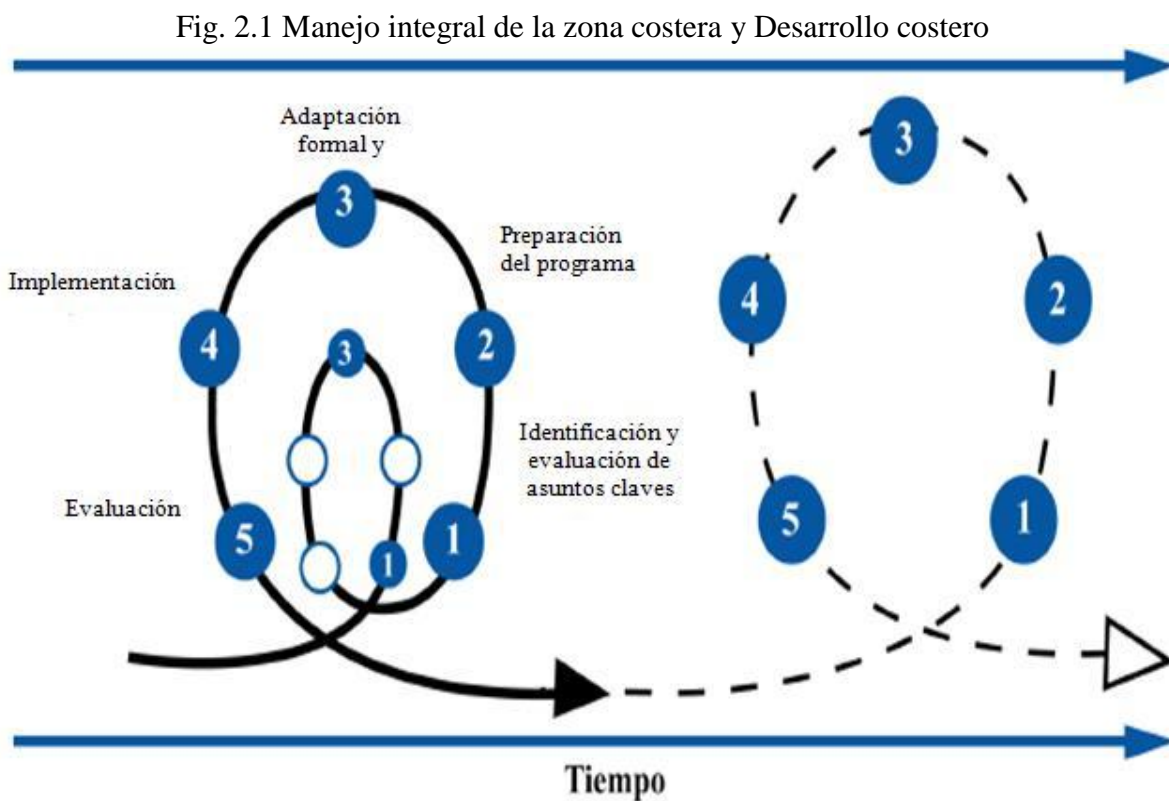
La urbanización y ocupación de los litorales en modo no planificado, sin respetar las normas existentes, el cambio en el uso del suelo, la modificación o destrucción de las protecciones costeras naturales (arrecifes coralinos, pastos marinos, manglares, dunas) puede contravenir la dinámica de los procesos biofísicos, y de este modo degradar los recursos costeros, incrementar la fragilidad natural del territorio que soporta las actividades del medio social y, consecuentemente, potenciar impactos negativos sobre la comunidad y sus bienes (Monti y Escofet, 2008) y (Cabrera *et al.*, 2009). Estas condiciones incrementan el riesgo definido a partir la magnitud, intensidad y frecuencia de fenómenos naturales tanto hidrometeorológicos como geológicos, es decir la amenaza y de aspectos físicos, socioeconómicos y ecológicos que muestran la vulnerabilidad que se tiene ante el mismo (Monti y Escofet, 2008).

Para esta investigación se entiende por riesgo la probabilidad de que se produzcan ciertas consecuencias a raíz de un evento natural o provocado, donde las consecuencias son factor tanto del grado de exposición de los elementos, como de la susceptibilidad de los mismos frente a amenazas (fenómenos naturales hidrometeorológicos o geológicos) (Cardona, 1993). Como vulnerabilidad se entenderá a la incapacidad de un sistema para absorber, mediante su propio ajuste, los efectos de un determinado cambio en el medio (Wilches-Chaux, 1993).

Como parte de la filosofía del manejo integrado costero, la reducción de riesgos y desastres se ha venido constituyendo en un sub-conjunto de elementos y acciones cuyos objetivos son los de prevenir las amenazas, minimizar la vulnerabilidades ante dichas amenazas (mitigar), y avisar y evacuar a la población antes de la ocurrencia de un desastre (alertar). Incluye también el salvar, asistir y defender a la población y a sus bienes (responder), y finalmente, la corrección de los daños (reconstrucción). Por lo tanto, las medidas de prevención, mitigación, alerta, respuesta y reconstrucción deben implementarse todas en un MIZC. Es importante mencionar que para incorporar la reducción de riesgos y desastres al

MIZC, es fundamental realizar ésta planificación y ordenación del territorio buscando no sólo el optimizar la explotación del litoral o la delimitación de las zonas a proteger y la conservación/recuperación, sino también los aspectos que minimicen el riesgo. Definir usos en función de los mapas de riesgos es asumir compromisos de seguridad y sustentabilidad para las comunidades costeras (Cabrera *et al.*, 2009).

La Organización Meteorológica Mundial (OMM) sostiene que, aunque los desastres no pueden evitarse, la evaluación integrada de los riesgos y las alertas tempranas pueden ayudar a mermar sus efectos devastadores (Jarraud, 2006). Es por ello que el abordaje de los riesgos costeros dentro de una estructura MIZC provee el marco apropiado para el desarrollo de las estrategias y programas de gestión de riesgos en los espacios costeros. En un enfoque que permite y auspicia el conocimiento holístico de la zona costera, evitando la aplicación de soluciones puntuales, a menudo con efectos negativos en las áreas adyacentes. La secuencia metodológica clásica (en ciclos, al igual que otras políticas públicas) mediante la cual evoluciona el diseño e implementación del programa MIZC (Figura. 2.1).



Fuente: Cabrera et al. 2000

A modo de conclusión podemos plantear que el MIZC, si bien es una necesidad desde el punto de vista práctico, es también una necesidad que se sustenta en una perspectiva teórica. Una vez que ésta no se interioriza con claridad es importante introducir su comprensión de modo que el manejo no se limite a la integración mecánica de elementos involucrados. Una base teórico errada puede conducir a un estancamiento respecto a los resultados que se esperan del manejo integrado de las áreas costeras o a una solución parcial de los problemas que presente, es por tanto necesario, no sólo introducir el enfoque del MIZC en función de la sustentabilidad de esas zonas al futuro, sino garantizar su desarrollo exitoso transmitiendo también una interpretación teórica adecuada acerca del mismo.

El MIZC desde la perspectiva de la vulnerabilidad

Las zonas costeras son la primera línea de defensa continental contra las amenaza de origen natural. Son zonas de amortiguamiento contra los estragos de los tsunamis, olas embravecidas, inundaciones y la erosión (Isobe, 1998). Por ello, existen dos aspectos funcionales de la relación humana con las zonas costeras: la prestación de servicios ecológicos y la mitigación de los efectos a amenazas hidrometeorológicas y marinas. Donde cada uno de estos aspectos están estrechamente vinculados (Isobe, 1998). En consecuencia, los seres humanos deben controlar y gestionar toda faceta en forma integrada para asegurar que la relación humana con las zonas costeras se mantiene armoniosa.

La Política Ambiental Nacional para el Desarrollo Sustentable de Océanos y Costas (PANDSOC), es la visión integral del sector medio ambiente para el desarrollo de acciones del gobierno que incorporen a la sociedad civil y conduzcan el desarrollo de las costas y océanos del país bajo procesos económicos limpios, en beneficio de las poblaciones humanas que habitan estas regiones (SEMARNAT, 2007). En ella menciona que se tiene que incluir en los procesos de planeación de la zona costera y marina, los compromisos establecidos en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, para reducir su vulnerabilidad, prever desastres y realizar un manejo integrado de riesgos asociados a este fenómeno global.

De esta manera la gestión ambiental puede convertirse en una forma eficaz para reducir los desastres y al mismo tiempo lograr muchos otros objetivos, incluyendo la conservación de la biodiversidad, la mitigación de los cambios ambientales globales adversos y la reducción de la pobreza, no obstante se reconoce la dificultad actual que representa la integración de la gestión ambiental en las políticas de reducción de desastres, especialmente en lo que respecta a la gestión de recursos hídricos para reducir el riesgo de inundaciones (ONU, EIRD, y Geneva, 2004). Por ello, rara vez se promueven actividades ambientales que reduzcan la vulnerabilidad en las estrategias para la reducción de desastres y, por lo general cuando se presentan, sólo son un efecto secundario positivo, pero no planificado. No obstante, estas actividades se suman a las opciones para reducir los desastres, y la difusión de los casos en que se han aplicado estimula su utilización (ONU, EIRD, y Geneva, 2004).

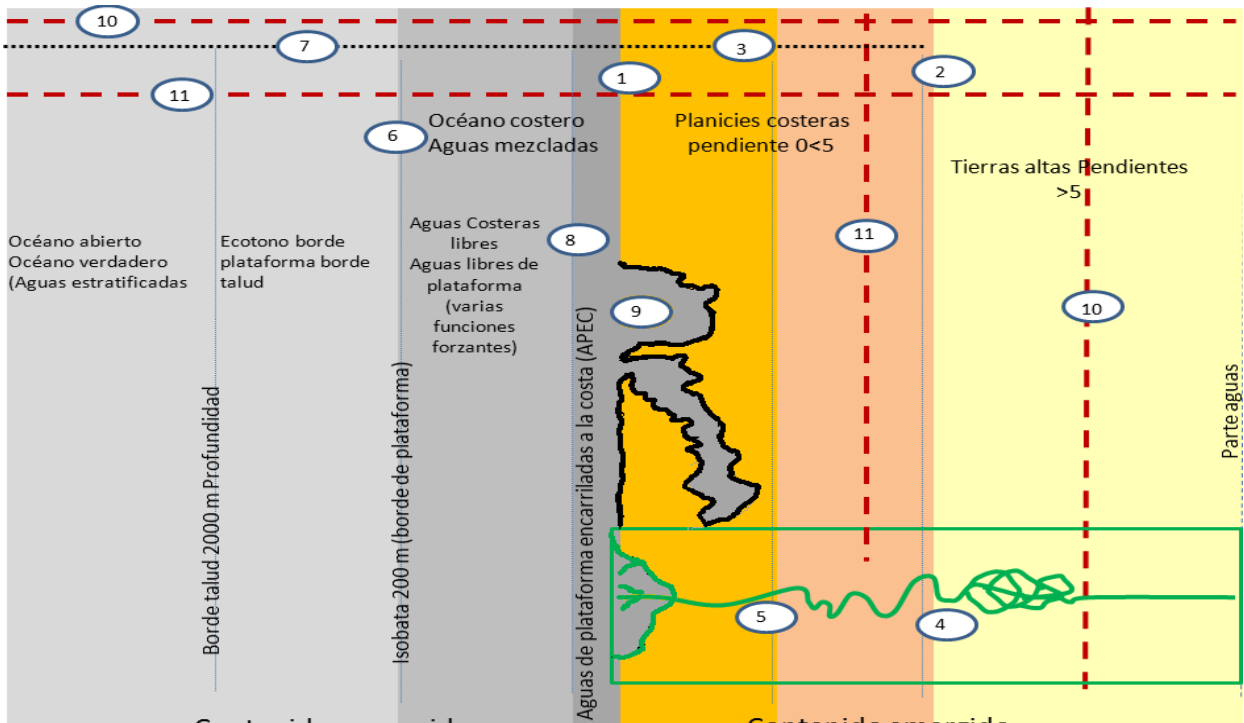
Actualmente es ampliamente aceptado los sistemas de planeación como herramienta de la gestión ambiental para disminuir la vulnerabilidad. La planeación ambiental, es necesariamente un ejercicio de interdisciplinariedad que genera progresos metodológicos como consecuencia directa del aprendizaje mutuo entre los diferentes colaboradores. De la misma forma, recientemente ha sido reconocido al manejo integral de la zona costera (MIZC) como un subcampo de la planeación ambiental, al incorporar varios sectores y cobrar relevancia regional dado que ha aumentado su relevancia en temas relacionados a la seguridad alimenticia, disminución de la pobreza, la conservación de la biodiversidad, la reducción de riesgo de los peligros naturales y el desarrollo económico (Christie *et al.*, 2005).

Lo anterior puede ser comprobado por el número de naciones con algún tipo de programa de manejo costero, las cuales han crecido de 57 en 1993 a 95 en 2000 (Sorensen, 2000); así como el número de programas que casi se ha duplicado en el mismo período. Esto representa un aumento substancial en la inversión de los gobiernos de los países desarrollados y de las organizaciones internacionales hacia los países en desarrollo.

Resulta difícilmente asumible alcanzar la meta del desarrollo sustentable propuesta por MIZC si esta no se ve acompañada de una política y de conjunto de acciones que disminuya los niveles de riesgo. La reducción y/o el control de las condiciones de vulnerabilidad (y por tanto de los riesgos) es un elemento fundamental y uno de los factores que deberían definir el desarrollo sustentable (Cabrera *et al.*, 2009). De hecho, una definición restringida de desarrollo se plantea, de forma muy abreviada, como la reducción de vulnerabilidades (o de riesgos) y el aumento de las capacidades de la sociedad, es decir, la categoría de riesgo pasa a ser parte intrínseca del desarrollo (Lavell, 1996). Por lo cual la caracterización, diagnóstico y monitoreo de los riesgos costeros es hoy una componente clave de los programas MIZC y constituye una sólida base del proceso de planificación y toma de decisiones antes, durante y después de la ocurrencia de una emergencia asociada a los riesgos (Cabrera *et al.*, 2009).

Para incorporar la reducción de riesgos y desastres al MIZC, es fundamental realizar una zonificación esta investigación retoma los trabajos de Gómez-Morín y Fermán (1991) Escofet (2004, 2004), porque integran los ambientes terrestres y marinos en zonas costeras en un modelo jerárquico anidado, el cual, junto con García (2006) han sido integrados en las propuestas del Instituto Nacional de Ecología (INE) para la regionalización de los mares y costas mexicanos orientada al ordenamiento costero (Córdova y Vázquez *et al.*, 2006). Cabe mencionar que para este trabajo se partirá de las franjas marino costeras reconocidas por los autores antes mencionados (ver Fig.3) pero por cuestiones metodológicas solo se trabajará con la franja de las planicie costera identificando las amenazas presentes y describiendo su vulnerabilidad ante ellas. Por ello, no solo se busca optimizar la explotación del litoral o la delimitación de las zonas a proteger y la conservación/recuperación, sino también los aspectos que minimicen el riesgo.

Figura 2.2 Franjas paralelas a la costa



- | | | | |
|--|--|---|--|
| 1. Interface sólido-líquido:
Discontinuidad: estado de la materia | 4. Interface líquido-líquido:
Discontinuidad: velocidad de flujo | 7. Interface líquido-líquido entre masas de agua
Discontinuidad: valores promedio T° y S ‰ | 10. Límite antropogénico tipo a: los elementos funcionales están contenidos en el espacio administrativo |
| 2. Interface sólido-sólido
Discontinuidad: pendiente topográfica; | 5. Interface líquido-líquido:
Discontinuidad: composición química | 8. Interface líquido-líquido
Discontinuidad: dirección predominante paralela | 11. Límite antropogénico tipo b: los elementos funcionales se |
| 3. Interface sólido-sólido entre region Hipsográficas. Discontinuidad: geografía, Ancho promedio | 6. Interface líquido-líquido:
Discontinuidad: relación D-I | 9. Interface líquida-líquida: | |

Fuente: Escofet, 2004

CAPÍTULO III

CONTEXTO DEL TEMA

Contexto geográfico

La franja costera Tijuana-Ensenada B. C, está localizada en la porción más al norte de México, principia en el límite con los Estados Unidos de América y termina en la última casera de peaje antes de entrar a la ciudad y puerto de Ensenada, con una longitud de 102 km y una área de 1286.25 Km².

Clima

La franja costera posee un clima seco templado con precipitaciones invernales. La temporada lluviosa abarca de diciembre a marzo con una precipitación media de 250 mm acumulándose más del 36% de toda la precipitación del año. Se trata de climas frescos con fuerte influencia marítima, menos extremos que los de la vertiente oriental de la península. La temperatura media anual oscila entre los 14° y los 18° C, con mínimas de 2 grados centígrados y máximas de 35 grados centígrados. La alta humedad (78.5%), producto de la cercanía al mar es un importante factor para la vegetación, así como el viento constante que generalmente lleva una dirección norte-este (INEGI, 2005). Este tipo de clima también es llamado del tipo Mediterráneo, ya que se encuentra dentro de la misma franja longitudinal.

Hidrología

La franja costera de encuentra bajo la región hidrológica No. 1 según la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). Donde las corrientes estacionales y los arroyos desembocan en la vertiente del Océano Pacífico y corresponden a la cuenca hidrológica del Río Tijuana. Debido a la escasa precipitación los escurrimientos superficiales son casi nulos y la renovación de los acuíferos es lenta para efectos productivos. El área de estudio presenta según la zonificación de cuencas y subcuencas de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) las subcuencas: El Farolito, Río Guadalupe, El Descanso, Rosarito y La Ilusión.

Flora y fauna

Dentro de la franja costera Tijuana-Ensenada se encuentran el matorral rosetófilo costero en las cañadas y zonas alejadas de los centros de población o de difícil acceso para la población. Asimismo, las marismas y vegetación de dunas costeras como la vegetación riparia (de las orillas de los arroyos), se distribuye de forma parchada y presenta diversos grados de calidad (Bringas et al., 2000). Se estiman alrededor de 173 especies nativas y 32 especies exóticas. Existen 20 endémicas y 17 están bajo algún status de amenaza. La riqueza florística del matorral se encuentra en terrenos recién quemados, ya que después de un incendio llegan a germinar las 62 especies cuyas semillas en el suelo estaban esperando un incendio para aparecer (Bringas et al., 2000).

La zona pertenece al límite norte de distribución del matorral rosetófilo costero que es un tipo de vegetación única en el mundo y de la cual sólo existen cinco tipos de climas y vegetación equivalentes (conocidas como de “tipo mediterráneo” que hay en el sur de Europa, Sudáfrica, Australia, Chile y las Californias). El matorral que se distribuye en California, EUA, ha sido declarado como un tipo de vegetación amenazado, ya que la agricultura y el crecimiento urbano de Los Ángeles y San Diego han fraccionado y desaparecido un 90% de este matorral rosetófilo costero o “*coastal sage-succulent scrub*”(Westman, 1986).

El chaparral costero consta de 17 especies exclusivas, 89 compartidas con el matorral y riparia. Hay 99 especies nativas, y seis exóticas. 15 son endémicas y ocho están bajo algún status de conservación. La vegetación riparia contiene ocho especies exclusivas y 22 compartidas con el matorral y el chaparral. Las dunas costeras tienen 6 especies exclusivas y 22 compartidas con la marisma y matorral. Son 22 nativas y 5 exóticas; hay 2 endémicas y 3 bajo un status de conservación. Las marismas son seis especies exclusivas y 22 compartidas con las dunas y matorral. Hay 26 nativas y tres exóticas; dos son endémicas y cinco tienen algún status de conservación (Galindo, 2000).

La fauna que estimó para la actualización del programa del corredor costero Tijuana-Rosarito-Ensenada (COCOTREN) es de 448 especies, de las cuales, 9 son anfibios, 19 peces, 24 reptiles, 145 aves, 31 mamíferos y 220 invertebrados. Una especie es endémica, 4 en peligro de extinción, 83 migratorias, 17 vulnerables, 29 cinegéticas, 14 comestibles, 6 se usan como carnada, 119 tienen interés recreativo y/o educativo, dos de uso medicinal, 85 relevantes desde el punto de vista científico, uno como ornato y 9 especies claves (Bringas et al., 2000).

Oceanografía general

Dentro de las características oceánicas de la zona costera de la franja costera Tijuana-Ensenada se distingue por presentar aguas frías de la corriente denominada California, con flujo hacia el sur. Existe una corriente superficial con oscilaciones verticales estacionales que llega a manifestarse superficialmente al desplazarse hacia el norte; esto favorece el incremento de la temperatura de agua y provoca el traslado de especies tropicales hacia las costas del norte. La región presenta alta producción primaria (nutrientes) debido a la ocurrencia de urgencias costeras, las cuales están asociadas con pesquerías importantes y repercuten en la economía de la zona (Bringas *et al.*, 2000).

La altura promedio del oleaje en áreas expuestas como Playas de Tijuana y Rosarito es de 1.40 m. Las zonas vulnerables al oleaje de tormenta son las planicies costeras como Rosarito, La Salina y Ensenada. Las dunas en la línea de costa tienen un papel fundamental como estabilizadoras de la misma y ofrecen protección a eventos extremos del oleaje producido por tormenta (Bringas *et al.*, 2000).

Estructura Sociodemográfica

Población

El censo poblacional de INEGI (1990) reporta la existencia a lo largo de la zona costera entre Playas de Tijuana y el poblado San Miguel de 96,831 habitantes. Siendo Playas de Tijuana y Rosarito las que poseen el mayor porcentaje (93%) mientras que la demás

población (7%) se distribuía en las localidades restantes siendo entre las más pobladas Primo Tapia, Popotla, San Antonio del mar.

En cambio, el 9.2% de la población se concentraba en localidades suburbanas mayores de 1500 habitantes, que en total aglutinaban a 26,534 personas distribuidas en las manchas urbanas de los ejidos (Nacionalista, Sánchez Taboada, Primo Tapia, Plan Libertador, principalmente) o en poblados industriales, como es el caso de El Sauzal. El 1.1% de la población se concentraba en localidades mayores de 250 habitantes, pero menores de 1000 y el restante 0.9% en localidades menores a los 250 habitantes, muchas de ellas constituidas como fraccionamientos o segundas residencias para el turismo extranjero, en su mayoría de origen anglosajón y mexicanoamericano.

Densidad de Población por Unidades de Gestión

La estimación de la densidad promedio de población para la zona en 1990 fue de 468.4 hab/km². Sólo Playas de Tijuana con una densidad de 5,118 hab/km², Primo Tapia con 3,294 hab/km² y Rosarito con una densidad de 597 hab/km². Las que presentaron una densidad alta y que está por encima de la media (468.4 hab/ km².) de la franja costera Tijuana-Ensenada (Bringas et al., 2000)

Con una densidad media, superior a los 100 hab/km², pero menor a la media del corredor están: La Misión Valle con 157 Hab/km² y el Morro-Puerto Nuevo con 147 hab/km². Las microcuencas que presentan una densidad baja, desde 1 hasta 37 hab/km², son: El Descanso, Real del Mar, La Misión mesetas, Salsipuedes, La Salina terraza.

Para el año 2009, según los datos del conteo de población de INEGI 2005 se tiene que para la microcuenca más densamente poblada es Playas de Tijuana con 4982 hab por Km² mientras que la menos poblada es La Misión Oeste con 1 hab por Km². Playas de Rosarito cuenta con 509 hab/km², San Antonio con 105 y Popotla con 25 hab/Km² son las que cuentan con mayor población.

Cuadro 3.1 Densidad de la población

Microcuenca	Densidad 1990	Densidad 2010
Playas de Tijuana	74222	57147
San Antonio	4011	1052
San Antonio Sur	687	234
Playas de Rosarito	61791	35383
Popotla	2605	880
Primo Tapia	1421	560
El Descanso	1233	497
La Ilusión	767	245
LA Misión	1053	491
LA Misión oeste	231	120
La Misión Este	163	89
La Misión Sur	133	67
La Salina	160	86
Salsipuedes	350	150

Fuente: Elaboración propia, con datos del Censo de Población y Vivienda de 1990 y el Censo de Población 2005

Población Económicamente Activa (PEA)

La base económica de la franja costera en estudio ha estado ligada a la actividad turística, esto debido a que presenta bellezas naturales y paisajes que detonaron la industria inmobiliaria así como la de servicios turísticos como los de hospedaje, restaurantes y comercio, estas acciones se vieron reforzadas cuando en el año de 1996 se instaló los Estudios Fox a cinco kilómetros del centro de Rosarito, sobre la misma franja costera.

