UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
FACULTAD DE CIENCIAS

Maestría en Ciencias en Manejo de Zonas Áridas

"EL PLAN DE MANEJO COMUNITARIO EN ACTOPAN, VER.: UNA REVISIÓN DE LA PROBLEMÁTICA AMBIENTAL ORIENTADA A LA SELECCIÓN DE INDICADORES"

Tesis
que presenta
Ana María Ortega Álvarez

Como requisito parcial para obtener el grado de

Maestro en Ciencias en Manejo de Ecosistemas de Zonas Áridas

Ensenada, Baja California, Agosto 2010.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

FACULTAD DE CIENCIAS

PROGRAMA DE MAESTRÍA EN MANEJO DE ECOSISTEMAS EN ZONAS ÁRIDAS

"EL PLAN DE MANEJO COMUNITARIO LA MANCHA-EL LLANO, ACTOPAN, VER.: UNA REVISIÓN DE LA PROBLEMÁTICA AMBIENTAL, ORIENTADA A LA SELECCIÓN DE INDICADORES"

TESIS

Que para obtener el grado de:
Maestra en Ciencias

Presenta
Ana María Ortega Álvarez

Aprobado por:

Dra. Martha Ileana Espejel Carbajal

Directora

Dra. Patricia Moreno-Casasola Barceló

Co-directora

Dra. Ana María Escofet Giansone

Sinodal

Dr. José Luís Fermán Almada

Sinodal

A Galo y Cecilia, siempre conmigo

AGRADECIMIENTOS

Esta tesis y los estudios de maestría pudieron realizarse gracias a las becas del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), y el apoyo de la Universidad Autónoma de Baja California (UABC) y como parte del proyecto Sistema oceanográfico mexicano: monitoreo, diagnóstico y proyección para la sustentabilidad de sus mares y costa, en el programa Desarrollo sustentable de la zona costera de la Red de Manejo Costero a ellos muchas gracias por contribuir en mi formación académica.

A la Dra. Ileana Espejel gracias por la confianza, paciencia y los constructivos aportes, la experiencia fue muy agradable y motivadora, me sentí acompañada en el proceso que fue desarrollar de esta tesis.

A la Dra. Anamaría Escofet, por las enriquecedoras y estimulantes pláticas en las que exploramos la problemática ambiental de Actopan, el detalle con el que emprendimos los análisis fueron desafiantes y a la vez motivadores.

A la Dra. Patricia Moreno-Casasola, gracias por permitirme ser parte del gran proyecto La Mancha-El Llano, por la guía, comentarios y sugerencias en el proceso de identificar la problemática ambiental.

Al Dr. José Luís Fermán, muchas gracias sus atinados y valiosos comentarios que orientaron sustancialmente el desarrollo de este trabajo.

Al INECOL y sus investigadores, por compartir sus enfoques y valiosos comentarios fueron de gran ayuda en la construcción de esta tesis.

A mis padres Galo y Cecilia, y mis hermanos Paola, Galo y Martha, gracias por siempre estar presentes, por apoyarme en mis proyectos, enviarme cariño y buenas energías, los extrañe mucho, son mi inspiración.

A la familia Mieles García, por su cariño, contante apoyo y preocupación.

A mis compañeros y amigos del programa de maestría Alejandra, Alejandro, Ana, Adriana, Erika, Fernando, Leo, Miriam, Nena y Viole, gracias por su linda amistad, disfrute

mucho estos dos años en su compañía, me encanto haberlos conocido y la química que tuvimos.

A los amigos Aldo, Anahí, Blanquita, Rodolfo, Liz, Efra, Gloria, Mafer, Marina, Mauricio, me divertí compartiendo con ustedes, me sentí en la confianza de estar en casa. A Jorge y Sergio, muchas gracias por su hospitalidad y valiosa amistad.

A Ricardo, Eva y Haydee, gracias por compartir con nosotros, nos sentimos muy a gusto en su compañía.

A mis amigos Nancy, Analú, Alizon y Luís que pese a la distancia siempre estuvieron presentes, los extrañamos.

A Alejandro, gracias por tu infinito amor, paciencia y comprensión, disfrute y me alentó mucho compartir contigo un agradable desafío más.

RESUMEN

El objetivo general de esta tesis fue el de fortalecer la gestión adaptable del Plan de Manejo Comunitario La Mancha El Llano, mediante la identificación de un sistema de indicadores, con base en la revisión de la problemática ambiental, que permita dar seguimiento al estado del ambiente y las iniciativas de manejo integral de la zona costera.