De esta manera la mayor parte de la población económicamente activa (PEA) se concentra en el sector de los servicios. Los datos de la PEA para 1990 que presentan una mayor confianza son los reportados por el trabajo de Bringas (2000), en el cual se estima que el corredor estaba compuesta por 325,933 personas, incluyendo la población total de la ciudad de Tijuana, cabe aclarar que el universo de datos toman desde la ciudad de Tijuana hasta el estero Punta Banda, en el municipio de Ensenada, sin embargo a la hora de redactar este documento no se cuenta con una fuente con datos más confiables para este periodo de tiempo.

La PEA para 2009 de playas de Tijuana se distingue por presentar una población económicamente activa del 38.62%, menor en 17 puntos porcentuales a la PEA municipal (IMIP Tijuana, 2008). En esta microcuenca la actividad económica primaria es mínima, tanta que no se cuenta con registro de su actividad. Se reafirma la vocación de la ciudad, con la tercerización de la economía, en este sentido, más de dos terceras partes de la PEA está ocupada en el sector terciario, siendo muy esporádica la actividad industrial. Para las demás microcuencas la principal actividad económica sigue siendo la actividad turística, dado por el contaste empuje que ha recibido la zona para dicha actividad,

Principales tipos de amenaza naturales presentes en la zona

Geológicos

La franja costera en estudio se encuentra dentro de una región tectónicamente activa, su rasgo geológico principal lo constituyen sistemas de fallas activas caracterizadas por su continúa actividad sísmica y su predominante movimiento de rumbo impuesto por el régimen tectónico del sistema San Andrés, con una orientación NO-SE, en el límite entre las placas del Pacífico y Norteamericana. Los sistemas activos más cercanos al área corresponden a los sistemas Rose-Cañón-Vallecitos-San Miguel y Coronado Banks-Agua Blanca. En el marco tectónico, la región norte de la península de Baja California es un área de alta actividad sísmica, la cual ha sido registrada frecuentemente en el sistema San Miguel-Vallecitos. Los deslizamientos de laderas que se presentan a lo largo del corredor son de dos tipos: deslizamientos de rotación y de traslación; éste también se presenta en los cantiles costeros (Wong, Legg, y Suárez, 1987; Cruz-Castillo, 2002).

Hidrometeorológicas

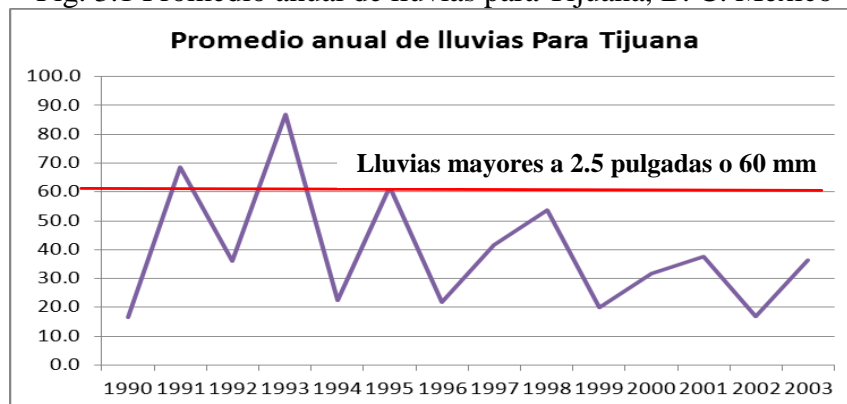
Estos son las amenazas que más perjuicios han ocasionado a lo largo del tiempo por su periodicidad de ocurrencia y características físicas del terreno del área de estudio. Dentro de esta categoría se encuentran los ciclones tropicales, inundaciones, nevadas, granizadas, sequías, lluvias torrenciales, tormentas eléctricas, mareas de tempestad e inversiones

térmicas. Cabe destacar que en el periodo de 1990 a 2003 se presentaron dos fenómenos que rebasaron el umbral de 2.5 pulgadas establecido por Protección Civil municipal (Figura 3.1)

De acuerdo con datos de Dirección Municipal de Protección Civil de Tijuana, se estima que un 18.66% de la superficie total de la mancha urbana presenta un elevado riesgo por problemas de deslaves y derrumbes en cerros. De la misma manera, habitantes de Rosarito y del poblado la misión han sufrido estas experiencias

En conclusión la ciudad de Tijuana es bastante vulnerable ante situaciones de emergencia causadas por fenómenos naturales, debido a las deficiencias urbanas ocasionadas por el crecimiento explosivo de la ciudad en las últimas décadas (Bocco, Sánchez, y Riemann, 1993). Tijuana cuenta además, con el inconveniente de haber crecido en una zona con condiciones fisiográficas difíciles para el crecimiento urbano (Romo, 1996). También se tiene que considerar que la ausencia de cualquier esfuerzo serio de planeación ha contribuido de manera significativa para agudizar los rezagos urbanos y para incrementar las consecuencias negativas para sus habitantes y para el sector productivo de la ciudad (Bocco, Sánchez, y Riemann, 1993).

Fig. 3.1 Promedio anual de lluvias para Tijuana, B. C. México



Fuente: CNA, (2000)

CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA

La metodología empleada en este trabajo se ha dividido en dos secciones, una correspondiente a describir el trabajo de campo, entendiendo esto como todas las actividades realizadas dentro y fuera de la zona de estudio que tuvieron la finalidad de conseguir insumos básicos para alcanzar los objetivos planteados y en la otra para detallar en los aspectos cartográficos, procesamiento y corroboración de la información obtenida.

Aproximación espacial

Desde una perspectiva espacial o territorial, es importante considerar la forma en que el uso del territorio y sus recursos puede obedecer a lógicas y racionalidades territoriales distintas, ya sea por necesidades locales, regionales, nacionales o internacionales (Lavell, 2000). Ahora bien, si se piensa en las cuencas hidrográficas como una región, partiendo de una perspectiva que permite considerar tanto factores naturales como sociales, se permitirá conocer las capacidad de reconocerlo de otros espacios (Rodríguez, 2007). De esta manera, la cuenca hidrográfica es un ecosistema estratégico para la observación y el análisis de las relaciones ambiente-sociodemográficas, representa una unidad natural para revelar las consecuencias ambientales de la acción humana y las consecuencias sociodemográficas de los límites naturales sin estar delimitado por criterios políticos administrativos, por esta razón se utilizaron herramientas que permiten su estudio a dos diferentes escalas espaciales (Hogan, 1993).

Trabajo de campo

Del 8 al 12 de febrero de 2010 y del 22 al 26 de febrero se realizaron viajes de campo a la franja costera Tijuana-Ensenada, con la finalidad de:

Identificar coberturas de suelo o unidades ambientales (UA) 1:1. Es decir se identificaron las diferentes características ambientales de la zona en estudio, tratando de reconocer en campo las diferentes unidades que podrían considerarse como homogéneas al interior de área, basada principalmente en caracteres geomorfológicos (parte aguas) y tipo de vegetación (cobertura de suelo), cabe aclarar que para este reconocimiento ya se había

elaborado por medio de paquetería de sistemas de información geográfica una delimitación *a priori* a través de las subcuencas que reporta la Comisión Nacional del Agua para la zona, y con ayuda de un GPS se ubicaron dichas coordenadas.

Documentar directamente la problemática ambiental. En el mismo recorrido descrito anteriormente se registraron los problemas ambientales que fueran evidentes a simple vista y aquellos factores que permitieran suponer de forma sustentada la presencia de otros problemas menos evidentes, obteniendo registro fotográfico en algunos casos.

Documentar directamente la problemática ambiental y sus causas. Se efectuaron entrevistas semiestructuradas informantes claves pertenecientes a los diferentes sectores involucrados en el uso del área. Dichas entrevistas fueron enfocadas hacia la identificación de cuatro aspectos: caracterización de las actividades y actores involucrados en la zona, percepción de los problemas ambientales por parte del informante, percepción del informante de la influencia de su actividad en la problemática y la influencia de otras actividades en dicha problemática.

Estas entrevistas fueron aplicadas al Ocean. Alejandro Rodríguez Guido, Jefe del Departamento de zonas costeras de la SEMARNAT, Ramón Moldrano Salgado Jefe del Departamento de Planeación de Protección Civil de Tijuana, Antonio Rosquillas Navarro, Director de protección civil de Tijuana, a Julio Cesar Obregón Angulo, Subdirector de Protección civil de Ensenada y al Ing. Irma Vera López de PROFEPA

Como parte importante de un análisis a cartográfico diferentes escalas es la corroboración de lo que uno observa en “gabinete” con la realidad del terreno, para ello se realizó una segunda salida cuyo objetivo fue además del ya mencionado: corregir errores durante el procesamiento de la información recabada.

Delimitación del espacio costero-terrestre

De esta manera la franja costera Tijuana-Ensenada se estudió a dos escalas, una escala se denominó mesoescala y su aproximación fue de 1:100,000 mientras que la segunda escala se le dio el nombre de escala local con una aproximación de 1:50,000. (Ver cuadro 1).

Al ser la cuenca la unidad espacial para el área de estudio, se tomó como insumos primarios las unidades de escorrentía como característica permanente de los flujos de masas de agua. Para acotar las subcuencas que se utilizaron para trabajar a mesoescala, se usó la herramienta: ArcHydro Tools del programa de sistema de información geográfica ArcGis 9.3[©] sobre el Modelo de Elevación Digital (MDE) desarrollado por la National Aeronautics and Space Administration y Consortium for Spatial Information (NASA-CGIAR)³ con una resolución de 90m y un error vertical menor a 16m, proyectada en mosaicos de 5 grados x 5 grados (Figura 4.1).

³ Los MDE son de descarga gratuita y se encuentran disponibles en <http://srtm.csi.cgiar.org/>

Fig. 4.1. Subcuencas de la Franja costera Tijuana-Ensenada



Fuente: Elaboración propia con MDE de CSI

Cuadro 4.1. Delimitación del espacio costero-terrestre de la franja costera Tijuana-Ensenada

SISTEMA	SUBSISTEMA			COMPONENTE	
	PAISAJE	AMBIENTE	UCM	UA	
	MESOESCALA			ESCALA LOCAL	
Cuencas	Microcuencas	Costero – Terrestre	Playas de Tijuana San Antonio San Antonio sur Playas de Rosarito Popotla Primo Tapia El Descanso La Ilusión La Misión La Misión Oeste La Misión Este La Misión Sur La Salina Salsipuedes	Cobertura de suelo y Vegetación	Zona urbana ^[1] Agricultura de riego ^[1] Agricultura de temporal ^[1] Pastizal Inducido ^[1] Matorral ^[2] Chaparral ^[2]

Fuente: Elaboración propia

^[1]Cobertura de suelo modificado

^[2]Cobertura de suelo natural

Cobertura de suelo por microcuencas

Para el análisis a esta escala se utilizó en primer plano la capa de uso de suelo y vegetación escala 1:1000,000 (INEGI, 2005), posteriormente se ejecutó un “Clip” de la herramienta spatial analyst de ArcGis 9.3 para obtener la cobertura de uso de suelo para cada microcuenca, después se ajustó la cobertura de suelo con una imagen satelital spot del 2008 (CNES, 2008) con resolución de 10 metros. Una vez obtenida las clases de cobertura de suelo y vegetación para cada microcuenca estas se definieron como unidades ambientales (UA). Finalmente, los tipos de cobertura se catalogaron en ambiente transformado o ambiente natural con el fin de trabajar con menos categorías, esta nueva categorización se basó en: Si en la cobertura de suelo se presenta alguna alteración por parte del ser humano a la vegetación natural reportada para el área de estudio se asigna como transformada,

mientras que si la cobertura de suelo presenta la vegetación nativa esta se colocó bajo la categoría de cobertura natural (ver cuadro 4.2).

Cuadro 4.2. Unidades ambientales para la franja costera Tijuana-Ensenada

Ambiente natural	Clave	Ambiente transformado	Clave
Chaparral	5	Agricultura de temporal	1
Matorral	6	Agricultura de riego	2
		Zona urbana	3
		Pastizal inducido	4

Fuente: Elaboración propia

Para realizar el diagnostico por microcuenca se calculó el área a cada una de ellas, se tomó el número de fragmentos de cada clase y se registró con una clave para cada clase para su mejor manejo dentro de la base de datos (Ver Cuadro 4.3).

Cuadro 4.3. Diagnostico por microcuencas de la franja costera Tijuana-Ensenada

Microcuenca	Área Km²	Ambiente	Clave	Cobertura	Área Km²	Fragmentos
La Misión Sur	61.655	Transformado	1	Agricultura de Temporal	0.544927	2
		Natural	5	Chaparral	8.035135	1
			6	Matorral Rosetófilo Costero	53.075441	1

Fuente: Elaboración propia

Modelo de vulnerabilidad costera

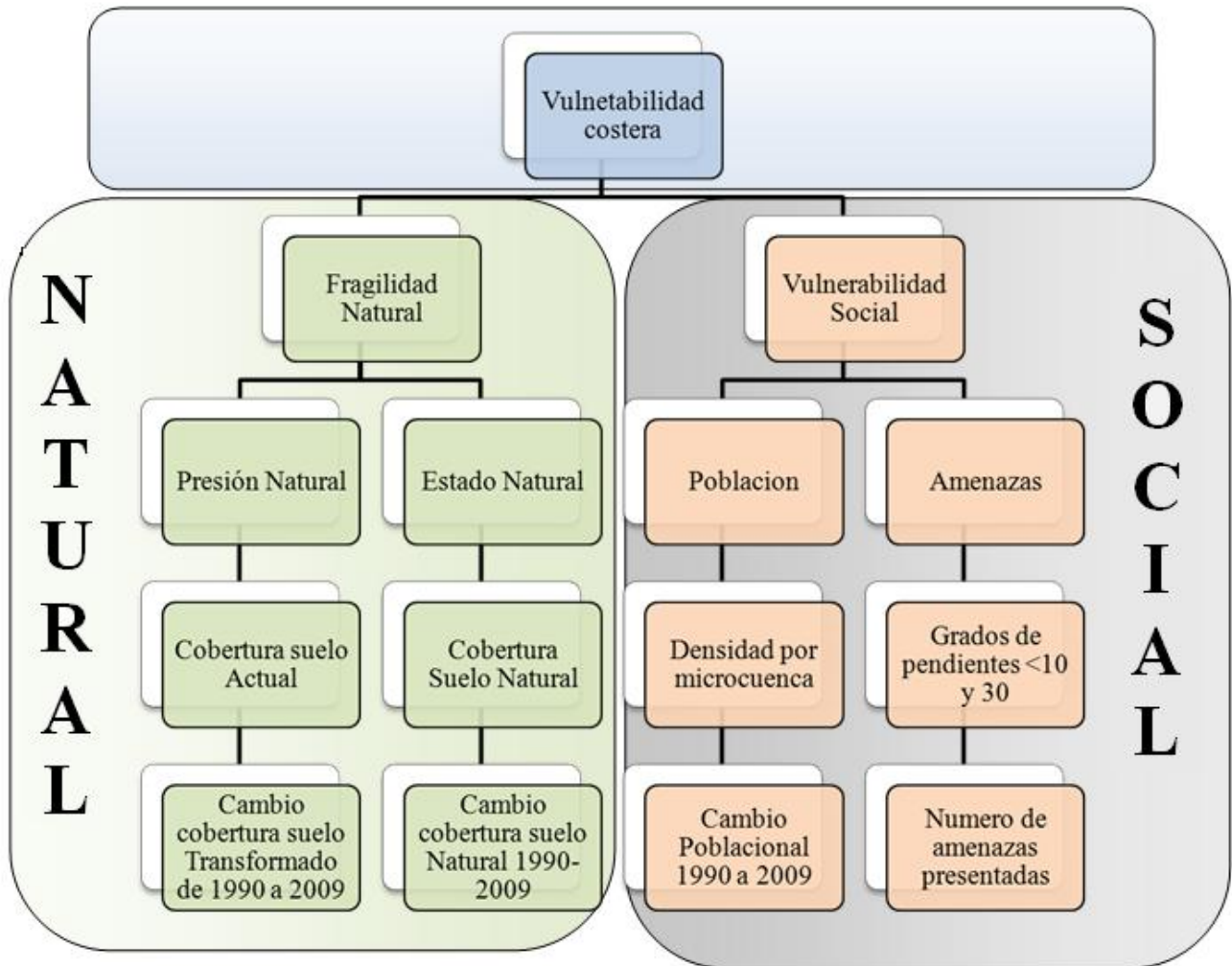
Para la elaboración del modelo de vulnerabilidad costera (MVC), se tomó, modifíco y adapto al modelo regional de vulnerabilidad costera (MRVC) desarrollado por García (2006) con la finalidad de aplicarlo a una escala menor y con indicadores generados a partir de la información oficial del INEGI y otras instituciones académicas desarrollados para la zona. Cabe aclarar que como todo modelo, el producto de esta investigación sigue contando con las características de ser sencillo, lógico y reproducible, que proporciona un diagnóstico de la vulnerabilidad costera de la franja Tijuana-Ensenada.

De la misma manera el modelo busca a través del uso y selección de índices, evaluar la condición del ambiente como una herramienta en la detección temprana de cambios en la condición ecológica de los ecosistemas que pueden afectar la vulnerabilidad de los centros de población ubicados dentro de la franja costera, y así, ir a una tendencia hacia la sustentabilidad de la integridad ecológica (Dale y Beyeler, 2001; Turner, Gardner, y O'Neill, 2001)

El modelo se ramifica en dos índices, índice de fragilidad natural (IFN) y el índice de vulnerabilidad social (IVS). Donde el IFN expresa la fragilidad natural la condición del ambiente natural (EN) respecto del uso que la sociedad hace del territorio a través de la cobertura de suelo transformado o natural (PN). El IVS expresa la vulnerabilidad a la que está expuesta la población local, a través de la condición demográfica de la población (Pob) y, las amenazas naturales que se han presentado y el grado de la pendiente del terreno (AP) (Figura 4.2).

Modelo de vulnerabilidad costera de la franja Tijuana-Ensenada

Fig. 4.2 Construcción de modelo de vulnerabilidad



Fuente: Elaboración propia con datos de García (2006)

Modelo de vulnerabilidad costera de la franja Tijuana-Ensenada

(Abstracción)

Natural

A). IVN: Índice de vulnerabilidad Natural

IFN: Índice de fragilidad natural

Pres. Nat: Indicador de presión natural

Cob Suelo Actual: cobertura de suelo transformado actual

Cambio Cob Suelo t_0-t_1 : cambio de cobertura de suelo transformado

Estado Natural: Indicador de estado natural

Cob Suelo Natural: cobertura de suelo natural actual

Cambio Cob Suelo Nat: cambio de cobertura de suelo natural

Social

B). IVS: Índice de vulnerabilidad social

Población: Indicador de la presión de población

Pob/Área: indicador del tamaño de la población por área (microcuenca)

Pob₁-Pob₀: Indicador del cambio en el tamaño de la población

Amenaza y Pob: Indicador del estado de la localidad

°Pendiente: Indicador grado de pendiente del terreno

No. Amenaza: Indicador de numero de eventos extremos

Es importante aclarar que el modelo de vulnerabilidad está expresado como la suma de los Índices de fragilidad natural (IFN) y el índice de vulnerabilidad social (IVS)

$$\text{MVC} = \sum \text{Índice de Fragilidad natural (IFN), Índice Vulnerabilidad social (IVS)}$$

A partir de los resultados que dio el modelo, se evaluó la vulnerabilidad costera de la franja Tijuana-Ensenada. El resultado representa las condiciones de las relaciones entre el ambiente (IFN) y la sociedad (IVS).

Fragilidad natural.

La fragilidad natural expresa la “vulnerabilidad” natural de la relación ambiente-sociedad, es decir la condición del ambiente natural respecto del uso que la sociedad hace del territorio a través de la cobertura de suelo transformado o cobertura de suelo natural,

$$\text{Índice Fragilidad natural} = \sum (\text{PN}, \text{EN})$$

Dónde:

PN= Presión Natural

EN = Estado Natural.

Presión natural (PN).

La presión natural, está compuesto por el área de cambio cobertura de suelo transformado y el área de la cobertura de suelo transformado actual. Es decir, el primero está diseñado para medir la dinámica del cambio de uso de suelo que la sociedad hizo de 1990 a 2008, mientras que el segundo evalúa las intensidades de las actividades primarias de acuerdo a la cobertura espacial del uso de suelo del año 2008:

$$\text{PN} = \sum (\text{CSA}, \text{CCS } t_0-t_1)$$

Dónde:

CCS t_0-t_1 = (área Cobertura suelo en 2009 – área Cobertura suelo en 1990)

CSA = área cobertura suelo 2008

Estado natural

El estado natural valora las condiciones del ambiente natural y cuya dinámica del año 1990 a 2009 indica que no han sido utilizadas. Se compone de: el cambio de cobertura de suelo natural hacia transformado y la proporción de cobertura de suelo con vegetación natural:

$$\text{Estado natural} = \sum (\text{CCSN}, \text{CSN})$$

Dónde:

CCSN = (área de cobertura suelo 2008 – área cobertura suelo 1990)

CSN = área de cobertura suelo 2008

Vulnerabilidad de la Población.

La vulnerabilidad de la población expresa la vulnerabilidad a la que está expuesta la población local ante eventos Hidrometeorológicas extremos (mayores a 2.5 cm por día), a través de la condición demográfica de la población y, las características ecológicas (pendientes y frecuencia de ocurrencia de eventos extremos) sobre ella:

$$\text{IVS} = \sum (\text{IPs IEs})$$

Dónde:

IPs = Presión de la sociedad (tamaño de la población)

IEs = Índice de Estado de la sociedad (población)

Presión de la sociedad (población).

La presión de la sociedad (población) mide las características ecológicas regionales. Este dado por la peligrosidad que indirectamente ofrecen las pendientes junto con la ocurrencia de eventos de tormenta extremos. Está compuesto por: peligrosidad por erosión (Pe), peligrosidad por inundación (Pi) y peligrosidad por eventos meteorológicos extremos (Pee).

$$\mathbf{IPs = \sum (Pe, Pi, Pee)}$$

Dónde:

Pi = área con pendiente <10%

Pe = área con pendiente >30 %

Pee = Número de eventos meteorológicos extremos (1990 - 2008)

Estado de la población

El estado de la población mide características demográficas como un indicador social. El estado de la población, está compuesto por: el de tamaño de la población actual en la microcuenca (Pob/Área) y el del cambio de la Población de 1990 a 2009 (Pob₁-Pob₀). La integración de estos indicadores resulta en el estado actual y la dinámica de la población, respectivamente.

$$\mathbf{Estado\ de\ la\ población = \sum (Pob/\acute{A}rea, (Pob_1-Pob_0))}$$

Dónde:

Pob/Área = (Pob2005/ Área de la microcuenca)

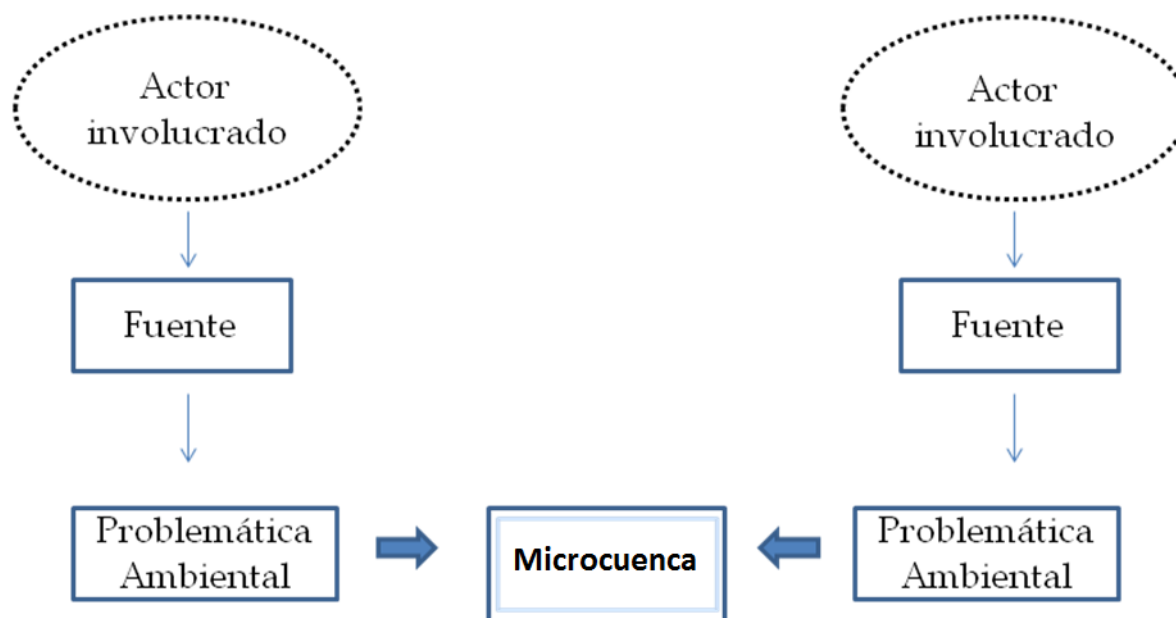
Pob₁-Pob₀ = Población del 2009- Población del 1990

Identificación de la problemática ambiental y sus causas

Se utilizó la “Guía para el análisis de impactos y sus fuentes en áreas naturales” (GAIFAN) desarrollada por The Nature Conservancy (Andrade, *et al.* 1999) cuyo propósito primordial es identificar los problemas ambientales y sus fuentes estableciendo relaciones causales entre ellos. A pesar de que dicha guía fue diseñada para sitios de conservación puede ser utilizada como herramienta de diagnóstico ambiental. (Leyva-Aguilera, *et al.* 1997, Bravo, 1998, Gómez, 1999).

Esta guía permite concebir una relación causal entre los impactos presentes en el área de interés y las fuentes que los generan, a través de diagramas de situación (ver Diagrama 1), en los cuales es posible el desarrollo y visualización de las relaciones entre los componentes biológicos y antropológicos, incluyendo impactos, fuente de impactos y actores, de forma tal que detrás de toda problemática ambiental se percibe la existencia de una actividad que la origina y detrás de dicha actividad existe un actor o conjunto de actores que realizan dicha actividad

Fig. 4.3 Red causal para identificar problemática ambiental



Fuente: Elaboración propia con datos de Andrade *et al.* (1999)

De acuerdo con GAIFAN, tanto los problemas como sus causas pueden o no describirse de forma cuantitativa, escogiéndose en este trabajo una primera aproximación en términos cualitativos de acuerdo a las relaciones de los problemas y sus fuentes.

De esta forma, y a partir de los puntos del trabajo mencionados sobre el trabajo de campo y análisis cartográfico, se procedió a realizar un inventario de los problemas ambientales detectados y percibidos en el área de estudio. El listado final de problemas ambientales obtenido de este proceso fue clasificado dentro de los cuatro rubros:

- Cambios ambientales cartografiables
- Cambios ambientales cartografiables y perceptibles en terreno
- Cambios ambientales perceptibles en terreno
- Cambios ambientales con repercusiones sociales inmediatas

Esta clasificación surge del análisis del esquema de redes causales planteado por Sorensen *et al.* (1992) (Diagrama 2) en el cual se percibe que los cambios ambientales generalmente no son resentidos por algún sector, pero sí lo son aquellos impactos de interés social. De aquí se puede derivar de forma general y coincidentemente, los cambios que no son resentidos por algún sector son fácilmente cartografiables.

Fig. 4.4. Ejemplo de redes causales



Fuente: Sorensen *et al.* 1992

Caracterización de actores

Con base en los resultados de las técnicas anteriores, se identificaron los actores relacionados directamente con las fuentes de la problemática ambiental. Dichos actores fueron clasificados de acuerdo a Sorensen *et al.* (1992) quienes consideran el nivel de influencia, ya sea local, regional, nacional o transnacional de los actores y los engloban en por lo menos trece categorías de acuerdo a su grado de organización. En la presente investigación se utilizarán por la reclasificación de Leyva-Aguilera *et al.* (1997) por haber adoptado esta metodología para el estero Punta Banda, que se encuentra cerca de la zona de estudio del presente trabajo:

- Funcionarios públicos
- Agencias de gobierno
- Sector Privado
- Comunidad científica
- Organizaciones conservacionistas
- Propietarios costeros
- Usuarios artesanales y de subsistencia de recursos

CAPÍTULO V

RESULTADOS

Valoración preliminar de la vulnerabilidad

Tuvo como insumo teórico la aproximación conceptual y operativa para el análisis de la zona costera de México desarrollada por Escofet (2004) con aportes de Ortiz-Lozano (2006). La vulnerabilidad costera fue representada en una primera instancia desde una escala macro aplicando la “Guía para el análisis de impactos y sus fuentes en áreas naturales” (GAIFAN) (Andrade *et al.*, 1999), que consiste en la valoración global del área de interés, por medio de otorgar valores con escala geométrica a atributos⁴ preestablecidos. Cabe mencionar que aunque esta guía se desarrolla para designar áreas de conservación ecológica, en la presente investigación se aplicó dicha metodología como propuesta para estimar a priori la vulnerabilidad.

1. Cambio de cobertura. Se evaluó el cambio en la cobertura de suelo de la categoría de cobertura natural (ver cobertura de suelo por microcuencas) del tiempo 1 (uno) menos tiempo 0 (cero). No más de 10 años

- **4** Una pérdida de cobertura natural de 21% o más
- **2** Una pérdida de cobertura natural de 11 a 20%
- **1** Una pérdida de cobertura natural de 1.1 a 10%
- **0.5** Una pérdida de cobertura natural de 1 %

2. Numero de eventos. Se documenta la presencia de eventos extremos reportados en artículos científicos o periodísticos. (Aquí fueron los eventos hidrometeorológicos mayores a 20 milímetros de precipitación por hora)

- **4** Diez o mas
- **2** De Cinco o diez eventos
- **1** Tres o cinco eventos
- **0.5** Uno a dos evento

⁴ Los atributos preestablecidos en la GAIFAN son contribución, rarea, calidad y valor como herramienta, aquí serán sustituidos por cambio de cobertura de suelo, número de eventos y grado de la pendiente

3. Densidad de la población. Se calcula la densidad de la población del tiempo 1.

Mismo tiempo que el tiempo 1 de cambio de cobertura

- **4** de 201 o mas
- **2** de 101 a 200 hab/Km²
- **1** de 51 a 100 hab/Km²
- **0.5** de 1 a 50 hab/km²

4. Grado de pendiente. Se toma el área con pendientes de 0 a 30 grados

- **4** Del 41 % o más del área ≤ 30 grados
- **2** Del al 20 al 40 % del área ≤ 30 grados
- **1** Del 11 % al 20% del área ≤ 30 grados
- **0.5** Del 1 % al 10% del área ≤ 30 grados

De esta manera el máximo valor que puede obtener el área de interés será de 16 puntos, para el caso de la franja costera se obtuvo un valor de 11 siendo el Número de eventos y los grados de inclinación del terreno los atributos que obtienen el puntaje máximo (Cuadro 4).

Cuadro 5.1. Valoración preliminar de la vulnerabilidad en la franja costera Tijuana-Ensenada

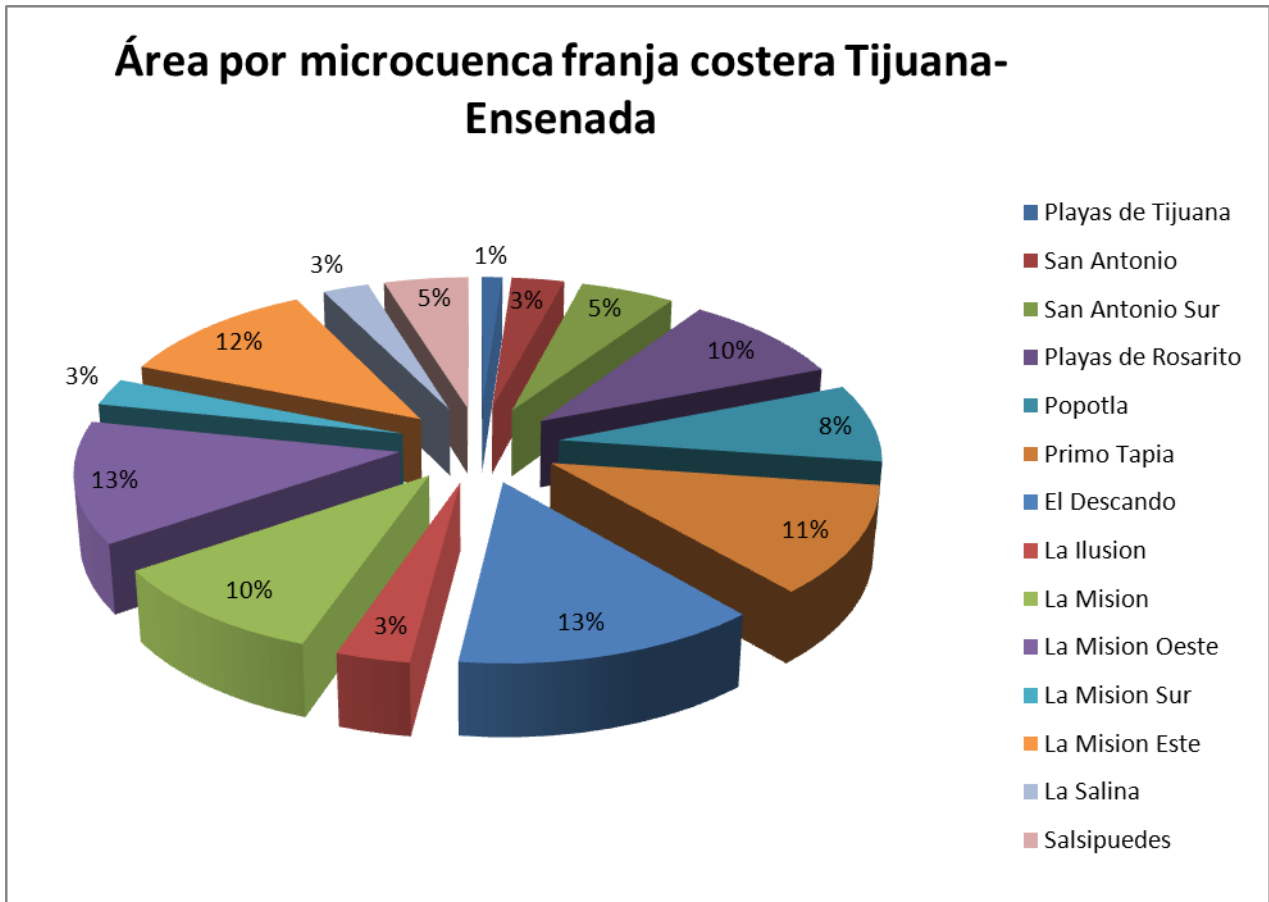
Área de interés	Cambio Cobertura	No. Eventos	Densidad Población	Grado Pendiente	Promedio
Franja costera Tijuana-Ensenada	1 (1.7%)	4 (14 Eventos)	2 (120 Hab/Km²)	4 (43.21%)	11

Fuente: Elaboración propia

Mesoescala

En la franja costera Tijuana-Ensenada, se encuentran 14 microcuencas, cuyos límites geográficos difieren de los administrativos como resultado de los factores modeladores en el área. Ocupando una extensión superficial de 1292.78 Km². Siendo la microcuenca del descanso la que tiene la mayor superficie (174.23 Km²) y la de menor superficie es para la microcuenca playas de Tijuana (15.12 Km²).

Gráfica 5.1. Porcentaje de área en la franja costera Tijuana-Ensenada



Fuente: Elaboración propia

Microescala

A esta escala espacial, se puede apreciar la distribución de la cobertura de suelo y vegetación de la zona estudiada. La identificación de las 6 clases (cuadro 4), permite analizar la composición estructural de cada microcuenca respecto a sus elementos o unidades Ambientales (UA). La clasificación de las UA basado en el uso y origen de los ambientes (cuadro 5.2), mantiene una relación de 2 coberturas de suelo de origen natural y 4 provenientes de ambientes transformados (Fig. 5.1)

Cuadro 5.2 Clases o unidades ambientales (UA) para la franja costera Tijuana-Ensenada

Ambiente Natural	Ambiente Transformado
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Matorral Rosetófilo costero ▪ Chaparral 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Zona Urbana ▪ Agricultura de Temporal ▪ Agricultura de riego ▪ Pastizal

Fuente: Elaboración propia

A nivel de paisaje, la relación de cobertura de suelo y vegetación para los diferentes años de estudio se puede apreciar en los siguientes cuadros (cuadro 5.3 y cuadro 5.4)

Cuadro 5.3. Cobertura de suelo y vegetación 1990

AMBIENTE	Vegetación Y cobertura de suelo	Área (Km²)	%
<i>MESOESCALA</i>			
Modificado	Zona urbana	15.685369	1.2194
	Agricultura de temporal	210.527783	16.3676
	Agricultura de riego	11.619688	0.9033
	Pastizal	130.210953	10.1233
Natural	Chaparral	727.522348	56.5617
	Matorral	190.678832	14.8244
ÁREA TOTAL		1286.2449	

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 5.4 Cobertura de suelo y vegetación 2009

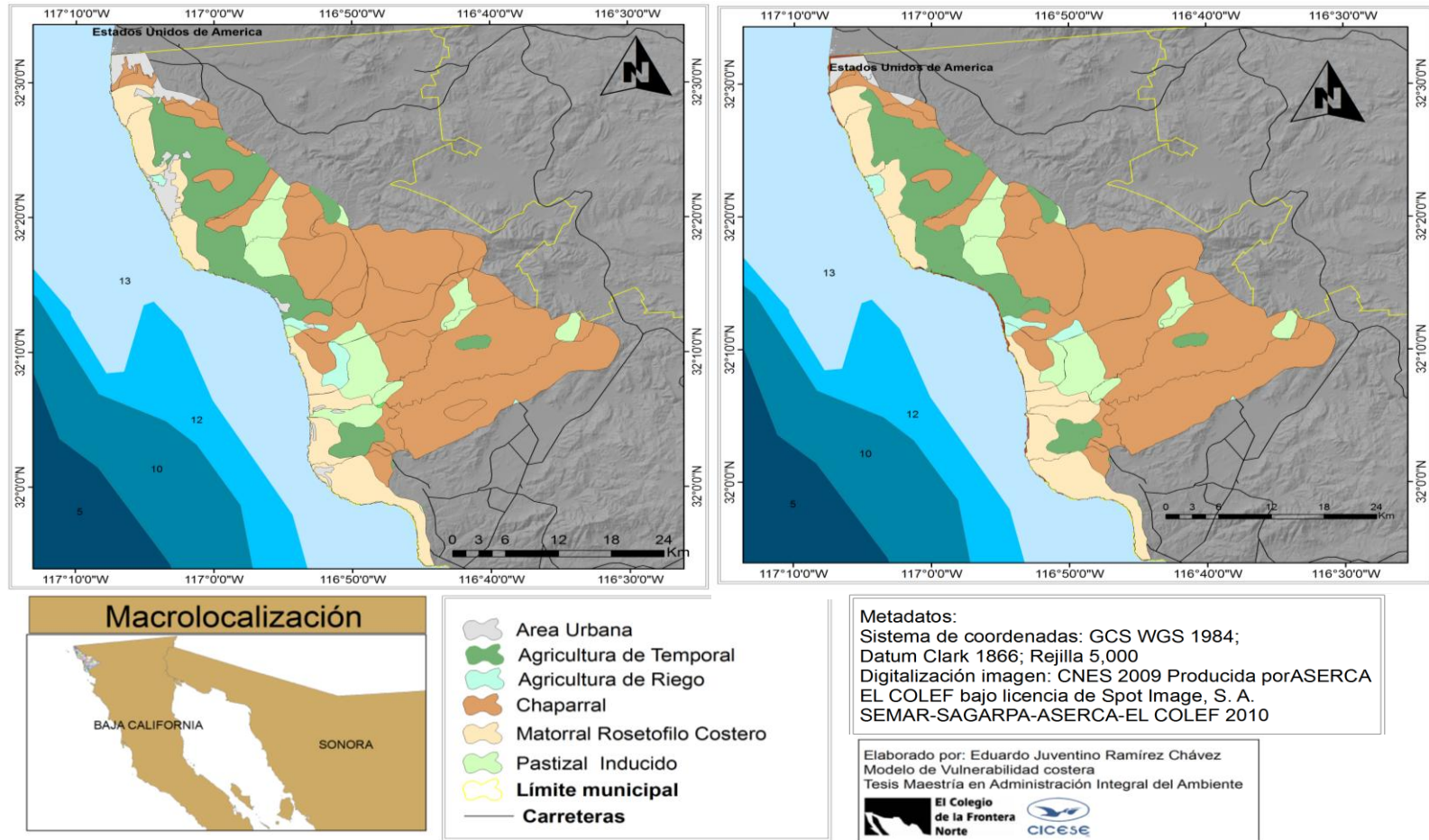
AMBIENTE	Vegetación Y cobertura de suelo	Área (Km²)	%
MESOESCALA			
Modificado	Zona urbana	41.9567	3.2464
	Agricultura de temporal	205.1146	15.8709
	Agricultura de riego	8.6095	0.6661
	Pastizal	130.70	10.1131
Natural	Chaparral	729.9992	56.48
	Matorral	173.4060	13.41
ÁREA TOTAL		1289.7878 ⁵	

Fuente: Elaboración propia

⁵ La diferencia entre el área total de 1990 y 2010 (3.5429 Km²) se debe a la corrección geográfica que realizó INEGI, en la que se cubrió con mayor precisión el límite con el mar y del país

Cobertura de suelo por microcuena 2009 y 1990

Figura 5.1 Cobertura de suelo franja costera Tijuana-Ensenada 1990 y 2009

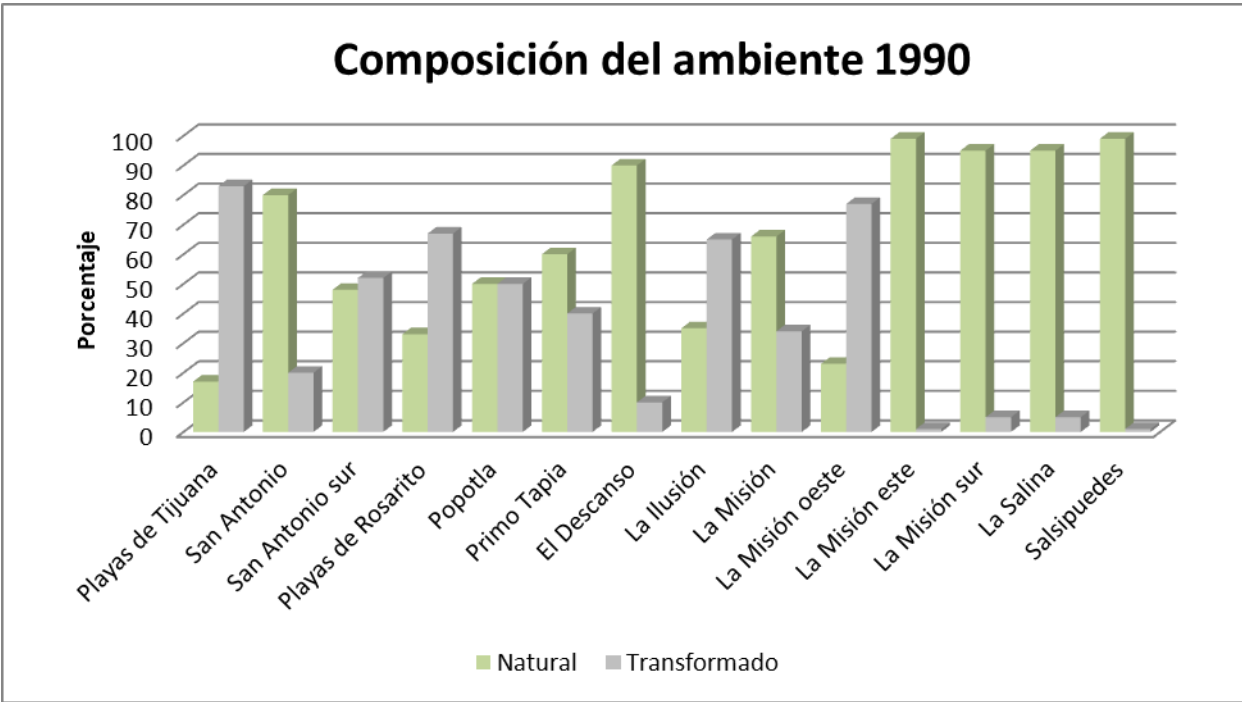


Fuente: Elaboración propia.

Los resultados del análisis estructural permiten apreciar que la cobertura predominante para ambos periodos de estudio es la de chaparral, la cobertura de agricultura de temporal ocupa la segunda porción más representativa, también para ambos años. Mientras que la cobertura de agricultura de riego presentan la porción minoritaria de cobertura dentro del área de estudio, también para el mismo periodo de tiempo.

En otro orden de ideas se observa que para el año 1990 la microcuenca de playas de Tijuana es la que presenta mayor cobertura de suelo transformado (83%), en su contraparte la microcuenca Salsipuedes presenta la mayor cobertura de suelo natural (99%) (Gráfica 5.2)

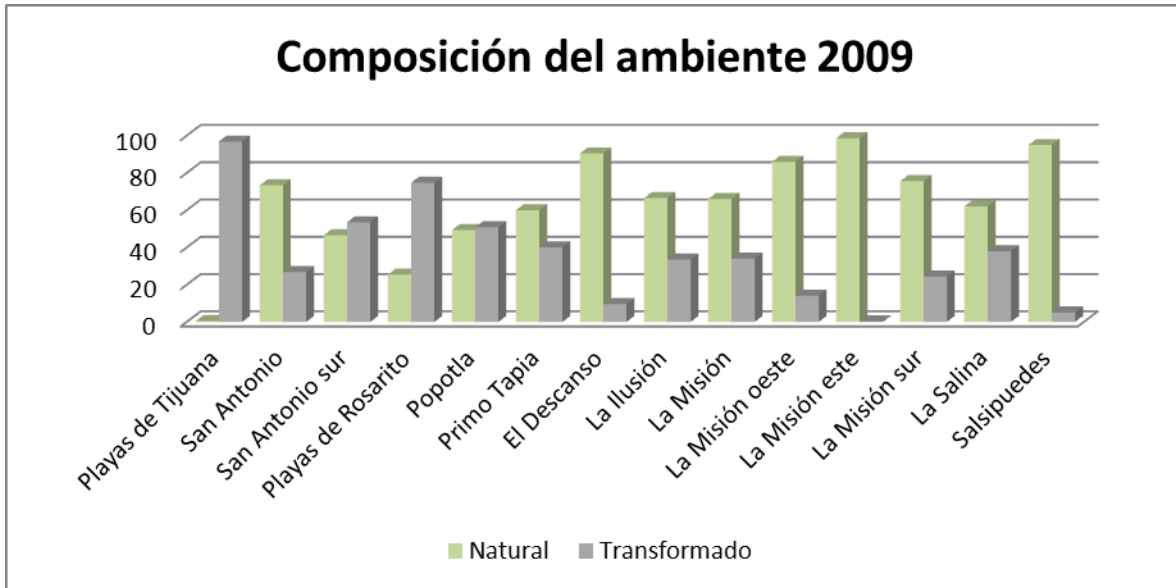
Gráfica 5.2 Composición del ambiente 1990



Fuente: Elaboración propia

Para el año 2009 la microcuenca de playas de Tijuana vuelve a ser la que presenta mayor cobertura de suelo transformado, aunque esta cobertura paso de un 83% de 1990 a un 97% para el 2009, en su contraparte la microcuenca La misión este presenta la mayor cobertura de suelo natural (98%) (Gráfica 5.3)

Gráfica 5.3 Composición del ambiente 2009



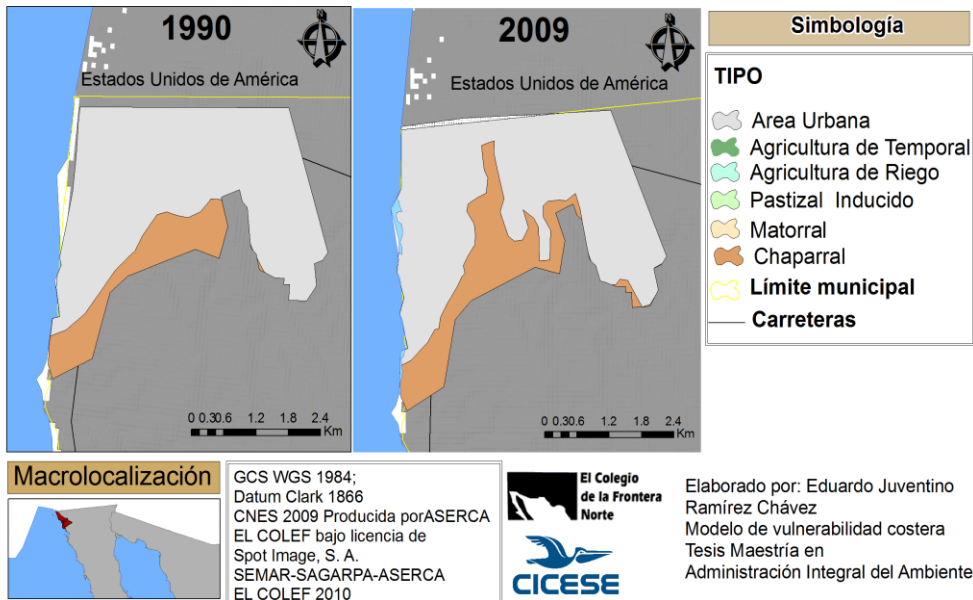
Fuente: Elaboración propia

A continuación se desglosa las coberturas o unidades ambientales, el número de fragmentos y el porcentaje de cada cobertura obtenidas por microcuenca.