El Municipio de Actopan se ubica en la zona central del estado de Veracruz, la zona costera del Municipio incluye las cuencas de las lagunas La Mancha, El Llano y el Farallón y de los ríos Limón y Agua Fría. Este trabajo planteó organizar la información existente sobre la problemática ambiental y los programas de acción contemplados en el Plan de Manejo. El área de estudio fue clasificada en unidades ambientales con base en la cartografía del Ordenamiento Ecológico de la Zona Costera de Actopan, que incluye cinco cuencas y 14 unidades homogéneas. El procedimiento para la organización de la información inició con un análisis documental y posterior análisis de los documentos seleccionados (25), la información se sistematizó en términos del marco metodológico de impactos y sus fuentes, detallando la evidencia clave de cada problema ambiental. En las 25 fuentes bibliográficas se registraron 23 impactos ambientales, que en su totalidad pudieron ser asociados con evidencias clave rastreables. Al organizar los problemas en función de la distribución espacial en las cinco cuencas que forman la zona costera del Municipio se observó que el mayor número de problemas documentados se registró en la cuenca de la laguna La Mancha (22), seguida por las cuencas de las lagunas El Llano (9), El Farallón (1) y del Río Limón (1). En la cuenca del río Agua Fría no se encontraron problemas ambientales documentados en la literatura, sin que ello signifique que no existan, esto como consecuencia de la presencia del Centro de Investigaciones Costeras La Mancha que ha influido en el mayor número de investigaciones y producción bibliográfica en la cuenca del mismo nombre. Este panorama llevó a realizar una propuesta de extrapolación de impactos en las cuencas vecinas donde la información es escasa o inexistente, mediante un análisis del paisaje, se sugiere que en las cuencas del Farallón y el Llano hipotéticamente podrían estar ocurriendo 11 problemas, en el Río Agua Fría cinco impactos y cuatro en el Río Limón. Los impactos identificados estuvieron relacionados con 37 fuentes, de las cuales 10 se originaron en sistemas

alejados de la unidad (regionales) y 26 se originaron en el mismo sistema o en los sistemas inmediatamente adyacentes (locales). Las causas locales y regionales de origen antropogénico fueron tratadas con el Índice de causas-complejidad de manejo que arrojó un valor de 0.17, lo que sugiere una menor complejidad en el manejo, en función de la expresión espacial de las causas, sin embargo, se encontraron valores negativos en tres casos: contaminación de sedimentos por metales pesados, contaminación de organismos por metales pesados, y disminución de la superficie del cuerpo de la laguna. La identificación de actores fue realizada bajo el esquema propuesto por Sorensen *et al.,* (1992), se reconocieron tres grupos de actores: los generadores de bienes y servicios (7) con una expresión mayoritariamente a nivel local, el sector gubernamental (10) con una expresión principalmente regional, y el sector científico (3), con presencia tanto local como regional. La problemática ambiental, sus causas y evidencias clave fueron organizadas en términos del modelo de propuesto por la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE) de Fuerzas Motrices, Presión, Estado Impacto, Respuesta (FPEIR); la identificación de las causas externas correspondió con las fuerzas motrices, la presión con las causas internas, el estado con las problemas ambientales, los indicadores de estado correspondieron a la evidencia clave. Para cubrir el compartimento respuesta del modelo FPEIR, se examinó la relación que hay entre los problemas identificados, y los proyectos que actualmente desarrolla el sector académico en La Mancha, con propósitos de restauración, mejoramiento ambiental. Se observan 13 programas entre restauración, conservación y productivos, de los cuales solamente uno no cubre ninguno de los 23 impactos detallados en este trabajo. Los programas organizados en el compartimento respuesta del modelo FPEIR se leyeron en términos del esquema de indicadores de progreso del manejo costero integrado, de los 13 programas, siete programas de restauración y conservación fueron correspondientes con los indicadores de primer orden, cuatro proyectos productivos corresponden con las características de los indicadores de segundo orden y tres a los indicadores de tercer orden. Las recomendaciones derivan directamente de los faltantes observados en el inciso respuesta del esquema FPEIR, en las que se interpreta que dos problemáticas no han sido cubiertas por los programas de restauración y conservación: disminución de la superficie de dunas y proyectos de infraestructura en terrenos ganados al mar.

El sistema de indicadores expuestos en este trabajo proporcionan a las instituciones directamente implicadas en la gestión del desarrollo sustentable de La Mancha-El Llano en particular y de Actopan en general, una guía para los programas y proyectos de conservación, restauración y productivos, así como una herramienta para la organización periódica de autoevaluaciones de las iniciativas en curso de manejo integrado de la zona costera.

Palabras clave: zona costera, plan de manejo, indicadores, gestión adaptativa.

.

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN 1

2. ANTECEDENTES 4

2.1 Antecedentes Metodológicos 4

3. ÁREA DE ESTUDIO 7

4. OBJETIVOS 15

4.1. Objetivo General 15

4.2. Objetivos Específicos 15

5. METODOLOGÍA 15

5.1 Análisis cartográfico 15

5.1.1 Delimitación de la zona costera 15

5.1.2 Identificación de unidades homogéneas 16

5.2 Análisis de impactos y sus causas 16

5.2.1 Validación del los a expertos 17

5.3 Propuesta de extrapolación de problemas 17

5.4 Índice de causas-complejidad de manejo 17

5.5 Identificación de actores 18

5.6 Equivalencia con el esquema FPEIR 18

5.7 Indicadores de progreso en manejo costero integrado 21

6 RESULTADOS 23

6.1 Análisis Cartográfico 23

6.1.1 Identificación de unidades homogéneas 23

6.2 La problemática ambiental 25

6.2.1 Los problemas 25

6.2.2 Evidencia clave de los problemas 25

6.2.3 Expresión espacial de los problemas 35
6.2.4 Problemas y sus fuentes 38
6.3 Integración orientada al manejo 46
6.3.1 Relación espacial de las causas 46
6.3.2 Cadenas de causas-problemas 47
6.3.3 Equivalencia de los resultados con el esquema Fuerzas Motrices, Presión, Estado, Impacto y Respuesta. 50
6.3.4 Lectura de los programas y proyectos (Respuestas) del Plan de Manejo en términos del Esquema de Indicadores de Progreso en Iniciativas de Manejo Costero Integrado (Olsen, 2003). 57
6.4 Recomendaciones de manejo 59
7 DISCUSIÓN 62
7.1 Análisis documental para el manejo de la zona costera. 62
7.2 Identificación de indicadores ambientales. 66
8 CONCLUSIONES 68
9 BIBLIOGRAFIA 70

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Problemas ambientales identificados en el diagnóstico de la situación ambiental del Plan de Manejo Comunitario La Mancha-El Llano. La tabla se refiere como: Impacto de las actividades humanas en los diferentes ecosistemas de la zona costera de Actopan…… ……....13

Tabla 2. Impacto de las actividades que se realizan en la zona costera de Actopan……..14

Tabla 3. Esquema del cálculo del Índice de Complejidad de Manejo y la relación con actores……18

Tabla 4. Unidades homogéneas en las cinco cuencas del área de estudio definidas a partir del mapa de vegetación y uso de suelo consideradas en el Ordenamiento Territorial de la Zona Costera del Municipio de Actopan……..24

Tabla 5. Problemas ambientales y fuentes bibliográficas de referencia…..…….26

Tabla 6. Bibliografía revisada para la identificación de la problemática ambiental……....27

Tabla 7. Relación de los impactos caracterizados en este trabajo con los impactos identificados en el Plan de Manejo La Mancha-El Llano…….…….28

Tabla 8. Problemas ambientales y su evidencia clave……..…29

Tabla 9. Impactos documentados y su ubicación en las unidades ambientales…….....…36

Tabla 10. Impactos y causas de la problemática……..…..40

Tabla 11. Validación del análisis documental. Impactos tratados en la entrevista a expertos que no pudieron ser rastreados en términos del esquema impactos y sus fuentes……43

Tabla 12. Propuesta de extrapolación de impactos descritos y documentados en la cuenca de La Mancha, en cuencas cercanas en la que la información sobre la problemática es limitada……..44

Tabla 13. Actores relacionados con la problemática y manejo de recursos en la zona costera La Mancha- El Llano…….……..47

Tabla 14. Presentación de la problemática ambiental, evidencia clave y causas en términos del esquema FPEIR……..…..…51

Tabla 15. Problemas ambientales identificados en este trabajo y su relación con los programas descritos en el Plan de Manejo Comunitario La Mancha-El Llano…….55

Tabla 16. Organización de los programas y proyectos reconocimos como Respuesta en términos del Esquema de Indicadores de Progreso en Iniciativas de Manejo Costero Integrado (Olsen, 2003). Las siglas Pg. C. R., se refieren a los Programas de Conservación y Manejo y Py.P. a los Proyectos Productivos……...58