Microcuenca Playas de Tijuana

Fig. 5.2 Microcuenca Playas de Tijuana

Cambio cobertura de suelo Playas De Tijuana



Fuente: Elaboración propia con datos de CNES, 2009 y Landsat 1990

Descripción

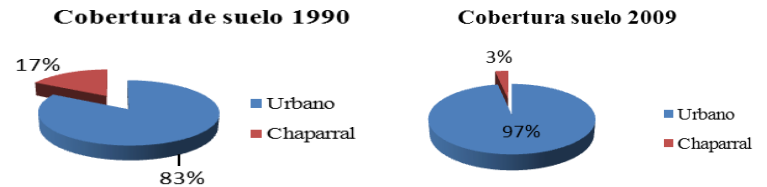
Es la microcuenca ubicada más al norte, sus límites es al norte con los estados unidos de américa al sur con la microcuenca de San Antonio, al este con la ciudad de Tijuana y al oeste con el océano pacífico. Cuenta con 2 fragmentos con una cobertura por cada fragmento. Siendo la cobertura de área urbana la que presenta la mayor cobertura con un 83% para el año 1990 y 97% para el 2009 (Cuadro 8 y figura 8).

Localidades principales: Delegación playas de Tijuana, Delegación San Antonio de los Buenos.

Cuadro 5.5 Resumen Playas de Tijuana

Playas de Tijuana	Área Km ²	1990				2009			
		Urbano		Chaparral		Urbano		Chaparral	
	13.81	11.52	83%	2.3	17%	14.37	97%	0.46	3%

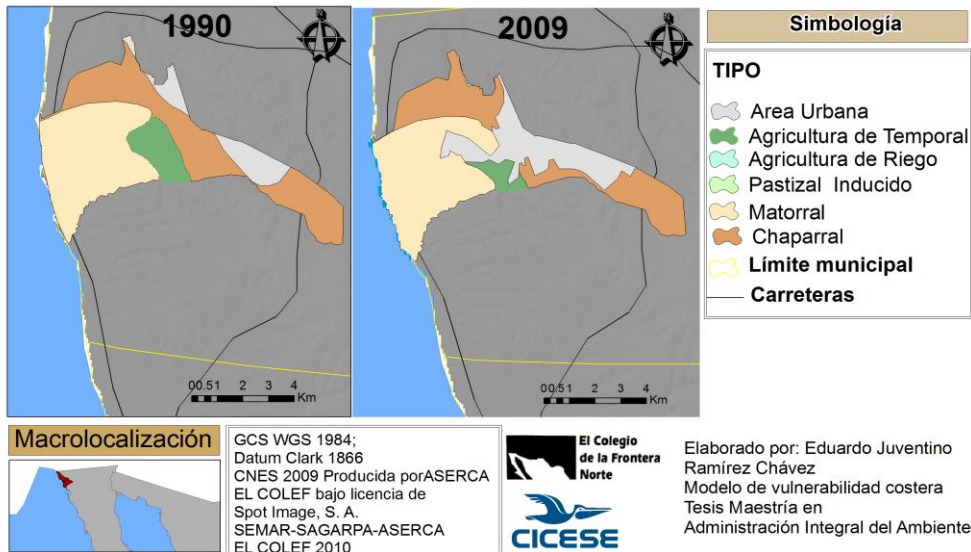
Fuente: Elaboración propia



Microcuenca San Antonio

Fig. 5.3 Microcuenca San Antonio

Cambio cobertura de suelo San Antonio



Fuente: Elaboración propia con datos de CNES, 2009 y Landsat 1990

Descripción.

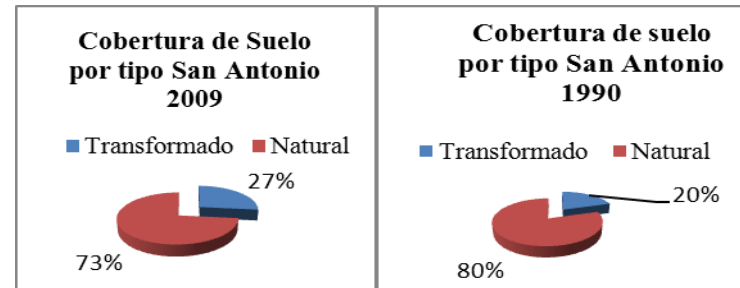
Esta microcuenca tiene sus límites al norte con la microcuenca Playas de Tijuana al sur con la microcuenca de San Antonio sur, al este con la ciudad de Tijuana y al oeste con el océano pacífico. Cuenta con 5 fragmentos, teniendo la cobertura de suelo Chaparral dos fragmentos y los demás usos un fragmento. Tanto el chaparral como el matorral rosetófilo costero son las coberturas dominantes (40% cada uno) para el año 1990 y el 2009 (33% chaparral y 40% matorral) (cuadro 9 y figura 9).

Localidades principales: San Antonio, Real del Mar, Punta Bandera

Cuadro 5.6 Resumen San Antonio

San Antonio	Área Km ²	1990				2009			
		Urbano	A. Tempora	Chaparral	Matorral	Urbano	A. Tempora	Chaparral	Matorral
	38.2	4.16	3.52	15.13	15.37	8.8	1.45	12.65	15.51

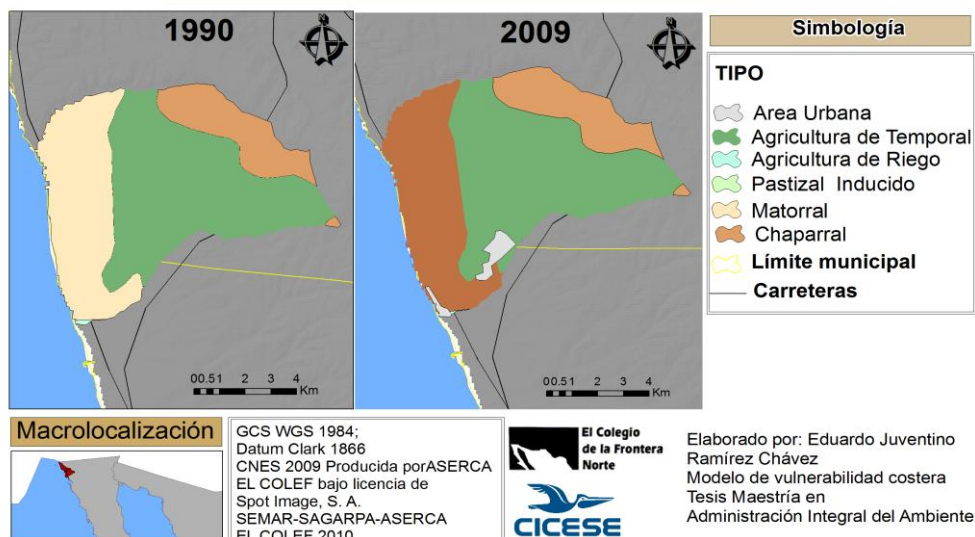
Fuente: Elaboración propia



Microcuenca San Antonio Sur

Fig. 5.4 San Antonio Sur

Cambio cobertura de suelo San Antonio sur



Fuente: Elaboración propia con datos de CNES, 2009 y Landsat 1990

Descripción.

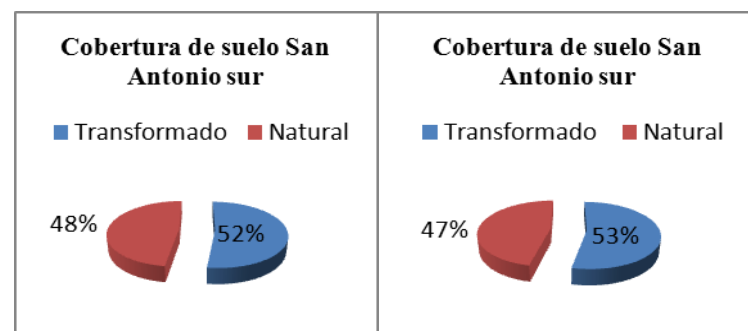
Esta microcuenca tiene sus límites al norte con la microcuenca San Antonio, al sur con la microcuenca de Playas de Rosarito, al este con la ciudad de Tijuana (parque industrial Nórdica) y al oeste con el océano pacífico. Cuenta con 5 fragmentos para 1990 y 7 para 2009, teniendo la cobertura de suelo Chaparral dos fragmentos y los demás usos un fragmento. Tanto el chaparral como el matorral Rosetófilo costero son las coberturas dominantes (40% cada uno) para el año 1990 y el 2009 (33% chaparral y 40% matorral) (cuadro 10 y figura 10).

Localidades principales: El COLEF, San Antonio, Parte Norte de Playas de Rosarito

Cuadro 5.7 Resumen San Antonio Sur

San Antonio Sur	Área	1990					2009				
		Urbano	A. Temporal	A. Riego	Chaparra	Matorral	Urbano	A. Temporal	Chaparra	Chaparra	Matorral
	69.4	0.001	36.08	0.10	10.4	22.7	1.56	35.56	10.74	10.74	21.59

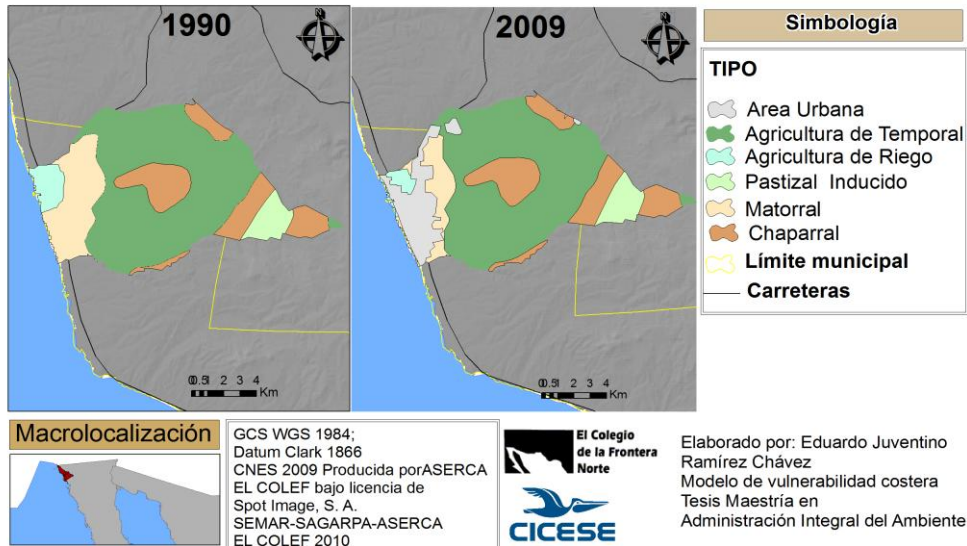
Fuente: Elaboración propia con datos de CNES, 2009 y Landsat 1990



Microcuenca Playas de Rosarito

Fig. 5.5 Playas de Rosarito

Cambio cobertura de suelo Playas de Rosarito



Fuente: Elaboración propia con datos de CNES, 2009 y Landsat 1990

Descripción.

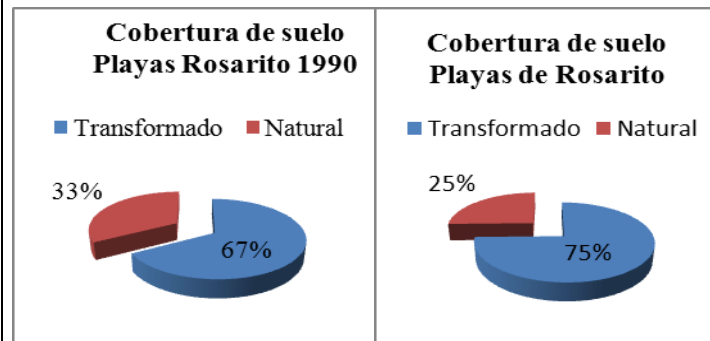
Esta microcuenca tiene sus límites al norte con la microcuenca San Antonio sur, al sur con la microcuenca de Popotla, al este con el este de ciudad de Rosarito y al oeste con el océano pacífico. Cuenta con 8 fragmentos para 1990 y 7 para 2009, teniendo la cobertura de suelo Chaparral 3 fragmentos, agricultura de temporal 2 y los demás usos un fragmento. La agricultura de Temporal es la cobertura dominante para ambos años (71% para 1990 y 35% para 2009) (cuadro 13 y figura 11).

Localidades principales: Playas de Rosarito, Ejido Mazatlán

Cuadro 5.8 Resumen Playas de Rosarito

Playas de Rosarito	Área	1990						2009					
		Pastizal	A. Temporal	A. Riego	Urbano	Chapar	Matorra	Pastizal	A. Temporal	A. Riego	Urbano	Chapar	Matorra
	122.89	6.45	70.6	4.83	22.41	18.3	5.74	70.32	2.01	13.69	22.69	8.45	

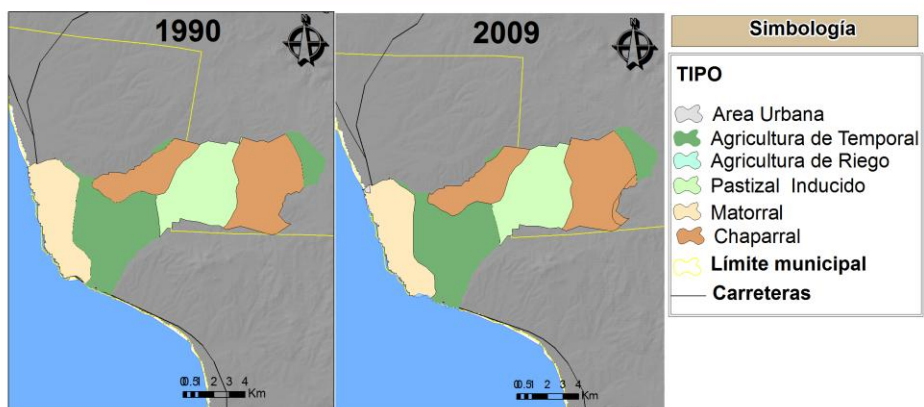
Fuente: Elaboración propia



Microcuenca Popotla

Fig. 5.6 Popotla

Cambio cobertura de suelo Popotla



GCS WGS 1984;
Datum Clark 1866
CNES 2009 Producida porASERCA
EL COLEF bajo licencia de
Spot Image, S. A.
SEMAR-SAGARPA-ASERCA
EL COLEF 2010



Elaborado por: Eduardo Juventino
Ramírez Chávez
Modelo de vulnerabilidad costera
Tesis Maestría en
Administración Integral del Ambiente

Fuente: Elaboración propia con datos de CNES, 2009 y Landsat 1990

Descripción.

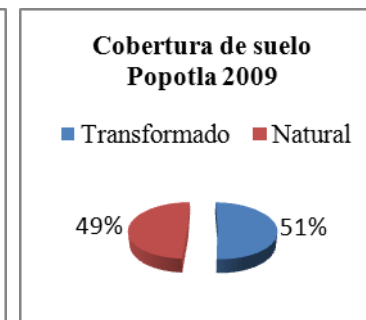
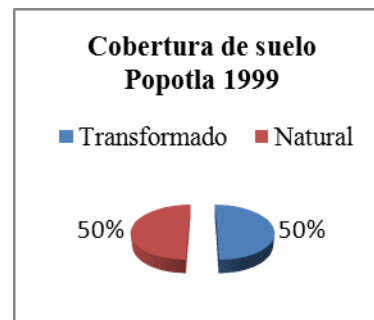
Esta microcuenca tiene sus límites al norte con la microcuenca Playas de rosarito, al sur con la microcuenca de Primo Tapia y al oeste con el océano pacífico. Cuenta con 5 fragmentos para 1990 y 7 para 2009. La cobertura chaparral es la cobertura dominante para 1990 y 2009 (32%) (Cuadro 14 y figura 12).

Localidades principales: Popotla,

Cuadro 5.9 Resumen Popotla

Popotla	Área	1990						2009					
		Pastizal	A. Temporal	A. Riego	Urbano	Chaparra	Matorral	Pastizal	A. Temporal	A. Riego	Urbano	Chaparra	Matorral
	104.95	21.78	30.8	Sin presencia	Sin presencia	34.31	18.05	21.78	31.51	Sin presencia	Sin presencia	34.35	17.4

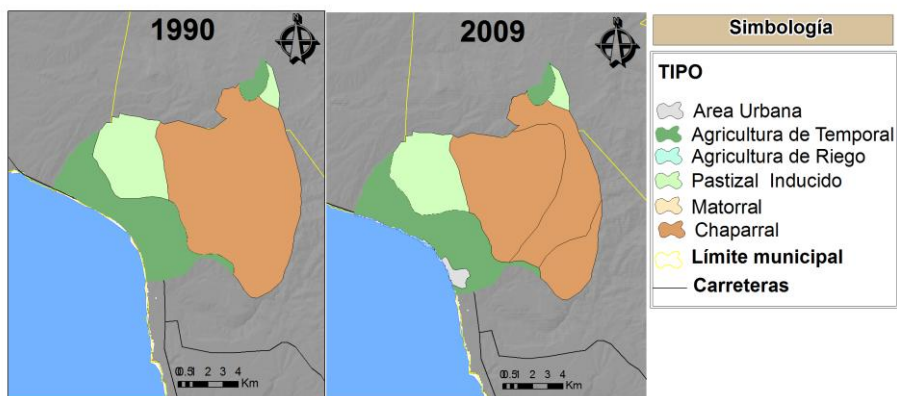
Fuente: Elaboración propia



Microcuenca Primo Tapia

Fig. 5.7 Primo Tapia

Cambio cobertura de suelo Primo Tapia



GCS WGS 1984;
Datum Clark 1866
CNES 2009 Producida por ASERCA
EL COLEF bajo licencia de
Spot Image, S. A.
SEMAR-SAGARPA-ASERCA
EL COLEF 2010



Elaborado por: Eduardo Juventino
Ramírez Chávez
Modelo de vulnerabilidad costera
Tesis Maestría en
Administración Integral del Ambiente

Fuente: Elaboración propia con datos de CNES, 2009 y Landsat 1990

Descripción.

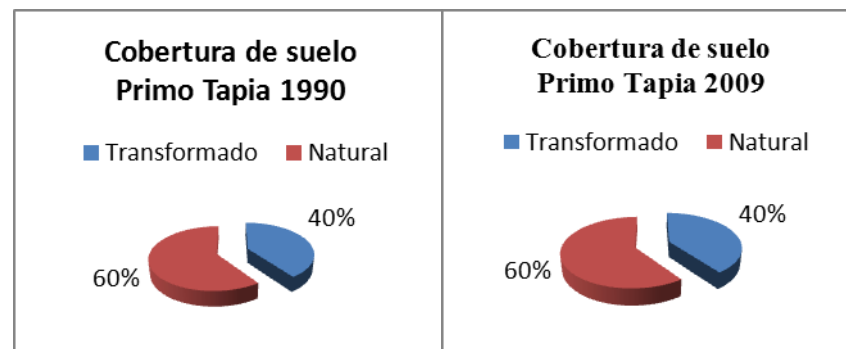
Esta microcuenca tiene sus límites al norte con la microcuenca Popotla, al sur con la microcuenca El Descanso y al oeste con el océano pacífico. Cuenta con 5 fragmentos para 1990 y 7 para 2009. La cobertura chaparral es la cobertura dominante para 1990 y 2009 (32%) (Cuadro 15 y figura 12).

Localidades principales: Puerto Nuevo, Alisitos, Canta Mar

Cuadro 5.10 Resumen Primo Tapia

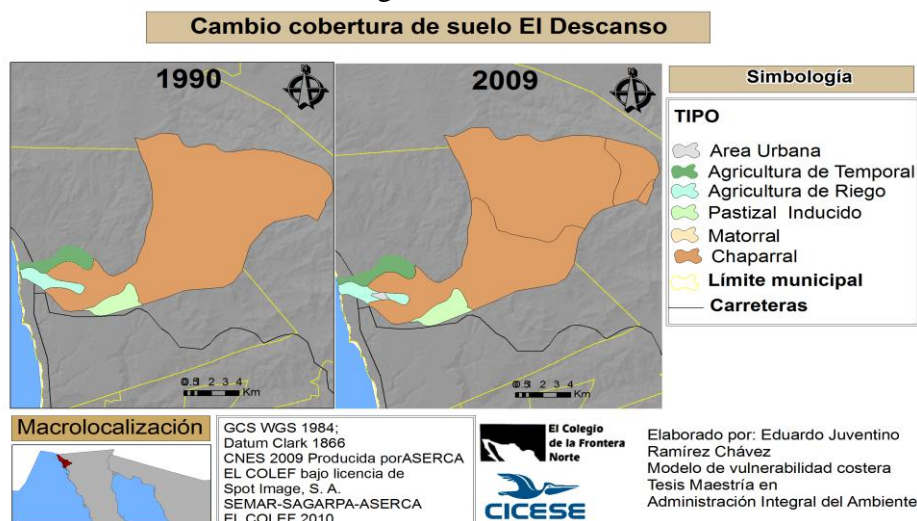
Primo Tapia	Área	1990						2009					
		Pastizal	A. Temporal	A. Riego	Urbano	Chaparra	Matorral	Pastizal	A. Temporal	A. Riego	Urbano	Chaparra	Matorral
	146.29	23.28	35.23	Sin presencia	Sin presencia	87.1	Sin presencia	23.36	33.34	Sin presencia	1.8	86.77	Sin presencia

Fuente: Elaboración propia



Microcuenca El Descanso

Fig. 5.8 El Descanso



Descripción.

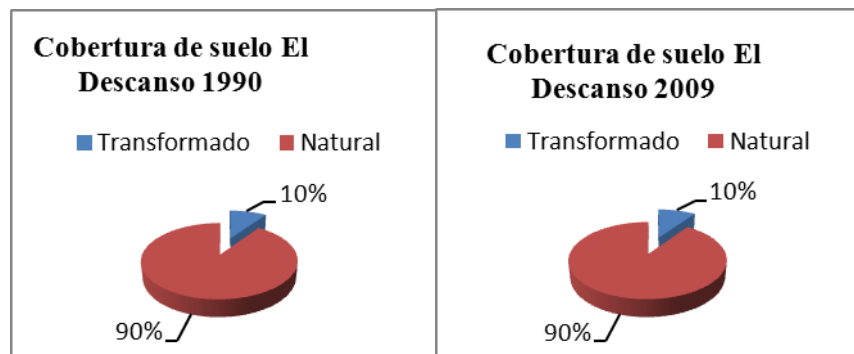
Esta microcuenca tiene sus límites al norte con la microcuenca Primo Tapia, al sur con la microcuenca La Ilusión y al oeste con el océano pacífico. Cuenta con 4 fragmentos para 1990 y 9 para 2009. La cobertura chaparral es la cobertura dominante para 1990 y 2009 (32%) (Cuadro 16 y figura 14).

Localidades principales: Misión Viejo

Cuadro 5.11 Resumen El Descanso

El Descanso	Área	1990						2009					
		Pastizal	A. Temporal	A. Riego	Urbano	Chaparral	Matorral	Pastizal	A. Temporal	A. Riego	Urbano	Chaparral	Matorral
	173.94	5.65	6.27	4.64	Sin presencia	157.37	Sin presencia	5.77	6.18	4.2	0.48	157.53	Sin presencia

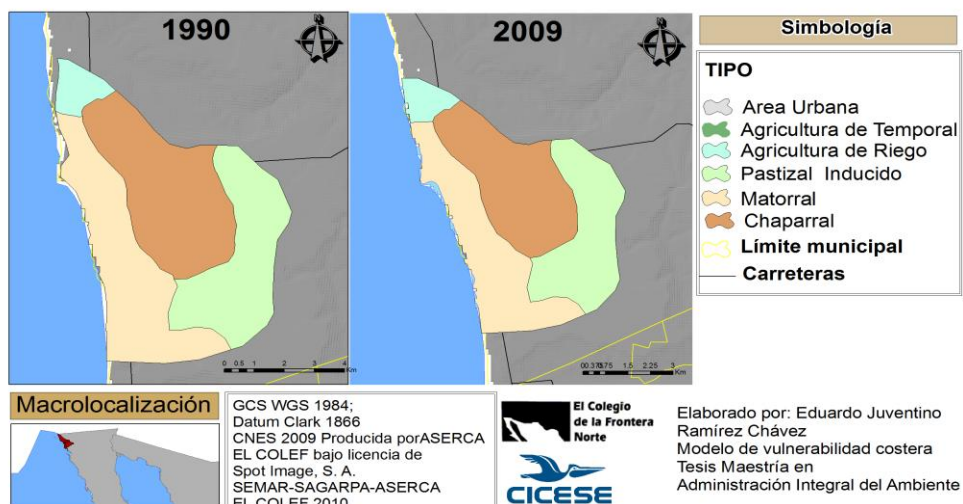
Fuente: Elaboración propia



Microcuenca La Ilusión

Fig. 5.9 Microcuenca la Ilusion

Cambio cobertura de suelo La Ilusión



Fuente: Elaboración propia con datos de CNES, 2009 y Landsat 1990

Descripción.

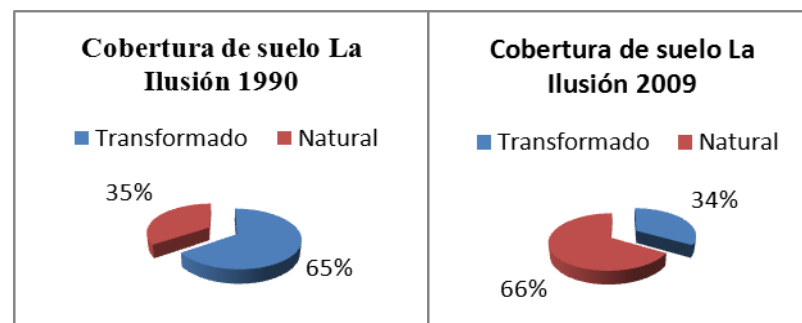
Esta microcuenca tiene sus límites al norte con la microcuenca El Descanso, al sur con la microcuenca La Misión y al oeste con el océano pacífico. Cuenta con 4 fragmentos para ambos periodos de tiempo. La cobertura chaparral es la cobertura dominante para 1990 y 2009 (34%) (Cuadro 17 y figura 15).

Localidades principales: Cuenca Lechera, Campo López

Cuadro 5.12 Resumen La Ilusión

La Ilusión	Área	1990						2009					
		Pastizal	A. Temporal	A. Riego	Urbano	Chaparral	Matorral	Pastizal	A. Temporal	A. Riego	Urbano	Chaparral	Matorral
	41.84	11.47	Sin presencia	1.92	Sin presencia	14.27	13.48	11.93	Sin presencia	2.08	Sin presencia	14.41	13.41

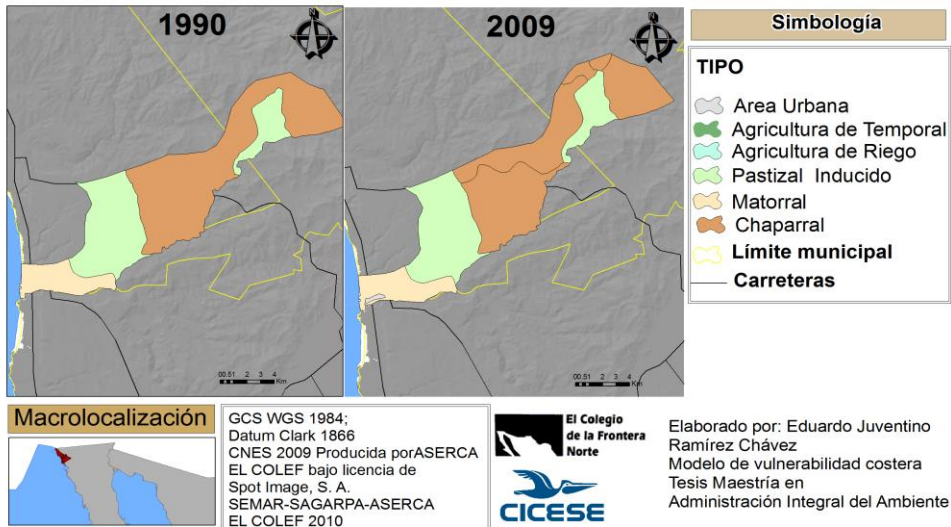
Fuente: Elaboración propia



Microcuenca La Misión

Fig. 5.10 La Misión

Cambio cobertura de suelo La Misión



Fuente: Elaboración propia con datos de CNES, 2009 y Landsat 1990

Descripción.

Esta microcuenca tiene sus límites al norte con la microcuenca La Ilusión, al sur con la microcuenca La Misión oeste y al oeste con el océano pacífico. Cuenta con 4 fragmentos para ambos periodos de tiempo. La cobertura chaparral es la cobertura dominante para 1990 y 2009 (34%) (Cuadro 18 y figura 15).

Localidades principales: La Misión, Bella Vista

Cuadro 5.13 Resumen La Misión

La Misión	Área	1990						2009					
		Pastiza	A. Temporal	A. Riego	Urban	Chapar	Matorral	Pastiza	A. Temporal	A. Riego	Urban	Chapar	Matorral
	131.888	44.44	Sin presencia	Sin presencia	Sin presencia	73.95	13.48	44.35	Sin presencia	Sin presencia	0.48	74.1	12.92

Fuente: Elaboración propia

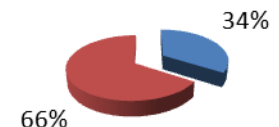
Cobertura de suelo La Misión 1990

■ Transformado ■ Natural



Cobertura de suelo La Misión 2009

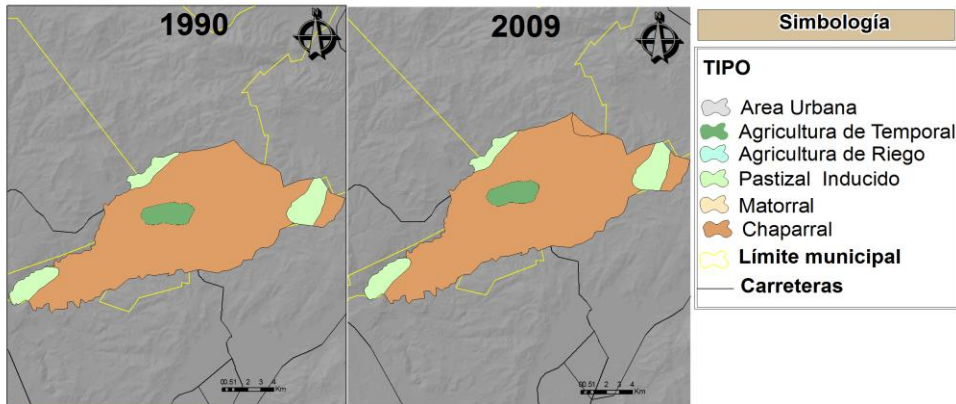
■ Transformado ■ Natural



Microcuenca La Misión oeste

Fig. 5.11 La Misión oeste

Cambio cobertura de suelo La Misión Oeste



GCS WGS 1984;
Datum Clark 1866
CNES 2009 Producida porASERCA
EL COLEF bajo licencia de
Spot Image, S. A.
SEMAR-SAGARPA-ASERCA
EL COLEF 2010



Elaborado por: Eduardo Juventino
Ramírez Chávez
Modelo de vulnerabilidad costera
Tesis Maestría en
Administración Integral del Ambiente

Fuente: Elaboración propia con datos de CNES, 2009 y Landsat 1990

Descripción.

Esta microcuenca tiene sus límites al norte con la microcuenca La Misión, al sur con la microcuenca La Misión este y al oeste con el océano pacífico. Cuenta con 6 fragmentos para 1990, 3 de ellos para la cobertura de pastizal, Para 2009 se encuentran 7 fragmentos 3 para pastizal y 2 para chaparral. La cobertura chaparral es la cobertura dominante para 1990 y 2009 (34%) (Cuadro 19 y figura 16).

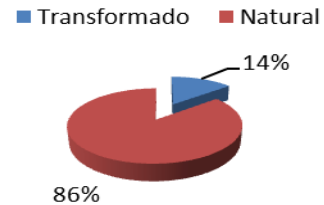
Localidades principales: Rancho Viejo

Cuadro 5.14 Resumen La Misión oeste

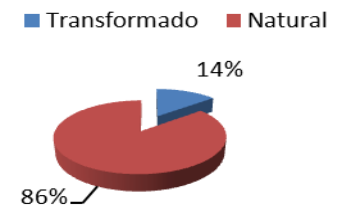
La misión oeste	Área	1990						2009					
		Pastizal	A. Temporal	A. Riego	Urbano	Chaparral	Matorral	Pastizal	A. Temporal	A. Riego	Urbano	Chaparral	Matorral
	171.35	17.36	13.48	Sin prese	Sin prese	140.45	0.05	16.93	6.1	Sin prese	Sin prese	140.9	0.003

Fuente: Elaboración propia

Cobertura de suelo La Misión Oeste 1990



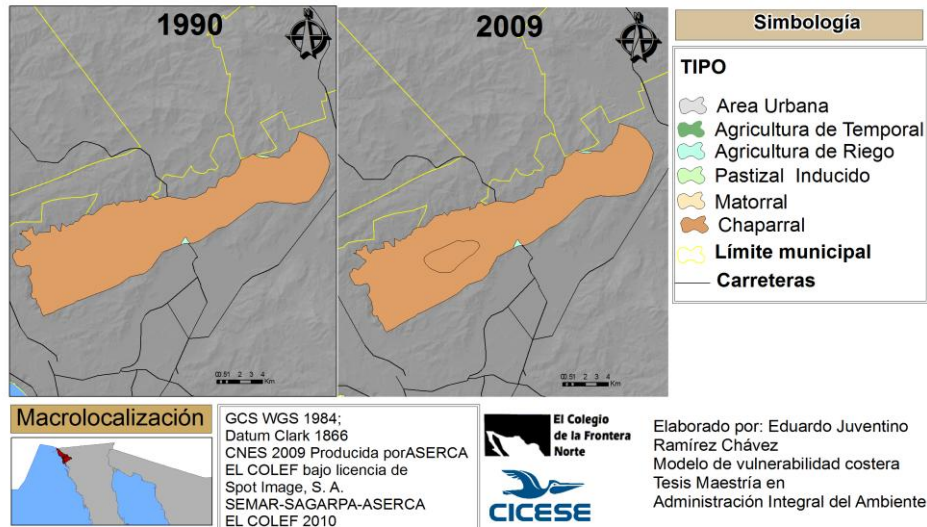
Cobertura de suelo La Misión Oeste 2009



Microcuenca La Misión este

Fig. 5.12 La Misión este

Cambio cobertura de suelo La Misión Este



Fuente: Elaboración propia con datos de CNES, 2009 y Landsat 1990

Descripción.

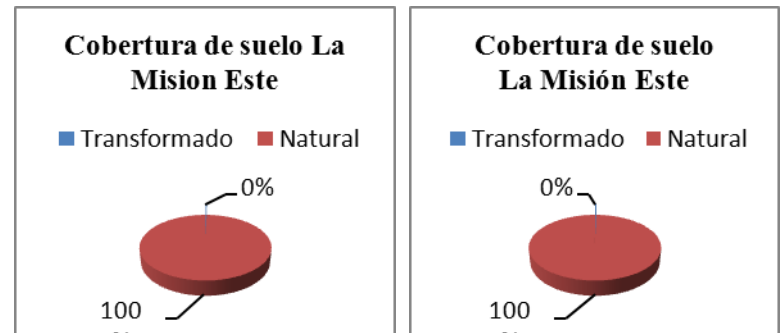
Esta microcuenca tiene sus límites al norte con la microcuenca La Misión oeste, al sur con la microcuenca La Misión sur y al oeste con el océano pacífico. Cuenta con 3 fragmentos para 1990 y 4 para 2009 2 de ellos para la cobertura chaparral. La cobertura chaparral es la cobertura dominante para 1990 y 2009 (34%) (Cuadro 20 y figura 17).

Localidades principales: El Salto

Cuadro 5.15 Resumen La Misión este

La Misión este	Área	1990						2009					
		Pastizal	A. Temporal	A. Riego	Urbano	Chaparral	Matorral	Pastizal	A. Temporal	A. Riego	Urbano	Chaparral	Matorral
	148.9	0.21	0.24	148.4	0.20	0.27	148.4						

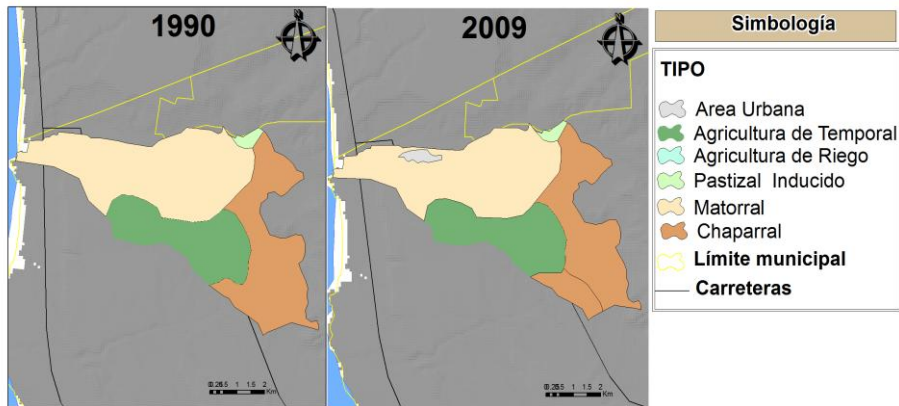
Fuente: Elaboración propia



Microcuenca La Misión sur

Fig. 5.13 La Misión sur

Cambio cobertura de suelo La Misión Sur



Macrolocalización



GCS WGS 1984;
Datum Clark 1866
CNES 2009 Producida por ASERCA
EL COLEF bajo licencia de
Spot Image, S. A.
SEMAR-SAGARPA-ASERCA
EL COLEF 2010



Elaborado por: Eduardo Juventino
Ramírez Chávez
Modelo de vulnerabilidad costera
Tesis Maestría en
Administración Integral del Ambiente

Fuente: Elaboración propia con datos de CNES, 2009 y Landsat 1990

Descripción.

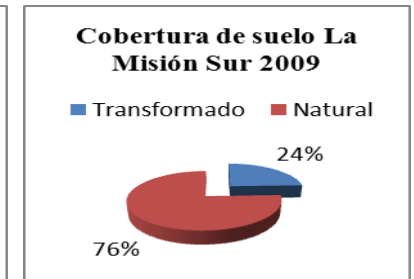
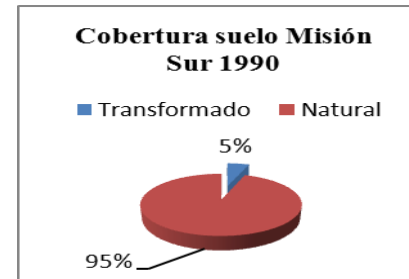
Esta microcuenca tiene sus límites al norte con la microcuenca La Misión este, al sur con la microcuenca La Salina y al oeste con el océano pacífico. Cuenta con 4 fragmentos para 1990 y 6 fragmentos para 2009, dos para la cobertura chaparral. La cobertura matorral es la cobertura dominante para 1990 y 2009 (45 y 43% respectivamente) (Cuadro 21 y figura 18).

Localidades principales: Guadalupe (Francisco Zarco)

Cuadro 5.16 La Misión sur

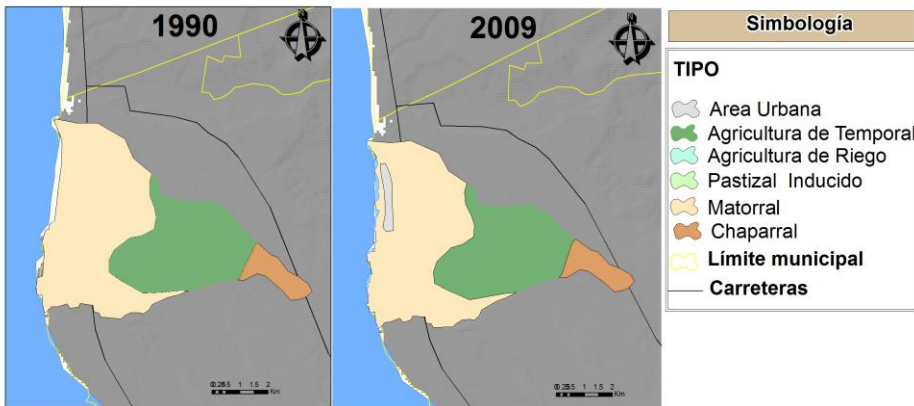
La Misión sur	Área	1990						2009					
		Pastiza	A. Tempo	A. Riego	Urban	Chapar	Matorral	Pastiza	A. Tempo	ral	A. Riego	Urban	Chapar
	36.64	0.41	8.16	presen	presen	11.25	16.81	0.38	8.08	presen	0.47	11.63	1606

Fuente: Elaboración propia



Microcuenca La Salina

Cambio cobertura de suelo La Salina



Macrolocalización



GCS WGS 1984;
Datum Clark 1866
CNES 2009 Producida porASERCA
EL COLEF bajo licencia de
Spot Image, S. A.
SEMAR-SAGARPA-ASERCA
EL COLEF 2010



Elaborado por: Eduardo Juventino
Ramírez Chávez
Modelo de vulnerabilidad costera
Tesis Maestría en
Administración Integral del Ambiente

Fuente: Elaboración propia con datos de CNES, 2009 y Landsat 1990

Descripción.

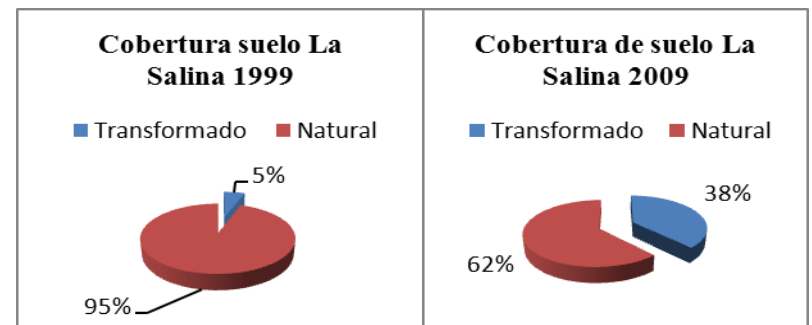
Esta microcuenca tiene sus límites al norte con la microcuenca La Misión sur, al sur con la microcuenca Salsipuedes y al oeste con el océano pacífico. Cuenta con 4 fragmentos para ambos periodos de tiempo. La cobertura matorral es la cobertura dominante para 1990 y 2009 (Cuadro 22 y figura 20).

Localidades principales: La Salina

Cuadro 5.17 La Salina

La Salina	Área	1990						2009					
		Pastizal	A. Temporal	A. Riego	Urbano	Chaparral	Matorral	Pastizal	A. Temporal	A. Riego	Urbano	Chaparral	Matorral
	36.64	0.41	8.16	0.00	0.00	11.25	16.81	0.00	12.05	0.00	0.70	2.07	18.74

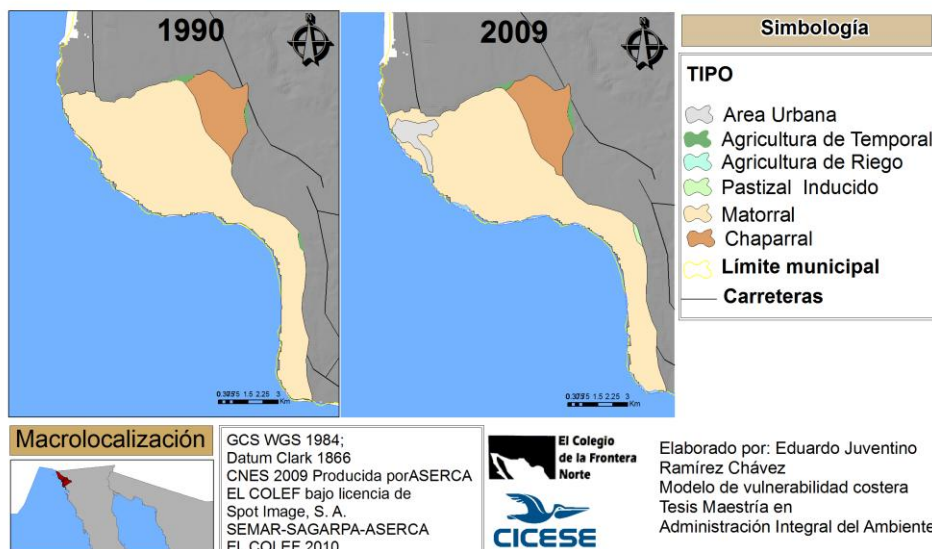
Fuente: Elaboración propia



Microcuenca Salsipuedes

Fig. 5.15 Salsipuedes

Cambio cobertura de suelo Salsipuedes



Fuente: Elaboración propia con datos de CNES, 2009 y Landsat 1990

Descripción.

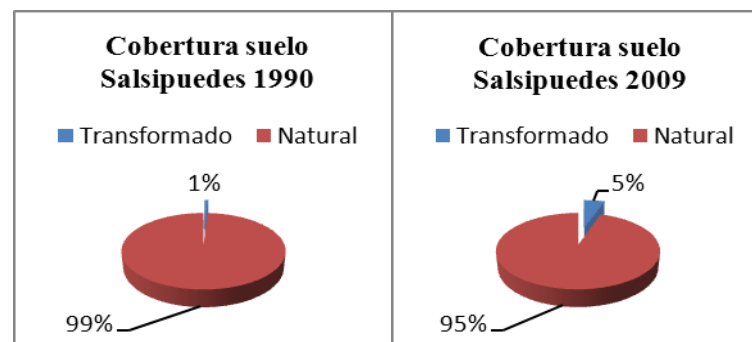
Esta microcuenca tiene sus límites al norte con la microcuenca La Misión sur, al sur con la microcuenca Salsipuedes y al oeste con el océano pacífico. Cuenta con 4 fragmentos para 1990 2 de ellos son de agricultura de temporal y 6 fragmentos para 2009 manteniendo los 2 fragmentos de agricultura de temporal. La cobertura matorral es la cobertura dominante para 1990 y 2009 (86 y 79 % respectivamente) (Cuadro 22 y figura 23).