Tabla 17. Recomendaciones de manejo en función de los impactos identificados y los programas de conservación y proyectos productivos…….60

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de ubicación de la zona costera del Municipio de Actopan, Veracruz…..8

Figura 2. Modelo FPEIR (AEMA, 2003) para medir el desarrollo sustentable, (modificado de Oñate, et al., 2002). En mayúsculas el tipo de indicador, en minúsculas, un ejemplo de indicador ambiental……20

Figura 3. Esquema FPEIR asociado al análisis de Impactos y sus Causas……...20

Figura 4. Diagrama del esquema metodológico……..……22

Figura 5 Cuencas de la zona costera del municipio de Actopan consideras en el Plan de manejo y en el presente estudio……..23

Figura 6. Diagrama de la cadena de causas-impactos. Caso de la causa e impacto "contaminación de sedimentos por PAH's"…….48

Figura 7. Diagrama de la cadena de causas-impactos. Caso de la causa e impacto "disminución de la frecuencia y tiempo de inundación de la laguna La Mancha……..…49

1. INTRODUCCIÓN

La costa es una zona de gran fragilidad, de alto valor natural y económico, que presta numerosos servicios ambientales al ser humano (French, 1997; Peterson y Lubchenko, 1997; Cicin-Sain y Knecht, 1998). Particularmente los ambientes costeros, marinos y humedales proveen a nivel mundial alrededor del 43% del valor estimado de los servicios ambientales (Boissonnas *et al.*, 2002). La base de la problemática ambiental, radica en el uso y distribución de los recursos, el hombre, su economía y sociedad, están en el fondo de ellos (Owen y Owen, 1991). A nivel mundial aproximadamente el 50% de estas áreas se encuentran bajo severa degradación ambiental como consecuencia directa o indirecta del desarrollo de una serie de actividades productivas frecuentemente incongruentes con el ambiente (Caso *et al.*, 2003).

En este contexto el manejo integral de la zona costera (MIZC) busca el desarrollo sustentable de las áreas costeras y marinas elevando la calidad de vida, reduciendo los peligros y riesgos naturales y manteniendo los procesos ecológicos esenciales y la diversidad biológica de las áreas costeras y marinas (Cicin-Sain y Knecht, 1998). Uno de los puntos fundamentales es el resolver y disminuir los conflictos que se generan por el uso del espacio y recursos en la franja costera (Moreno-Casasola, 2004). Así, el MIZC se define como un proceso continuo y dinámico por medio del cual se toman decisiones para el uso, desarrollo y protección de los recursos litorales (Cicin-Sain y Knecht, 1998).

El logro de dichos objetivos requiere el desarrollo y uso de indicadores para seguir, evaluar y comunicar el progreso y los resultados de una manera comparable en diferentes países, regiones y proyectos. El uso planificado del territorio implica la evaluación constante del potencial de recursos naturales disponibles, de la propuesta de alternativas para su aprovechamiento, el entorno económico y social, los que guían la identificación y selección de las opciones más convenientes para su uso (FAO, 1993). Su propósito es escoger y poner en práctica aquellos usos que puedan responder mejor a las necesidades de la gente, asegurando al mismo tiempo la conservación de los recursos para el futuro.

Administradores y encargados de formular políticas se enfrentan al desafío de adoptar respuestas para revertir la tendencia general de degradación y de pérdida de biodiversidad (Nobre, 2009). Esto implica el uso de metodologías científicas que permitan

comprender el comportamiento de los ecosistemas a diferentes escalas (IMPRESS 2003; Ferreira *et al*. 2005). En este contexto, los indicadores ambientales surgen con el fin de incorporar los criterios ambientales en la toma de decisiones como expresiones sintéticas de atributos y estados del territorio.

Si bien el uso de indicadores ambientales se ha extendido en la interfase de la ciencia y la política, la definición de indicador aún es ambigua, no existe un significado único y varía de acuerdo y a los objetivos específicos que se persiguen (Heink y Kowary, 2010). Una de las definiciones más conocida y aceptada proviene de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), que define: *un parámetro o valor derivado de parámetros que proporciona información para describir el estado de un fenómeno, ambiente o área, con un significado que va más allá del directamente asociado con el valor del parámetro en sí mismo* (OCDE, 2003).