Localidades principales: Ejido Santa Rosa, Salsipuedes

Cuadro 5.18 Resumen Salsipuedes

Área	1990							2009					
	Pastizal	A. Temporal	A. Riego	Urbano	Chaparral	Matorral	Pastizal	A. Temporal	A. Riego	Urbano	Chaparral	Matorral	
La Salina	Sin presencia	0.54	Sin presencia	Sin presencia	8.03	53.07	0.21	0.49	Sin presencia	2.43	7.18	49.26	

Fuente: Elaboración propia

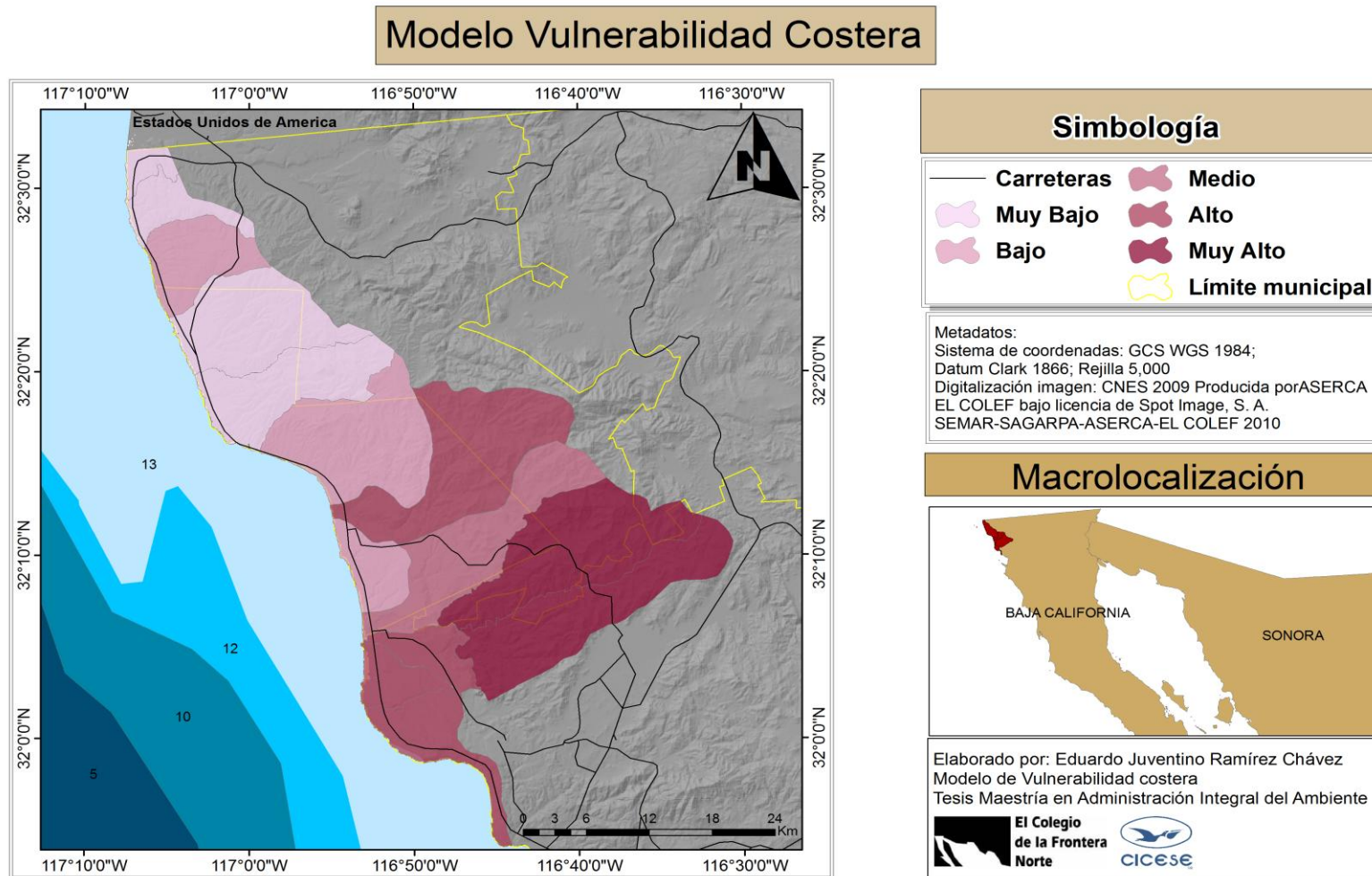


Modelo de vulnerabilidad

Como se mencionó en el capítulo anterior. el modelo de vulnerabilidad costera para Tijuana-Ensenada, se construye con base en indicadores tomados de fuentes oficiales como INEGI, ordenamientos ecológicos y de desarrollo de centros de población y del estado de Baja California, así como de fuentes de datos ubicadas en el colegio de la frontera norte (El Colef), con el objetivo de estimar la vulnerabilidad del área de estudio ante eventos hidrometeorológicos con precipitaciones mayores a veinte milímetros por hora, a partir de la conjunción de datos ambientales y sociales

Los resultados obtenidos en el análisis espacial se les clasifico en una escala cualitativa que consiste en cinco categorías (muy bajo, bajo, medio, alto y muy alto) de esta manera se obtuvo que la microcuenca con valores de vulnerabilidad muy alta son: la microcuenca La Misión oeste y la Misión este, con rango de vulnerabilidad Alta están las microcuencas: El Descanso, La Misión sur, La Salina y Salsipuedes, con vulnerabilidad media solo se encuentra: La Misión, con vulnerabilidad baja: San Antonio sur, Primo Tapia y La Ilusión y con una vulnerabilidad baja a: Playas de Tijuana, San Antonio, Playas de Rosarito y Popotla. (Figura 5.18)

Figura 5.16. Modelo de vulnerabilidad costera de la franja Tijuana-Ensenada ante eventos hidrometeorológica



Fuente: Elaboración propia con datos de CNES, 2009 y Landsat 1990

Caracterización de actores

Cuadro 5.19. Caracterización de actores

Actores	Locales	Regionales	Nacionales	Internacionales
Sector Privado	<ul style="list-style-type: none"> • Zonas de camping • Ganaderos Cuenca lechera • Pescadores • Agricultores 	<ul style="list-style-type: none"> • 	<ul style="list-style-type: none"> • Baja Mar Ocean Front Golf Resort (Grupo Valcas) 	<ul style="list-style-type: none"> • GRUMAR (Puerto la Salina) • SEMPRA ENERGY
Propietarios	<ul style="list-style-type: none"> • Habitantes localidades franja costera • Restauranteros Puerto Nuevo • Dueños de Ranchos 	<ul style="list-style-type: none"> • 	<ul style="list-style-type: none"> • 	<ul style="list-style-type: none"> •
Usuarios artesanales	<ul style="list-style-type: none"> • 	<ul style="list-style-type: none"> • 	<ul style="list-style-type: none"> • 	<ul style="list-style-type: none"> •
Funcionarios Públicos	<ul style="list-style-type: none"> • Directores protección Civil (Ensenada, Rosarito y Tijuana) 	<ul style="list-style-type: none"> • Director protección Civil Baja California 	<ul style="list-style-type: none"> • 	<ul style="list-style-type: none"> •
Agencias de Gobierno	<ul style="list-style-type: none"> • Dirección municipal protección civil (Tijuana, Rosarito y Ensenada) 	<ul style="list-style-type: none"> • Secretaria de protección al ambiente • Dirección estatal de protección civil • Delegación SEMARNAT 	<ul style="list-style-type: none"> • SEMARNAT • ZOFEMAT 	<ul style="list-style-type: none"> •
Comunidad científica	<ul style="list-style-type: none"> • 	<ul style="list-style-type: none"> • UABC • CICESE • COLEF 	<ul style="list-style-type: none"> • ICMYL UNAM • COLMEX 	<ul style="list-style-type: none"> • UCSD
Organizaciones conservacionistas	<ul style="list-style-type: none"> • 	<ul style="list-style-type: none"> • TERRAPENINSULAR 	<ul style="list-style-type: none"> • PRONATURA • Greenpeace 	<ul style="list-style-type: none"> • THE NATURE CONSERVANCY • WWF

Fuente: Elaboración propia

Problemas ambientales y sus causas

De acuerdo a la identificación del uso de suelo se puso mayor atención aquellas superficies que contaran con un grado elevado de naturalidad, quedando descartadas en el análisis de la problemática aquellas zonas cuyo grado de naturalidad fuera bajo o nulo, como la zona urbana, pastizales y agricultura de diferente tipo, sin que por ello dejaran de considerarse para determinar las fuentes de dicha problemática. Se detectaron 5 problemas ambientales: uno cartografiables, tres cartografiables y perceptibles en el terreno y una dentro de la categoría de cambio perceptible en terreno y con repercusiones sociales inmediatas.

De las 14 microcuencas, playas de Tijuana y La Misión presentaron todos los problemas ambientales, en segundo lugar se encontró Playas de Rosarito (con 4), mientras que las que presentaron menor número de problemáticas fueron Primo Tapia, La Ilusión, La Misión Este y La Misión Sur.

Todas las problemáticas no fueron exclusivas de alguna Microcuenca en particular, es decir cada problemática está presente por lo menos en dos microcuencas. Destacando las problemáticas cartografiables y la problemática cambio perceptible en terreno con repercusiones sociales inmediatas que se ven manifestadas en diez de las catorce microcuencas.

Ligadas a la problemática ambiental, se detectaron 19 causas. Los problemas ambientales identificados tuvieron entre una y seis causas diferentes, las cuales se manifestaron de diferente forma en las microcuencas. Por ejemplo la problemática “disminución en la cobertura de chaparral y matorral costero” que cuenta con cinco causas, la causa “construcción de complejos residenciales” está presente en la Salina, pero no en Playas de Tijuana que a su vez esta problemática se deriva de causas como “expansión de la mancha urbana” y “Designación de áreas para agricultura”.

En cuanto a su ubicación espacial y origen se tienen 9 de origen internas antropogénicas, 4 externas antropogénicas, 2 internas naturales y 3 externas naturales. Cuatro de los cinco

problemas ambientales son resentidos por los asentamientos humanos, en uno coinciden asentamientos humanos y el sector gubernamental (incremento de la vulnerabilidad). Una problemática solo es resentida por los propietarios costeros (Erosión de playas y dunas). Existen otros sectores resienten la problemática ambiental aunque no están en dependencia directa del recurso, estos estas representadas por el sector académico, sector gubernamental, artesanos y ONG

Problemas ambientales por microcuenca

Cuadro 5.20 Problemas ambientales por microcuenca

Problemas ambientales por microcuenca (· Presencia del problema)																				
	Problemática y causas	Microcuenca donde es percibido																		
		Playas de Tijuana	San Antonio	San Antonio Sur	Playas de Rosarito	Popotla	Primo Tapia	El Descanso	La Ilusión	LA Misión	LA Misión oeste	La Misión Este	La Misión Sur	La Salina	Salsipuedes	Sector que resiente el problema	Sector que percibe el problema	Ubicación espacial y origen de la causa	Factores que generan la causa	
Cartografiables	Disminucion cobertura Matorral costero y chaparral	●	●	●	●			●	●	●			●	●	●	Asentamientos en avenidas rapidas y zonas bajas	Centros de Poblacion en general, Academicos, ONG			
	Expansión de la mancha urbana	©	©	©				©	©	©								Interna Antropogénica	No existe plan de desarrollo urbano para nuevos poblados. No se respeta el Ordenamiento de territorio (COCOTREN)	
	Designacion de zonas para agricultura de riego y temporal	©	©	©	©														Interna Antropogénica	
	Construccion de complejos residenciales			©										©					Interna Antropogénica	No existe plan de desarrollo urbano para nuevos poblados. No se respeta el Ordenamiento de territorio (COCOTREN)
	Construccion de resorts														©				Interna Antropogénica	No existe plan de desarrollo urbano para nuevos poblados. No se respeta el Ordenamiento de territorio (COCOTREN)
	Terreno para industria														©				Interna Antropogénica	Instalacion de nueva gasera

Fuente: Elaboración propia

Problemas ambientales por microcuena (continuación)

Cuadro 5.20 Problemas ambientales por microcuena

Cartografiables y perceptibles en terreno	Cambios en la configuración de playa	●				●											Turismo y Asentamientos que habitan en la playa	Academicos, ONG, Propietarios costeros, Sector privado, Usuarios artesanales			
	Disminucion por aporte de sedimentos	©																	Externa Antropogénica	Construccion de la presa Abelardo L. Rodriguez en 1937	
	Construccion de infraestructura				©														Interna Antropogénica	Infraestructura de paraestatales (PEMEX y CFE)	
	Cambios estacionales en el tren de las olas				©						©								Externa Natural	Factores naturales	
	Modificacion topoformas del terreno	●			●						●	●	●					Asentamientos bajo la m	Academicos, ONG		
	Cortes de cerros para zoans	©			©						©	©	©							Antropogénica	
	Erosion playas y dunas	●			●						●							Propietarios costeros	Académicos		
	Sequias	©			©						©									Externa Natural	Factores naturales
	Tormentas y ventizcas	©			©						©	©	©							Externa Natural	Factores naturales
	Disminucion por aporte de sedimentos	©																		Externa Antropogénica	Construccion de la presa Abelardo L. Rodriguez en 1937
	Cambios estacionales en el tren de las olas										©									Externa Natural	Factores naturales
Cambios Perceptibles en terreno y Repercusiones sociales inmediatas	Incremento de vulnerabilidad	●	●	●	●	●	●	●									Asentamientos humanos	Académico y funcionarios gubernamentales			
	Edificaciones en zonas bajas	©																		Externa Antropogénica	Crecimiento poblacional
	Edificaciones en avenidas rapidas		©																	Externa Antropogénica	Crecimiento poblacional
	Edificaciones en deterioro	©			©	©														Interna Antropogénica	Poco Mantenimiento
	Canales obstruidos	©			©						©									Interna Antropogénica	Desinteres, desconocimiento
	Encharcamientos	©			©															Interna Natural	Factores naturales
	Deslaves		©								©		©	©	©					Interna Natural	Factores naturales

Fuente: Elaboración propia

CONCLUSIONES

La hipótesis que se planteó desde un inicio y que guió el presente trabajo pudo ser comprobada debido a que se desarrollaron los elementos que permitieron su ratificación. Para llegar a lo anterior, fue necesario realizar una serie de actividades entre las que se encuentran: identificar actores claves involucrados en la problemática ambiental, realizar una caracterización y diagnóstico de las microcuencas (unidades ambientales), identificar los principales cambios de cobertura de suelo, analizar los problemas ambientales y las causas que lo generan en la zona costera Tijuana-Ensenada. Enseguida se describe los aspectos a mayor detalle.

Factores que incrementan la vulnerabilidad

La fase de caracterización y diagnóstico del presente estudio nos muestra que la zona costera de Tijuana-Ensenada se encuentra bajo una fuerte presión por construcciones turísticas, principalmente complejos residenciales, esto es corroborado por el análisis de cambio de cobertura de suelo aplicado a las microcuencas que en todas indican que se incrementa el área urbana, aún con la crisis económica experimentada por los Estados Unidos derivada de la industria inmobiliaria en el 2008.

Esta tendencia de pérdida de cobertura natural es influenciada por diferentes factores entre ellos el constante impulso turístico que recibe la franja costera para ser un detonador económico por parte de los planes de desarrollo de los municipios y programas de ordenamiento y la demanda por parte de norteamericanos principalmente jubilados que desean tener un bien en la zona.

Estos intereses permean a los programas de desarrollo que en su mayoría no toman en cuenta a las dependencias como protección civil o a la propia vulnerabilidad ante riesgos naturales y principalmente eventos hidrometeorológicos presente en la zona, o en las ocasiones que se toma en cuenta se limita a la descripción de las zonas vulnerables mediante su representación cartográfica en mapas de vulnerabilidad.

Acompañado a lo anterior la sociedad parece estar en una inmunidad subjetiva bajo el lema de que en la zona “casi no llueve” debido a que proviene de zonas del país donde la precipitación media anual es mucho mayor a la registrada para la franja costera, pero que a diferencia de esta zona, en aquellos lugares las características físicas y biológicas son diferentes por lo que los ecosistemas y poblaciones no se ven afectadas.

La población de la franja costera Tijuana-Ensenada por su crecimiento de 1990 a 2009, ha propiciado que asentamientos humanos, generalmente irregulares, tomen zonas bajas o cañadas para ubicarse, incrementando su vulnerabilidad principalmente en las microcuencas de Primo Tapia, la Misión. Así mismo la fragmentación del paisaje presente en todas las microcuencas propicia una baja amortiguación de la vegetación natural, ya que al estar fragmentadas y aisladas se hacen menos resistentes a las avenidas rápidas de agua de lluvia, por lo que las zonas bajas (con poca permeabilidad) se ven saturadas y comienzan a inundarse.

La presencia de esta fragmentación está asociada a la presencia de cambios de la cobertura de suelo tanto intra como interclasificatoria, es decir cambios a nivel subcategoría dentro de una misma clasificación, y cambios entre las dos clasificaciones (transformada y natural). Esto se ve explicado por los resultados del análisis de problemas ambientales y sus fuentes. El primer tipo de cambio es la pérdida de superficie de las coberturas de agricultura de riego y de temporal por la cobertura urbano principalmente, y la segunda es la modificación de topofomas debida a cortes de cerros para ser ocupados para desarrollos habitacionales, cabe recalcar que esta modificación está presente en las dos microcuencas que tienen el mayor grado (microcuenca La Misión oeste y La Misión este)

Modelo de vulnerabilidad

Los análisis realizados por medio de indicadores demográficos y ecológicos junto a una perspectiva temporal incorporada (tasas de cambio en 19 años), permiten visualizar los diferentes tipos de vulnerabilidad de una manera integrada. Asimismo, es posible identificar y visualizar espacialmente las fuerzas que directamente califican la vulnerabilidad.

El análisis de una subcuenca subdividida en microcuencas o unidades ecológicas, provee un contexto significativo y manejable para analizar los cambios pasados y modelar los futuros, ya que son unidades con ambientes físicos homogéneos en los que se pueden contrastar las diversas formas de apropiación de la naturaleza y sus consecuencias ambientales (Turner, et al., 1990).

Pasando a las aportaciones que deja el trabajar el tema de vulnerabilidad bajo el enfoque del manejo integral de la zona costera (MIZC) se ve reflejada en: Incentivar a trabajar de manera coordinada y bajo un enfoque en donde protección civil pueda tener derecho a voz y voto para ayudar a planear los nuevos asentamientos humanos, cabe mencionar que la revista al Plan parcial de crecimiento para playas de Tijuana y las entrevistas con el director y subdirector de protección civil para el municipio de Tijuana muestran que para este plan en específico si se contó con la opinión de protección civil por parte del instituto municipal de Tijuana (Impelan).

De la misma manera el MIZC aporta las bases para trabajar bajo los diferentes niveles de gobierno que tienen injerencia en la zona costera bajo el marco de arreglos institucionales que regulen los diferentes intereses presentes en la zona. Con el objetivo de alcanzar mejores condiciones de calidad de vida se sugiere dejar de impulsar la actividad turística si no se cuenta con zonas de amortiguamiento de vegetación natural que sirvan para disminuir las avenidas rápidas de agua.

En otro orden de ideas, el presente modelo encuentra limitaciones en que los datos demográficos están en constante movimiento, por lo que el resultado representa a un punto en el tiempo, sin embargo la estructura del modelo hace que este pueda ser aplicable en otras circunstancias en diferente tiempo lo que permite la comparación entre diferentes sitios. Así mismo se reconoce que el modelo es perfectible, en el sentido que se pueden incluir indicadores e índices que reflejen de forma más certera las condiciones naturales de la región de interés, siempre y cuando el indicador incorpore resultados relevantes al modelo, debido a que es un esfuerzo técnico considerable incorporar variables al modelo, y contar con el conocimiento de que la información necesaria para la construcción del nuevo índice o indicador se encuentre disponible para toda la región.

Recomendaciones

Para futuras investigaciones se sugiere realizar análisis de la fragmentación del paisaje, ya que las microcuencas que presentan un alto porcentaje de su superficie con cubierta natural, no necesariamente significa que la cubierta vegetal pueda amortiguar las avenidas rápidas de agua, debido a que se encuentran en fragmentos y aisladas por consecuencia no presentan una continuidad provocando una menor resiliencia para el ecosistema.

Se sugiere trabajar con los nuevos datos oficiales de INEGI que al momento de terminar esta investigación se termina el censo de población y vivienda 2010.

También tomar en cuenta las nuevas adaptaciones que se deriven del reglamento de protección civil y reglamento de asentamientos humanos derivados de las nuevas revisión que se realicen a los presentes reglamentos.

Tomar la propuesta emitida por el Impelan Tijuana (dada que es la que más avanzada esta al momento de terminar esta investigación) en su programa de crecimiento para playas de “...desocupación de los sitios situados en esta categoría, estableciendo programas de oferta de vivienda con fines de reubicación, dando prioridad a los residentes de la propia zona” (IMPLAN, 2008).

Así mismo se debe platear el compartir información y metodología de los institutos municipales de planeación con el objetivo de estandarizar conceptos y definiciones de la zona costera a lo largo de toda la franja costera, con insumo puede tomarse a la Comisión intersecretarial para el manejo sustentable de mares y costas instalada por el gobierno federal a inicios del año 2009.

Adoptar las recomendaciones que se deriven del programa de adaptación ante el cambio climático para Baja California que se está elaborando por EL COLEF, CICESE, UABC y gobierno del estado. Continuar con los esfuerzos de limpiar los canales que sirven como drenaje pluvial para playas de Tijuana.

BIBLIOGRAFÍA

- Adger, W. 1996. *Approaches to Vulnerability to climate change*. New York: UNESCO.
- Barragan, J. 1997. Medio ambiente y desarrollo en las áreas litorales: guía práctica para la planificación y gestión integradas. Oikos-Tau.
- Bocco, G., R. Sánchez, y H. Riemann. 1993. Evaluación del impacto de las inundaciones en Tijuana (Enero de 1993). Uso integrado de percepción remota y sistemas de información geográfica. *FRONTERA NORTE* 5 53-83.
- Bringas, Nora. 1997. Inventario de centros turísticos del corredor costero Tijuana-Ensenada. Tijuana, Baja California: El Colegio de la Frontera Norte.
- Bringas, Nora, Elizabeth Méndez, Felipe Cuamea, Lina Ojeda, e Ileana Espejel. 2000. *Actualización del Programad Regional de Desarrollo urbano, turístico y ecológico del corredor Tijuana-Ensenada (COCOTEN)*: Gobierno del Estado de Baja California, SAHOPE, EL COLEF.
- Cabrera, J.A., J. Alcántara-Carrió, I. Correa, R. Pérez de los Reyes, B. Moya, y M. Morales. 2009. Gestión de Playas. In *Métodos en Teledetección Aplicada a la Prevención de Riesgos Naturales en el Litoral*, edited by J. Alcántara Carió, I. Correa Arango, F. Isla Mendy, M. Alvarado Ortega, A. Klein, A. Cabrera Hernández and R. Sandoval Barlow. Madrid, España: Servicio de Publicaciones del Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo.
- Cardona, O. 1993. Evaluación de la amenaza, la vulnerabilidad y el riesgo, elementos para el ordenamiento y la planeación del desarrollo. In *Los desastres no son naturales*, edited by A. Maskrey. Bogotá, Colombia: LA RED de estudios sociales.
- Cavazos, Teresa, y Divas Rivas. 2004. Variability of extreme precipitation events in Tijuana, Mexico. *Climate Research* 25 229-243.
- Christie, P., K. Lowry, A.T. White, E. G. Oracion, L. Sievanen, R.S. Pomeroy, R.B. Pollnac, J.M. Patlis, y R. Eisma. 2005. Key findings from a multidisciplinary examination of integrated coastal management process sustainability. *Ocean & Coastal Management* 48 468-483.
- Cicin-Sain, Biliiana, y Robert Knecht. 1999. *Integrated coastal and ocean management. Concepts and practices*. Washington D.C, Covelo, California: Island Press.