Las principales funciones de los indicadores ambientales son: reducir el número de medidas y parámetros que normalmente se requieren para ofrecer una representación lo más cercana posible a la realidad de una situación y simplificar los procesos de comunicación. Estas funciones básicas permiten a los indicadores proporcionar información concisa y sustentada científicamente a diversos usuarios, tomadores de decisiones y al público en general de manera que pueda ser entendida y usada fácilmente (OECD, 2003). Los indicadores ambientales son elementos de apoyo en los procesos de toma de decisiones y pueden ser descriptivos de la situación, analíticos respecto a los efectos en determinado contexto, evaluativos en términos de eficiencia, o prospectivos del nivel de bienestar que se pretende lograr con la aplicación de ciertas políticas ambientales (Heink y Kowary, 2010).

Entre los principales marcos conceptuales que han sido utilizados para evaluar problemas ambientales y de desarrollo sustentable para diferentes niveles de análisis incluyen: a) El marco conceptual *insumos-productos/efectos-impactos* utilizado por el Banco Mundial para evaluar la eficacia de proyectos de desarrollo (World Bank, 1999); b) El marco Presión, Estado, Respuesta (*PER)* desarrollado por la OCDE (1993) y sus variantes, en particular el marco Fuerzas motrices, Presión , Estado, Impacto, Respuesta (*FPEIR)*, utilizado por la Agencia Europea del Medio Ambiente (AEMA) para el análisis a nivel nacional, regional e internacional (EEA, 2003); c) El marco desarrollado por las Naciones

Unidas para analizar asuntos ambientales y de desarrollo sostenible a nivel global (World Bank, 2003); d) Marcos conceptuales e indicadores orientados a *procesos o resultados* para evaluar el progreso de las iniciativas de Gestión Integrada de Zonas Costeras a través de una serie de etapas, por ejemplo, el modelo basado en órdenes de resultados desarrollado por el Centro de Recursos Costeros de la Universidad de Rhode Island (Olsen, 2003) (Belfiore, 2006).

De acuerdo a Belfiore (2006) al analizar casos de estudio del uso de indicadores de gestión integrada de la zona costera con diferentes marcos conceptuales y en diferentes niveles concluye que si bien no surge un marco conceptual común, fue posible determinar que se necesitan dos marcos de referencia: uno para medir el progreso en el uso de procesos y mecanismos para fomentar la implementación de la GIZC y otro marco para medir los resultados ambientales, socioeconómicos y de desarrollo institucional.

En este sentido los marcos PER y FPEIR, pueden acomodar dimensiones ambientales, socioeconómicas e institucionales, y podrían ser de gran utilidad en el control del estado del ambiente. Estos marcos son los más ampliamente aceptados, y quizá entre lo más utilizados en México, el Sistema Nacional de Indicadores Ambientales (SNIA) está organizado bajo el esquema PER. Por otro lado el seguimiento y evaluación de las iniciativas de gestión integral de la zona costera puede enfocarse bajo el esquema Indicadores de Progreso en Iniciativas de Manejo Costero Integral (IMIZC) (Olsen, 2003).

En este contexto, en la zona costera del Municipio de Actopan el nivel de planeación ambiental ha sido estructurado en una escala local, creando el Plan de Manejo Comunitario La Mancha-El Llano, generado a partir de talleres participativos con los diferentes sectores de la región, donde se han identificado los principales problemas ambientales de la zona. Considerando el bagaje de conocimientos y esfuerzos institucionales ya existentes, este trabajo tiene como objetivo general fortalecer la gestión adaptable del Plan de Manejo Comunitario La Mancha-El Llano, mediante la identificación de indicadores ambientales que permitan dar seguimiento al estado del ambiente y las iniciativas de manejo integral de la zona costera, bajo esquemas comparables en diferentes países, regiones y proyectos.

Este trabajo se realizó como parte del proyecto Sistema oceanográfico mexicano: monitoreo, diagnóstico y proyección para la sustentabilidad de sus mares y costa, en el programa Desarrollo sustentable de la zona costera.

2. ANTECEDENTES

2.1 Antecedentes Metodológicos

Entre los antecedentes metodológicos relativos a este estudio a nivel nacional, se citan en primer lugar los casos que han utilizado la *Guía para el Análisis de Impactos y sus Fuentes en Áreas Naturales* propuesta por The Nature Conservancy (Andrade *et al*., 1999), como herramienta para el diagnóstico ambiental y la selección de áreas para la conservación. Entre otros trabajos, el de Leyva-Aguilar *et al*. (1997), identifican mediante este esquema la problemática ambiental en el Estero de Punta Banda, Ensenada, B.C. y lo aplican para generar una valoración del área de estudio, que permitió hacer propuestas de manejo y sugerir políticas de protección para el área acordes a los criterios utilizados por el Ordenamiento Ecológico de la región, en el mismo sentido se emplearon estos esquemas metodológicos en el diseño del Plan de Manejo del Valle de Los Cirios (Espejel *et al*., 2006).

Otros trabajos que han organizado la problemática ambiental bajo el esquema en mención es Bravo-Peña (1998), en su investigación *Disminución antropogénica de la capacidad de limpieza en un ecosistema costero: el caso de Bahía del Tóbari*, *Sonora*. El enfoque le permitió ordenar y sistematizar los problemas ambientales, así como la severidad y alcance espacial de los problemas y causas que los originan. La asociación de esta organización con los procedimientos propuestos por la Guía Para la Formulación de Planes Locales Para el Desarrollo de la Acuicultura (PLANDAC), facilitó la identificación de las interacciones entre las actividades locales y regionales con los usos pesquero y acuícola y la evaluación de prioridades de mitigación. Gómez (1999) emplea la técnica de Análisis de Impactos y sus Fuentes como herramienta para el diagnóstico ambiental del estero El Salado en Puerto Vallarta, Jalisco. El esquema permitió puntualizar la importancia del estero para realizar acciones de conservación y aprovechamiento controlado.

Por otro lado en la contribución de Ortiz-Lozano (2000): Problemática Ambiental, Actores y Conflictos de Uso en Barra del Tordo, Tamaulipas, se usa la guía en la valoración global del área de estudio y la identificación y descripción cualitativa de los impactos y sus fuentes. Los impactos se distinguen en función de si son perceptibles en terreno, cartografiables y/o resentidos por algún sector social; en tanto que las fuentes se clasificaron al igual que en este trabajo en función de su origen y localización con respecto a donde se perciben.

Escofet (2004), en su trabajo *Aproximación conceptual y operativa para el análisis de la zona costera de México: un enfoque sistémico paisajístico de multiescala,* examina en la escala local, la problemática ambiental del complejo lagunar Yavaros-Moncarit, en Sonora. Este se analizó contextualizando la heterogeneidad interna en el entorno funcional que lo contiene y en la evolución temporal de uso del suelo; se abordó mediante el método *Análisis de Impactos y sus Causas,* mostrando la contribución relativa de causas locales, regionales, naturales y antropogénicas en los diferentes subsistemas, con lo que consigue sistematizar la heterogeneidad interna y desentrañar redes causales.

En Veracruz, Peresbarbosa (2005), usa el esquema metodológico para identificar y evaluar las principales amenazas que están afectando a la zona costera, con lo que establece las zonas que se deberían proteger y conservar, y desarrolla una serie de estrategias y objetivos que pretenden apoyar el Manejo Integral de la Zona Costera de Veracruz.

En la contribución posterior de Ortiz-Lozano (2006): *Análisis Crítico de la Zonas de Regulación y Planeación en el Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano,* se usa la misma aproximación metodológica para la determinación de la problemática y sus causas, estos resultados se equipararon posteriormente al esquema de indicadores de Presión, Estado y Respuesta (PER), propuesto por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE). Es el primer antecedente en que los dos esquemas metodológicos se equiparan, con el fin de que la información obtenida se traduzca en un conjunto de indicadores. Se propone el uso del sistema de indicadores en la medición de variaciones del estado y las presiones al Parque Nacional.

En el trabajo de Rodríguez-Perafán (2006), *Análisis Retrospectivo del Impacto Ambiental en Recintos Portuarios: El Caso de los Puertos Marítimos de Ensenada y Sauzal de*

Rodríguez, B. C., México, también se organizan los impactos ambientales usando los esquemas metodológicos de Análisis de Impactos y sus Fuentes y PER. En este caso la información fue obtenida de documentos seleccionados que describieran la problemática ambiental de los puertos de interés, indicaran las posibles causas, la que también fue diferenciada en interna y externa, y además que contarán con evidencia clave de dichos impactos. Los resultados fueron proyectados en la instalación de un nuevo puerto en Punta Colonet.

En México, el esquema metodológico PER y FPEIR se ha usado en la generación de indicadores sobre la calidad ambiental en varias regiones costeras, principalmente en el noroeste del país, el método facilita la identificación de disponibilidad de información, variables clave, patrones de uso de suelo y los esquemas de trabajo (Ahumada-Cervantes, 2000).