- Conde, C. 2003. Cambio y variabilidad climáticos, Dos estudios de caso en México., Ciencias de la Tierra, UNAM, UNAM, México D.F.
- Córdova y Vázquez, A, F. Rosete Verges, G Enríquez Hernández, y B Fernández de la Torre. 2006. *Ordenamiento Ecológico Marino. Visión temática de la regionalización*. México D. F.: SEMARNAT-INE.
- Cortina, S., B. Brachet, M. Ibáñez, y L. Quiñones. 2007. *Océanos y costas. Análisis del marco jurídico e instrumentos de política ambiental en México*. México D. F.: SEMARNAT-INE.
- Cruz-Castillo, Manuel. 2002. Catálogo de las fallas regionales activas en el norte de Baja California, México. GEOS, Unión geofísica mexicana 37-42.
- Dale, H. V., y C.S. Beyeler. 2001. Challenges in the development and use of the ecological indicators. *Ecological indicators* 1 3-10.
- Delgado-Argote, L., A. Hinojosa-Corona, M. Aragón-Arreola, y V. Frías-Camacho. 1996. Estudio de riesgo geológico en Tijuana, Baja California con base en rasgos estructurales y la respuesta del terreno. GEOS 16 57-89.
- Díaz de León-Corral, A., P. Álvarez-Torres, F. Efrén-Burgoa, y G. Pérez-Chirinos. 2004. El futuro del manejo costero en México. In *El manejo costero en México*, edited by E. Rivera-Arriaga, G. Villalobos-Zapata, I. Azuz-Adeath and F. Rosado-May: Universidad Autónoma de Campeche, SEMARNAT, CETYS-Universidad, Universidad de Quintana Roo.
- Eguiarte, Ana Xóchitl. 2000. EL ESPACIO LITORAL COMO ALTERNATIVA DE USO RECREATIVO: PLAYAS DE TIJUANA, BAJA CALIFORNIA, Maestría en administración integral del Ambiente El Colegio de la Frontera Norte, Tijuana.
- EIRD, Estrategia Internacional para la Reducción de los Desastres. 2003. Vivir con el riesgo, énfasis en la reducción del riesgo de desastres. In *Vivir con el Riesgo Informe mundial sobre iniciativas para la reducción de desastres*, edited by E. Naciones Unidas. Ginebra, Suiza: EIRD, Naciones Unidas.
- Escofet, Ana María. 2004. APROXIMACION CONCEPTUAL Y OPERATIVA PARA EL ANÁLISIS DE LA ZONA COSTERA DE MÉXICO: UN ENFOQUE

SISTEMICO-PAISAJISTICO DE MULTIESCALA, Facultad de Ciencias Marinas
Instituto de Investigaciones Oceanológicas, UABC, Ensenada.

- . 2004. Marco operativo de macro y mesoescala para estudios de planeación de zona costera en el Pacífico mexicano. In *El Manejo Costero en México*, edited by E. Arriaga, I. Azuz and G. Villalobos. México D. F.: Centro EPOMEX, Universidad Autónoma de Campeche.
- Espejel, Ileana, y Concepción Arredondo-García. 2007. METODOLOGIA PARA EL ANÁLISIS DE LOS AMBIENTES MARINOS Y TERRESTRES. Ensenada: UABC.
- Fisher, D. 1999. *Técnicas para la formulación de políticas en zonas costeras*. Ensenada, Baja California: UABC.
- Galindo, Santiago. 2000. El Matorral costero: una aproximación para su conservación en la zona costera del municipio de Tijuana, B.C., Maestría en Administración integral del Ambiente, EL COLEF, Tijuana.
- García, A. 2006. Modelo regional de vulnerabilidad costera, Facultad de ciencias marinas, Instituto de Investigaciones Oceanológicas, UABC, Ensenada, B. C.
- Gay, C. 2000 *México: Una visión hacia el siglo XXI. El Cambio Climático en México*. . México D. F.: INE.
- Gómez-Morín, Lorenzo, y José Luis Fermán. 1991. Classification System of Environmental Units for Land Use and Coastal Planning in Baja California, México. COASTAL ZONE 1 423-430.
- 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 Group, Sea Grant.
- Hogan, Daniel Joseph. 1993. Capacidad de carga poblacional. Rehabilitando un concepto. In *Población y Ambiente ¿Nuevas interrogantes a viejos problemas?*, edited by H. I. y. S. Lerner. México, D.F.: Sociedad Mexicana de Demografía, El Colegio de México y The Población Council.

- INE. 2000. *Ordenamiento Ecológico General del Territorio* México D.F: Instituto Nacional de Ecología,
- INEGI. 1990. *Censo General de Población y Vivienda. México*: INEGI.
- . 2005. Carta de Climas escala 1:1 000 000. México 1980 (versión digital 2005). Edited by D. Geográficos. México, D. F.: INEGI.
- . 2005. Cartografía Escala 1:1000 000. Edited by I. N. d. E. G. e. Informática. México, D.F.: INEGI.
- IMIP (Instituto municipal de investigación y planeación Tijuana) 2008, Programa parcial de crecimiento de Playas de Tijuana 2008-2030 (PPC PT 2008-2030)
- IPCC, Panel Intergubernamental de Cambio Climático. 2001. Tercer Informe de evaluación. Cambio Climático 2001: La base científica. Resumen para responsables de políticas y Resumen técnico. Londres, Inglaterra: IPCC.
- Isobe, Masahiko. 1998. Toward Integrated Coastal Zone Management in Japan. Tokyo: Energy-Related Marine Issues in the Sea of Japan.
- Lavell, A. 1996. La gestión de los desastres: hipótesis, concepto y teoría. In *Estado, Sociedad y gestión de los desastres en América Latina: en busca del paradigma perdido*, edited by A. LAVELL and E. FRANCO. Lima, Perú: LARED – FLASCO. ITDG.
- . 2000. Marco conceptual y analítico. Programa de vulnerabilidad del Bajo Lempa. Prevención y mitigación de desastres naturales. Edited by P. M.-B. E. L. R. <http://www.desenredando.org>.
- León, C., y M. Robles. 2002. Developing a Cadre of Professionals with a Global Environmental Perspective. *Ocean & Coastal Management* 633-648.
- Leyva-Aguilera, C., M. Angoa, y A. Escofet. 1997. Definición de un contextos operativo para la aplicación de políticas de protección en el estero punta Banda (Baja California, México). In *III Congreso Nacional sobre áreas naturales protegidas de México "Dr. Miguel Álvarez del Toro"*, edited by CONANP. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas,

- Magaña, V. 2003. Los Impactos de El Niño en México. . UNAM. In *Los impactos de El Niño en México* edited by V. Magaña. México D. F.: UNAM.
- Matuszeski, W. 1999. La Contribución de la Ciencia al Manejo Integrado Costero. Caso de Estudio 1 El programa de la Bahía de Chesapeake. Edited by I. y. Estudios. Annapolis: Agencia de Protección U. S.
- Monterroso, A., y D. Gómez. 2002 Mapas de Clima de la República Mexicana de Acuerdo al Criterio de la Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la desertificación en países afectados por sequía grave o desertificación. . Edited by PNUMA. Nueva York: PNUMA.
- Monti, Alejandro, y Ana María Escofet. 2008. Ocupación urbana de espacios litorales: gestión del riesgo e iniciativas de manejo en una comunidad patagónica automotivada (Playa Magagna, Chubut, Argentina). *Investigaciones Geográficas UNAM* 27 113-119.
- Moreno-Casasola, P., E. Peresbarbosa, y A Travieso-Bello. 2006. *Estrategias para el manejo costero integral*. . Xalapa, Veracruz: INE.
- ONU, Naciones Unidas, Estrategia Internacional para la Reducción de los Desastres EIRD, y CH. Geneva. 2004. Una selección de aplicaciones para la reducción de desastres. In *Vivir con el riesgo: Informe mundial sobre iniciativas para la reducción de desastres*, edited by E. Naciones Unidas. Ginebra: Naciones Unidas.
- Ortiz Lozano, L, A Granados Barba, V Solís Weiss, y M García Salgado. 2005. Environmental evaluation and development problems of the Mexican Coastal Zone. *Ocean & Coastal Management* 48 161–176.
- PNUMA, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo 2004. *La reducción de riesgos de desastres. Un desafío para el desarrollo*. New York: Naciones Unidas.
- Rodríguez, J. 2007. La construcción social del riesgo de desastre en el noroeste de México: ENSO (El Niño/Southern oscillation) en la cuenca del río Tijuana, DOCTOR EN CIENCIAS SOCIALES, CENTRO DE INVESTIGACIONES Y ESTUDIOS SUPERIORES EN ANTROPOLOGÍA SOCIAL, Guadalajara.
- Seingier, Georges, Ileana Espejel, y José Luis Fermán. 2009. Cobertura vegetal y marginación en la costa mexicana. *Investigación ambiental* 1 54-69.

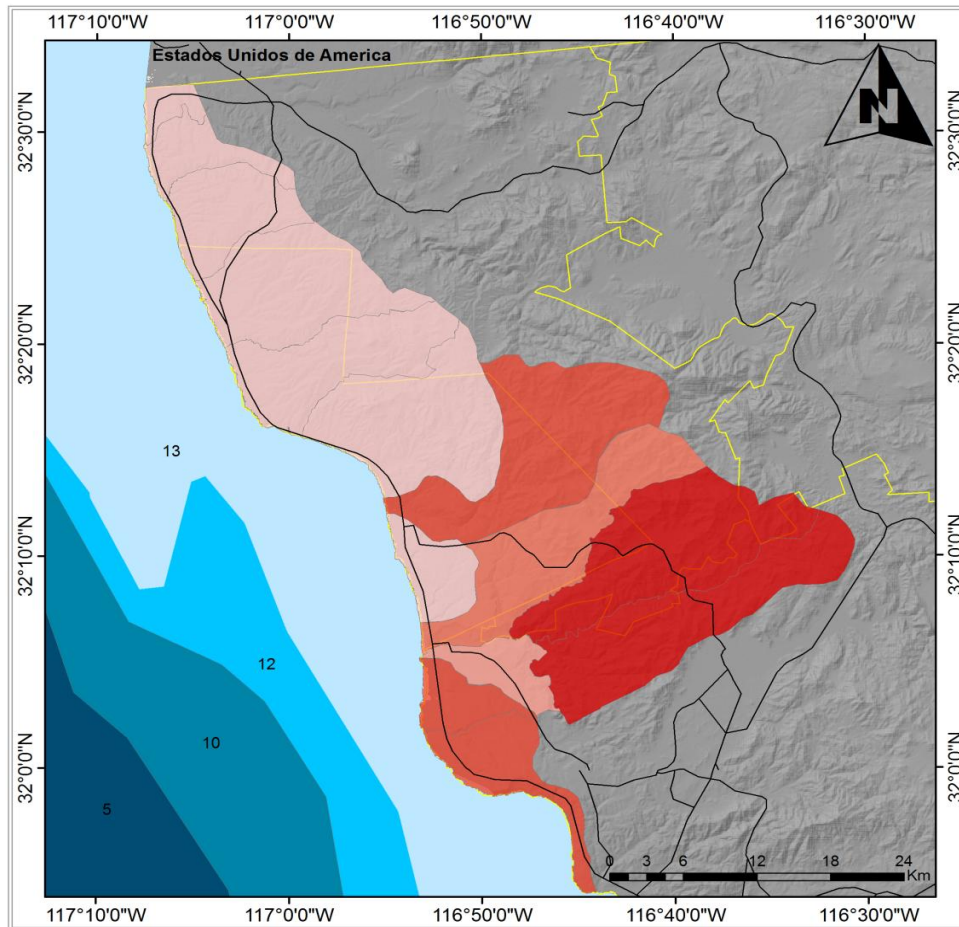
- SEMARNAT, Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2006. *Política Nacional Ambiental de Océanos y Costas*. México D. F: SEMARNAT.
- . 2007. ESTRATEGIA NACIONAL PARA EL ORDENAMIENTO ECOLÓGICO DEL TERRITORIO EN MARES Y COSTAS. SEMARNAT. México D. F.: SEMARNAT.
- Smith, Keith. 2004. *Environmental Hazards: Assessing Risk & Reducing Disaster. Physical Environment Series*. New York: Rutledge.
- Sorensen, J., Harbor. 2000. Baseline 2000 Background Report: the status of integrated coastal management as an international practice. Urban Harbors Institute, University of Massachusetts.
- Sorensen, J., S. M.C. Creary, y A. Brandani. 1992. *Costas: arreglos institucionales para manejar ambientes y recursos costeros*. New York: Centro de Recursos Costeros, Universidad de Rhode Island.
- Suarez, A. 1998. Oportunidades y amenazas para la implementación de políticas ambientales de protección en el corredor turístico Tijuana-Ensenada: área Puerto Nuevo-La Misión, Maestría en Administración Integral del Ambiente, EL COLEF, Tijuana, Baja California.
- Turner, M.G., R. H. Gardner, y R.V. O'Neill. 2001. *Landscape ecology in theory and practice. Pattern and Process*. New York: Springer- Verlag,
- Turner, R.K., W. N. Adger, y I. Lorenzoni. 1998. Toward Integrated Modeling and Analysis in Coastal Zones: Principes and Practices. In *LOICZ IPO, Texel, IV+122 p.*, edited by L. R. Studies. Amsterdam, Netherlands.
- UNESCO. 1997. Methodological guide to integrated coastal management. In *Manual y Guía*.
- Villa, F., y H. McLeod. 2002. Environmental vulnerability indicators for environmental planning and decision-making: guidelines and applications. *Environmental Management* 335-348.
- Walters, Carl J., y C. S Holling. 1990. Large-Scale Management Experiments and Learning by Doing. *Ecology* 71 2060-2068.

- Westman, E. W . . . 1986. "Implications of ecological theory for rare plants conservation in coastal sage scrub". In *Conservation and management of rare and endangered plants.* , edited by Elias. Rancho Santa Anna, California: Proceedings front Conference.
- Wilches-Chaux, G. 1993. La vulnerabilidad global. In *Los desastres no son naturales*, edited by A. Maskrey. Bogotá, Colombia: LA RED de Estudios Sociales
- Wong, V., M. Legg, y F. Suárez. 1987. Sismicidad y tectónica de la margen continental del sur de California (USA) y Baja California (México). *Geofísica Internacional* 26 459-478.

ANEXOS

Anexo i. Índice de fragilidad natural

Anexo I Índice de fragilidad natural



Simbología

—	Carreteras		Medio
	FragNat		Alto
	Muy Bajo		Muy Alto
	Bajo		Límite municipal

Metadatos:
 Sistema de coordenadas: GCS WGS 1984;
 Datum Clark 1866; Rejilla 5,000
 Digitalización imagen: CNES 2009 Producida porASERCA
 EL COLEF bajo licencia de Spot Image, S. A.
 SEMAR-SAGARPA-ASERCA-EL COLEF 2010

Macrolocalización



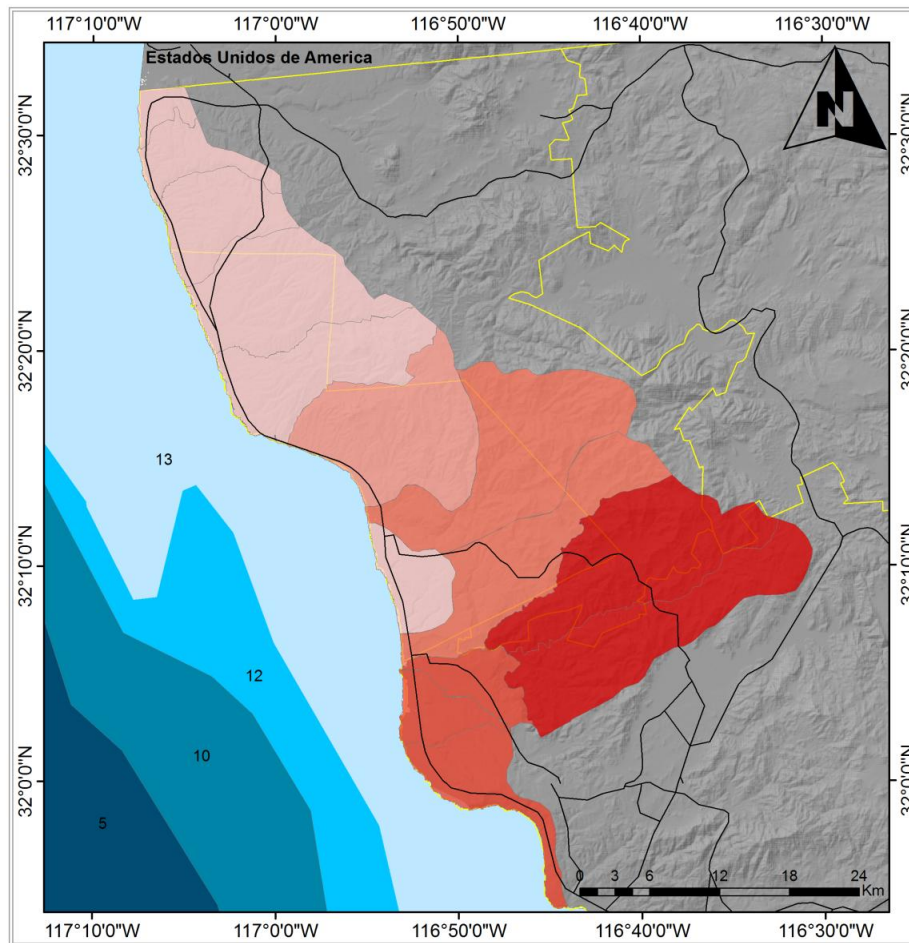
Elaborado por: Eduardo Juventino Ramírez Chávez
 Modelo de Vulnerabilidad costera
 Tesis Maestría en Administración Integral del Ambiente



Fuente: Elaboración propia con datos de CNES, 2009 y Landsat 1990

Anexo ii. Índice de vulnerabilidad social

Anexo II Índice de vulnerabilidad social



Simbología

—	Carreteras		Medio
	Muy bajo		Alto
	Bajo		Muy alto
	Límite municipal		

Metadatos:
 Sistema de coordenadas: GCS WGS 1984;
 Datum Clark 1866; Rejilla 5,000
 Digitalización imagen: CNES 2009 Producida porASERCA
 EL COLEF bajo licencia de Spot Image, S. A.
 SEMAR-SAGARPA-ASERCA-EL COLEF 2010

Macrolocalización



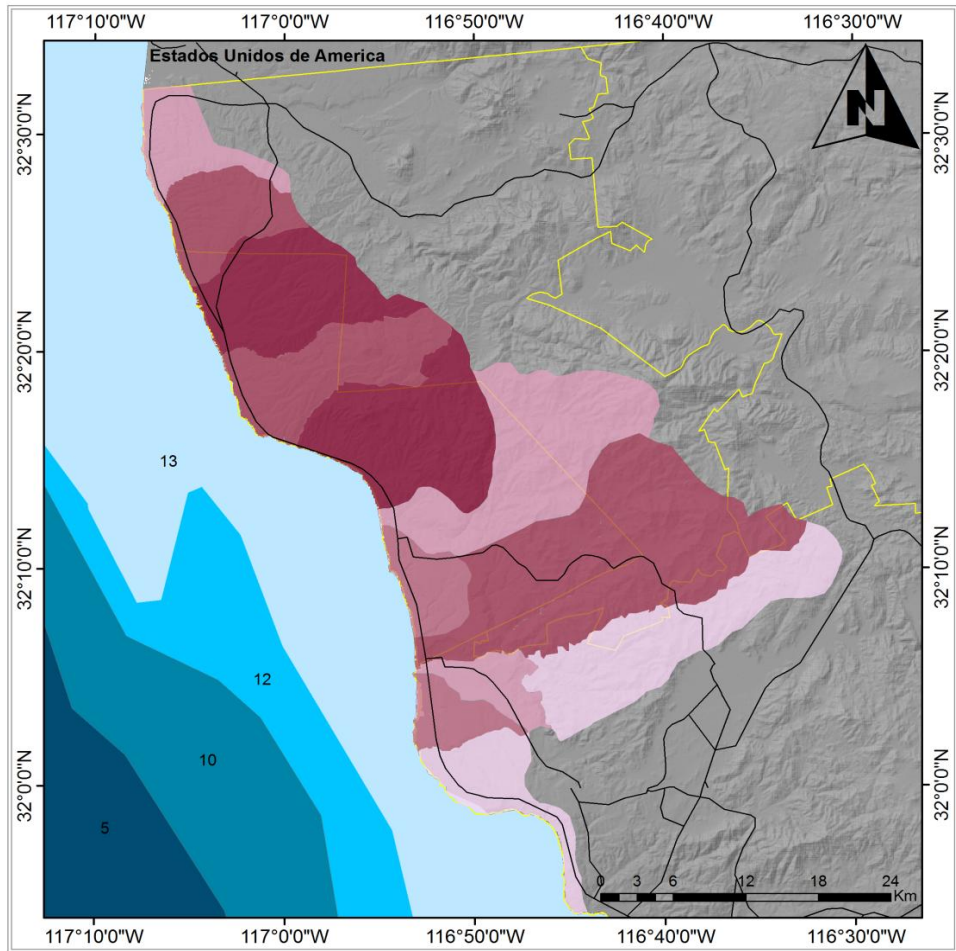
Elaborado por: Eduardo Juventino Ramírez Chávez
 Modelo de Vulnerabilidad costera
 Tesis Maestría en Administración Integral del Ambiente



Fuente: Elaboración propia con datos de CNES, 2009 y Landsat 1990

Anexo iii. Índice presión natural

Anexo III Indice presión natural



Simbología

—	Carreteras	Medio
IPresNat	Muy bajo	Alto
—	Bajo	Muy alto
—		Límite municipal

Metadatos:
 Sistema de coordenadas: GCS WGS 1984;
 Datum Clark 1866; Rejilla 5,000
 Digitalización imagen: CNES 2009 Producida porASERCA
 EL COLEF bajo licencia de Spot Image, S. A.
 SEMAR-SAGARPA-ASERCA-EL COLEF 2010

Macrolocalización



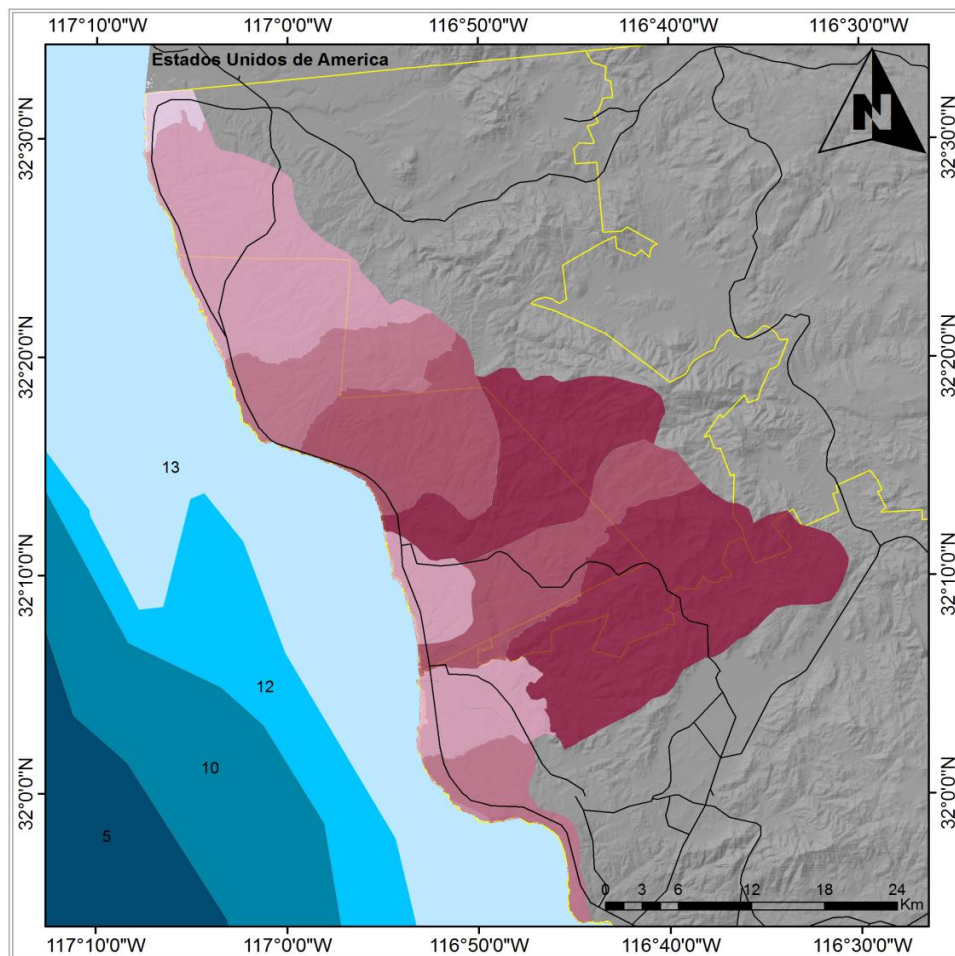
Elaborado por: Eduardo Juventino Ramírez Chávez
 Modelo de Vulnerabilidad costera
 Tesis Maestría en Administración Integral del Ambiente



Fuente: Elaboración propia con datos de CNES, 2009 y Landsat 1990

Anexo iv. Índice estado natural

Anexo IV Índice estado natural



Simbología

—	Carreteras	🍷	Medio
—	IEstNat	🍷	Alto
🍷	Muy bajo	🍷	Muy Alto
🍷	Bajo	🍷	Límite municipal

Metadatos:

Sistema de coordenadas: GCS WGS 1984;
Datum Clark 1866; Rejilla 5,000
Digitalización imagen: CNES 2009 Producida porASERCA
EL COLEF bajo licencia de Spot Image, S. A.
SEMAR-SAGARPA-ASERCA-EL COLEF 2010

Macrolocalización



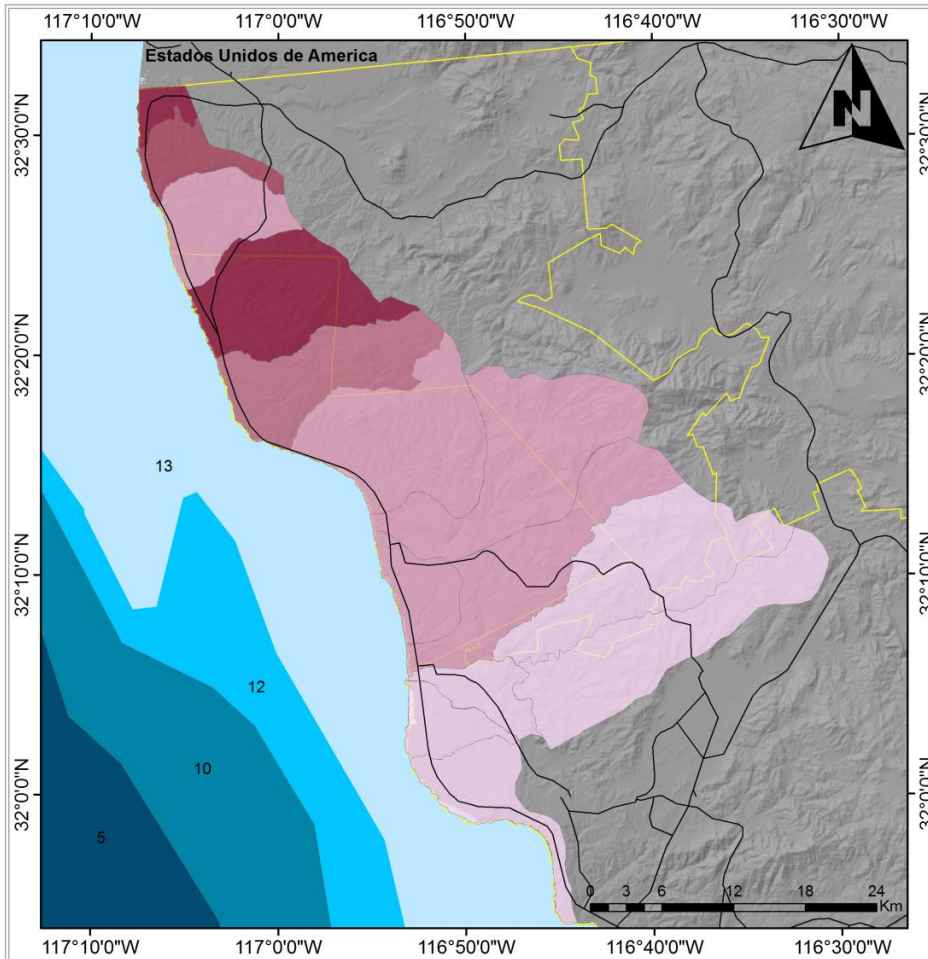
Elaborado por: Eduardo Juventino Ramírez Chávez
Modelo de Vulnerabilidad costera
Tesis Maestría en Administración Integral del Ambiente



Fuente: Elaboración propia con datos de CNES, 2009 y Landsat 1990

Anexo v. Índice de población

Anexo V Índice Población



Simbología

—	Carreteras		Medio
ICamPob			Alto
	Muy bajo		Muy Alto
	Bajo		Límite municipal

Metadatos:

Sistema de coordenadas: GCS WGS 1984;
Datum Clark 1866; Rejilla 5,000
Digitalización imagen: CNES 2009 Producida porASERCA
EL COLEF bajo licencia de Spot Image, S. A.
SEMAR-SAGARPA-ASERCA-EL COLEF 2010

Macrolocalización



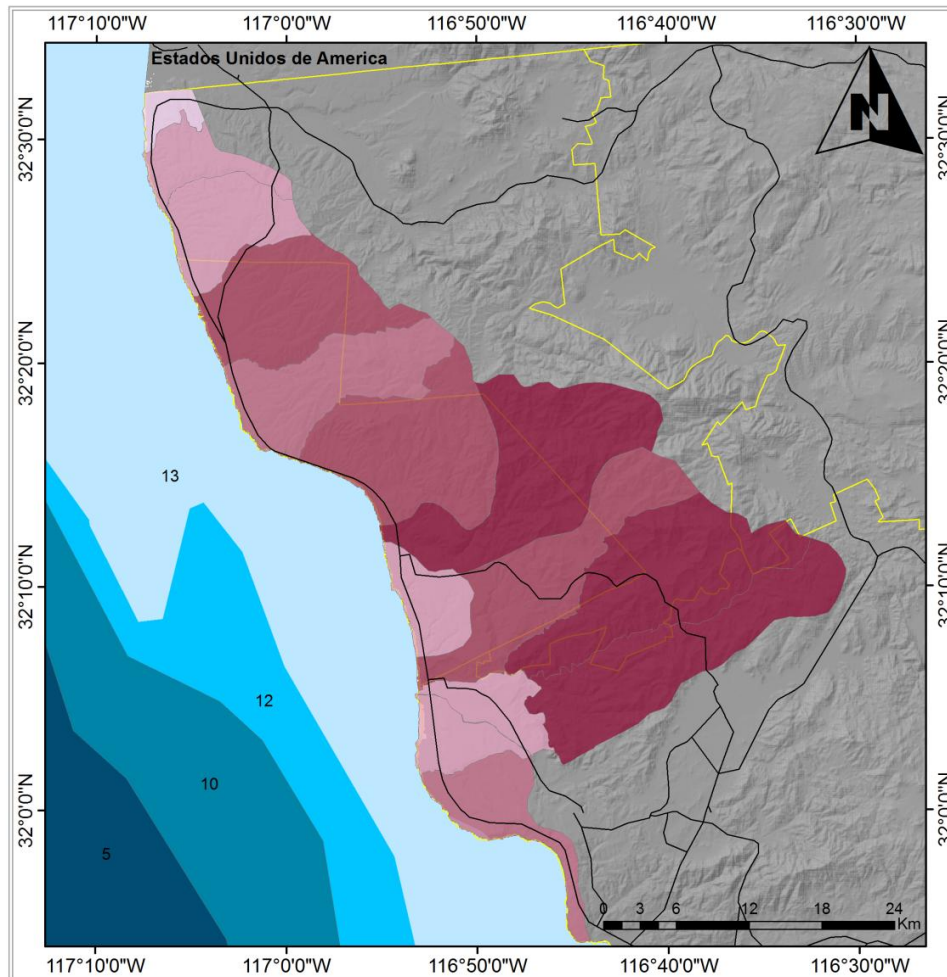
Elaborado por: Eduardo Juventino Ramírez Chávez
Modelo de Vulnerabilidad costera
Tesis Maestría en Administración Integral del Ambiente



Fuente: Elaboración propia con datos de CNES, 2009 y Landsat 1990

Anexo vi. Índice amenaza y población

Anexo VI Índice amenaza y población



Simbología

—	Carreteras		Medio
IEstPob			Alto
	Muy bajo		Muy Alto
	Bajo		Límite municipal

Metadatos:

Sistema de coordenadas: GCS WGS 1984;
Datum Clark 1866; Rejilla 5,000
Digitalización imagen: CNES 2009 Producida porASERCA
EL COLEF bajo licencia de Spot Image, S. A.
SEMAR-SAGARPA-ASERCA-EL COLEF 2010

Macrolocalización



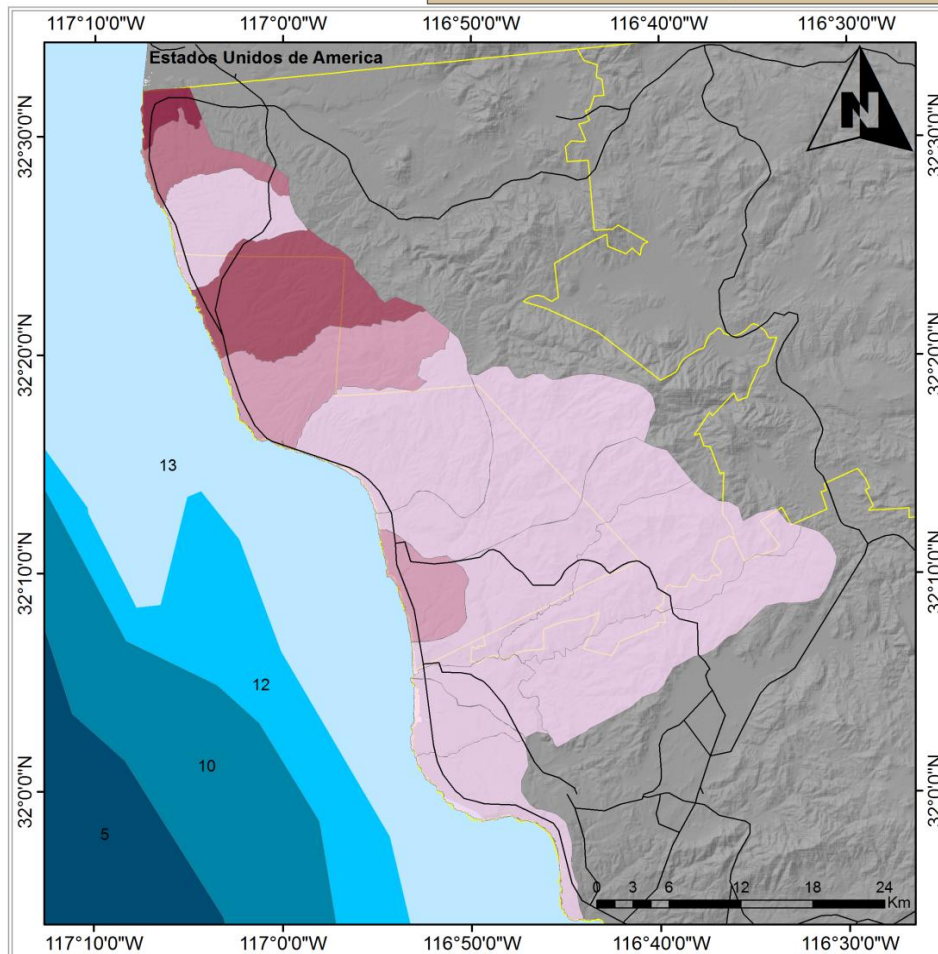
Elaborado por: Eduardo Juventino Ramírez Chávez
Modelo de Vulnerabilidad costera
Tesis Maestría en Administración Integral del Ambiente



Fuente: Elaboración propia con datos de CNES, 2009 y Landsat 1990

Anexo vii. Densidad de población

Anexo VII Densidad de población 2009



Simbología

—	Carreteras	Media
Pob_Area		Alta
Light Pink	Muy baja	Muy Alta
Dark Pink	Baja	Límite municipal

Metadatos:

Sistema de coordenadas: GCS WGS 1984;
Datum Clark 1866; Rejilla 5,000
Digitalización imagen: CNES 2009 Producida porASERCA
EL COLEF bajo licencia de Spot Image, S. A.
SEMAR-SAGARPA-ASERCA-EL COLEF 2010

Macrolocalización



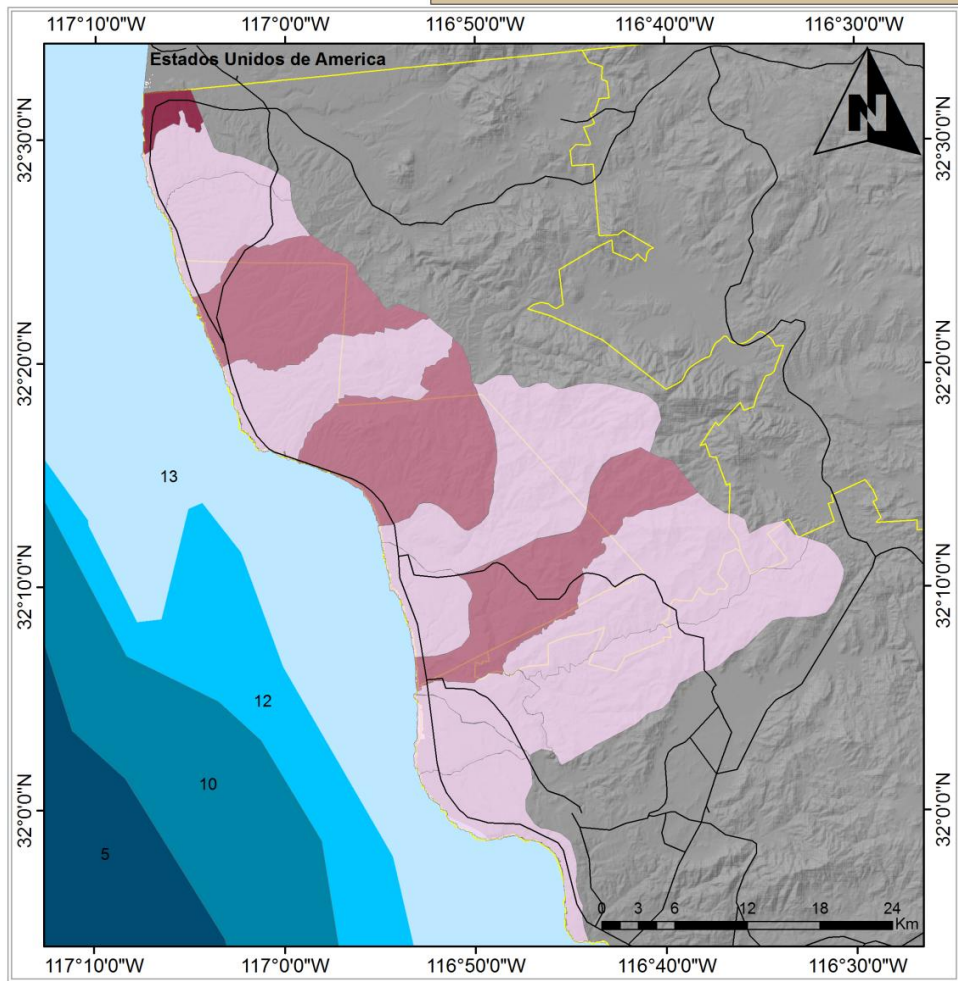
Elaborado por: Eduardo Juventino Ramírez Chávez
Modelo de Vulnerabilidad costera
Tesis Maestría en Administración Integral del Ambiente



Fuente: Elaboración propia con datos de CNES, 2009 y Landsat 1990

Anexo viii. Numero de eventos

Anexo VIII Número de eventos



Simbología

Eventos	Frecuente
Poco frecuente	Muy frecuente
	Límite municipal
	Carreteras

Metadatos:
 Sistema de coordenadas: GCS WGS 1984;
 Datum Clark 1866; Rejilla 5,000
 Digitalización imagen: CNES 2009 Producida porASERCA
 EL COLEF bajo licencia de Spot Image, S. A.
 SEMAR-SAGARPA-ASERCA-EL COLEF 2010

Macrolocalización

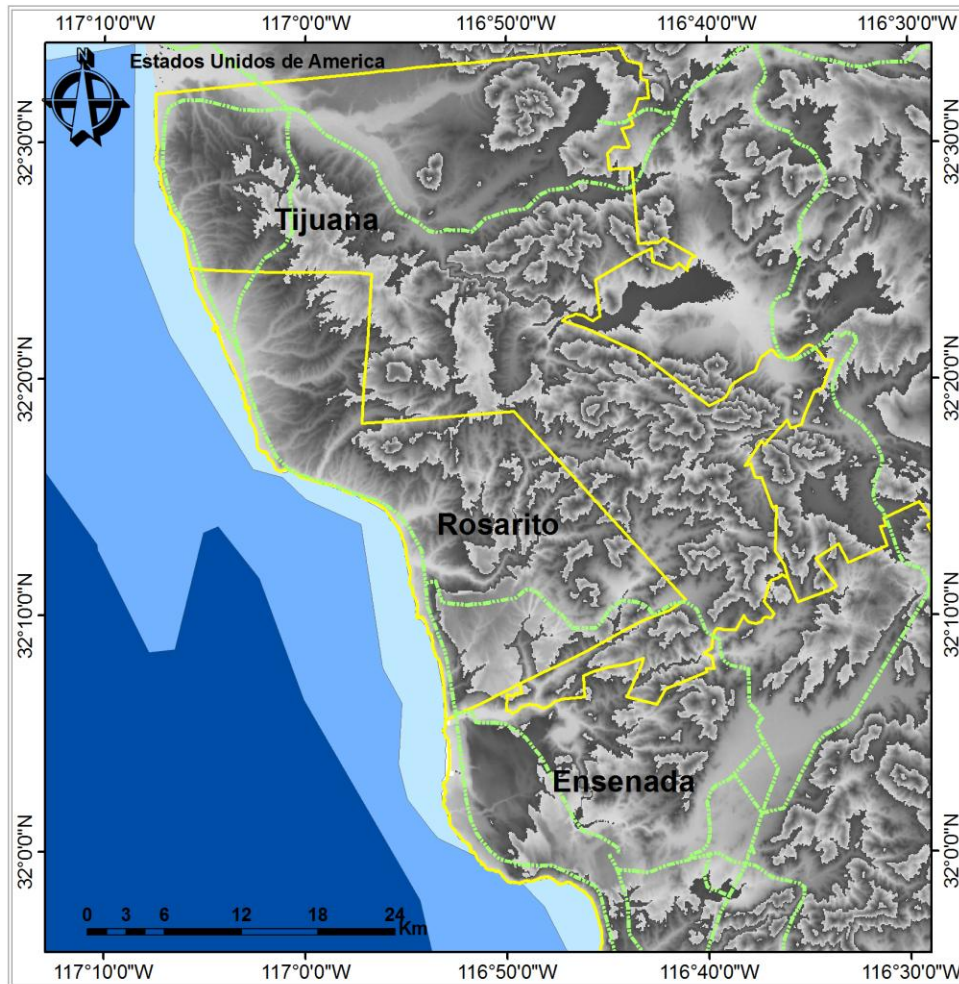


Elaborado por: Eduardo Juventino Ramírez Chávez
 Modelo de Vulnerabilidad costera
 Tesis Maestría en Administración Integral del Ambiente

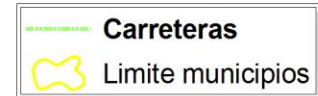
Fuente: Elaboración propia con datos de CNES, 2009 y Landsat 1990

Anexo ix. Modelo Digital de Elevación

Modelo digital de elevación



Simbología



Macrolocalización



Metadatos:
Sistema de coordenadas: GCS WGS 1984;
Datum Clark 1866; Rejilla 5,000
Digitalización imagen: CNES 2009 Producida porASERCA
EL COLEF bajo licencia de Spot Image, S. A.
SEMAR-SAGARPA-ASERCA-EL COLEF 2010

Modelo digital de elevación
Tesis Maestría en Administración Integral del Ambiente
Elaborado por: Eduardo Juventino Ramírez Chávez
Con datos de Consortium for Spatial Information
(CGIAR-CSI) 2004

Fuente: Elaboración propia con datos de CNES, 2009 y Landsat 1990

Anexo x. Guía de entrevista para funcionarios públicos

ESTIMACION DE LA VULNERABILIDAD COSTERA ANTE AMENAZAS HIDROMETEOROLÓGICA
DE LA FRANJA TIJUANA-ENSENADA

Guía de entrevista para funcionarios públicos

Datos Generales:

Fecha: _____ **Municipio:** _____ **Hora:** _____

Nombre: _____

Cargo funcionario: _____

¿Cuáles son las amenazas que se presentan en la zona costera de Tijuana?

¿Ante que amenazas es más vulnerable la zona costa?

En entrevistas hechas a personas de la comunidad de playas de Tijuana, me comentan que antes había una carretera más abajo que el paseo playas de la actualidad, pero que este fue destruido por “el mar”

¿Podría usted darnos más detalle?

¿Cuáles son los planes o acciones que se tienen para mitigar dicha vulnerabilidad?

¿Cómo se vincula protección civil con los ordenamientos o planes de desarrollo?

**En su opinión ¿Cómo describiría la relación de protección civil con las demás instituciones
¿Que tienen injerencia en la zona costera?**

¿Qué papel juega la conservación de la vegetación nativa como medida de mitigación?

Anexo xi. Guía de entrevista habitantes locales

ESTIMACION DE LA VULNERABILIDAD COSTERA ANTE AMENAZAS HIDROMETEOROLÓGICA
DE LA FRANJA TIJUANA-ENSENADA

Guía de entrevista para habitantes locales

Datos Generales:

Fecha: _____ **Municipio:** _____ **Hora:** _____

Nombre:

Años de residente: _____

¿Cree usted que su vivienda podría estar en una zona inundable?

¿Ha usted pasado por algún "Desastre natural"?

¿Cuál ha sido su reacción después del evento?

¿Qué medidas toma para prevenir una inundación?

¿Protección civil o alguna otra autoridad les ha informado sobre lo que se tiene que hacer en una inundación?

¿En su comunidad, tienen algún plan o medidas para actuar en caso de inundación?

¿Qué piensa acerca de que la conservación de la vegetación nativa puede prevenir inundaciones?

El autor es Biólogo Marino por el Instituto Tecnológico de Boca del Río, Veracruz. Ha participado en diversos proyectos como planes de manejo pesquero, Ordenamiento Ecológico de la región costera terrestre del Golfo de México y Mar Caribe (caracterización y Diagnóstico) y es coautor del libro Adaptación a los impactos del cambio climático en los humedales costeros del Golfo de México.

Esta obra se encuentra bajo una licencia Creative Commons Reconocimiento-No comercial-Compartir en reciprocidad 2.5 Licencia México. Para solicitar permisos más allá de lo permitido por esta licencia, por favor contáctame en: bmeduardo@msn.com y en twitter.com/bmeduardo