Entre otros, se ha aplicado en el proyecto de Ordenamiento Ecológico del Mar de Cortés (Espejel *et al*., 2004; Fermán, 2007), que metodológicamente es un antecedente importante porque es el primer ordenamiento marino decretado en el país. El modelo ha sido aplicado en casos regionales en el noroeste de México abordando la vulnerabilidad costera (García-Gastelum, 2006) y en casos locales de ordenamiento como: Ordenamiento Ecológico de San Quintín (Arredondo, 2006), Ordenamiento Costero entre Tijuana y Ensenada (Bringas *et al*., 2002), Ordenamiento Costero en Campeche (Rivera-Arriaga *et al*, 2006), Planificación ambiental en el Valle de San Quintín, B.C. (García-Gastelum, 1999), la generación de Índices ecológicos para la evaluación y la gestión ambiental en Punta Banda, Ensenada, B.C. (Ahumada-Cervantes, 2000), en áreas protegidas (Espejel *et al*., 2005; Ortíz-Lozano, 2006), y en la integración del esquema de monitorización del desarrollo sustentable en la zona costera del noroeste de México (Espejel *et al*., 2008).

La SEMARNAT, a través de la Dirección General de Estadística e Información Ambiental, desarrolla y actualiza el Sistema Nacional de Indicadores Ambientales (SNIA), los cuales han sido elaborados bajo el marco metodológico PER, en ese sentido han elaborado los documentos Desarrollo de Indicadores para la Evaluación del Desempeño Ambiental de México (INE, 1997; SEMARNAT, 2000); Indicadores de Desarrollo Sustentable en México (INEGI-INE, 2000). Indicadores Ambientales para la Región Fronteriza Norte (INE-EPA,

1998) y la Situación Ambiental de la Región Fronteriza (SEMARNAT-EPA, 2006). El sistema de Indicadores del SNIA, está orientado hacia la evaluación del desempeño ambiental nacional a través de 120 indicadores que cubren los temas prioritarios de la agenda ambiental nacional, organizado de acuerdo al esquema propuesto por la OECD.

3. ÁREA DE ESTUDIO

La zona costera en estudio corresponde al municipio de Actopan, ubicado en la región central del estado de Veracruz. Pertenece a una sección de la provincia fisiográfica de la Llanura Costera del Golfo Centro, donde se interrumpe por las estribaciones orientales de la faja neovolcánica transversal (Geissert, 2006). La zona costera del Municipio se ubica entre las coordenadas 96°32´22.80”W, 19°44´7.47”N y 96°18´40.79”W, 19°25´46.01”N, está limitada por el río Limón al norte, el río Agua Fría al sur, al este el Golfo de México y al oeste por la Sierra de Manuel Díaz, un relieve de origen volcánico extrusivo. Las laderas de la Sierra tienen pendientes fuertes y abruptas (>12° y entre 12 y 25°), hacia el sur el relieve alcanza los 700 msnm (García, 2006).

La región comprende cinco pequeñas cuencas, las elevaciones montañosas enmarcan a tres de ellas, que corresponden a los escurrimientos que se vierten en las lagunas de La Mancha, El Farallón y El Llano, las otras dos cuencas en los extremos norte y sur, corresponden a las planicies de los ríos Limón y Agua Fría respectivamente, de las cuales se considera una sección, debido a que están compartidas políticamente con los municipios vecinos (Fig. 1) (Travieso-Bello *et al.*, 2006).

De acuerdo al sistema de clasificación climática de Köppen en la zona el clima es de tipo Aw2, que se caracteriza por ser cálido sub húmedo, con régimen de lluvia de verano. La temperatura media anual del mes más frío es mayor a 18°C, y la del mes más caliente mayor a 22°C (Travieso-Bello y Campos, 2006).

La zona de estudio incluye 11 poblados con cerca de 7000 habitantes. La zona costera de La Mancha está atravesada de norte a sur por la carretera costera federal núm. 180, alrededor de esta se localizan los poblados Paso del Cedro, Crucero La Mancha, Paraíso La Mancha, Farallón-Tinajitas y El Viejón Nuevo. Existen cuatro caminos secundarios que conducen a los poblados de Palmas de Arriba, Palmas de Abajo, Tinajitas, San Isidro,

Santa Rosa y El Farallón. Además existen caminos de terracería que aumentan la conectividad de la zona y permiten el acceso a los poblados de Buenos Aires, Colonia La Mancha y Villa Rica (Travieso-Bello *et al.*, 2006).

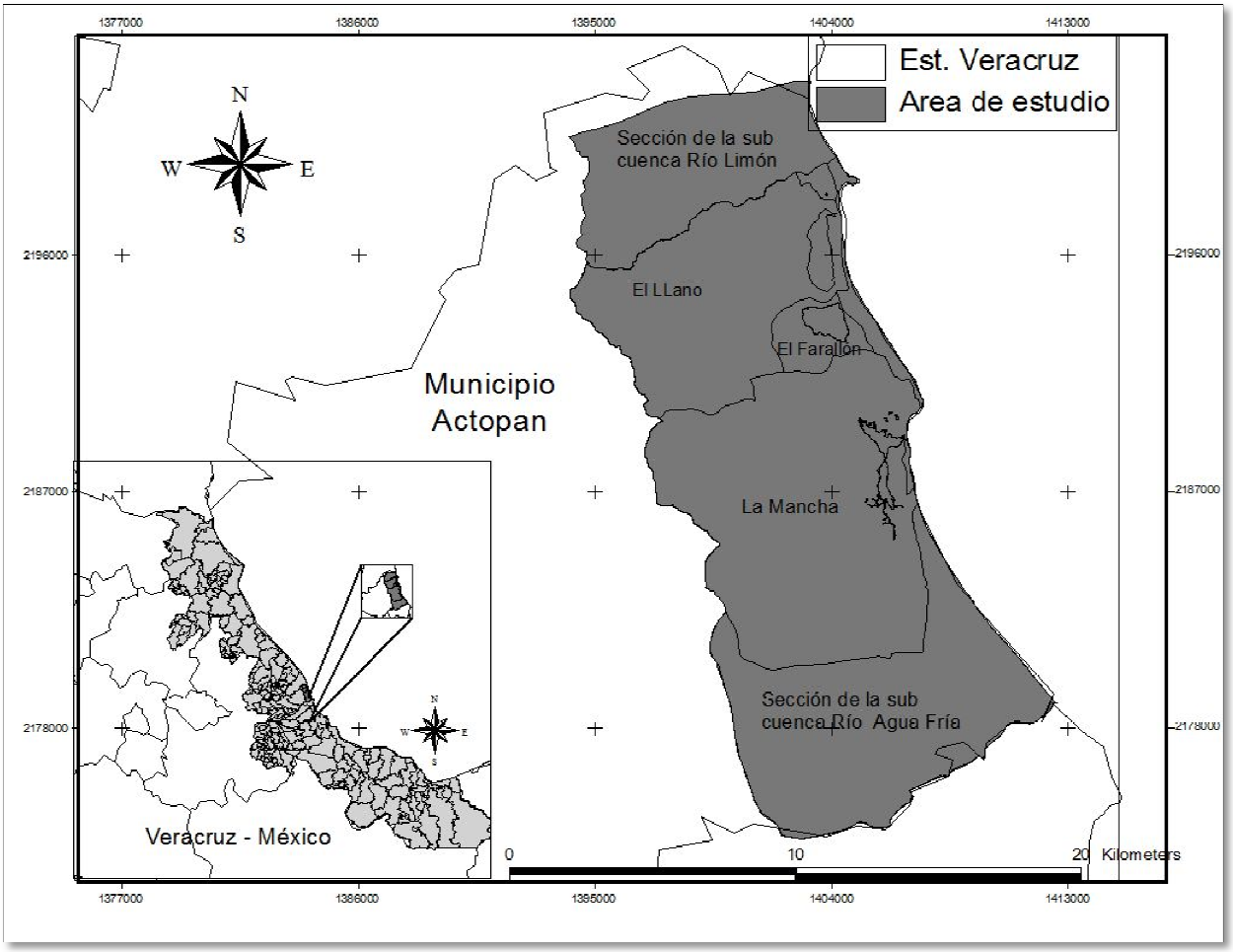


Figura 1. Mapa de ubicación de la zona costera del Municipio de Actopan, Veracruz.

Entre la vegetación nativa se encuentran comunidades vegetales como las selvas: baja caducifolia, mediana caducifolia y baja caducifolia inundable; también encontramos comunidades propias de los humedales como vegetación riparia, selva baja caducifolia inundable, manglar, popal, tular y vegetación flotante (Castillo-Campos y Travieso-Bello,

2006; Travieso-Bello y Campo, 2006). En las costas de la región se encuentran grandes sistemas de dunas costeras que penetran tierra adentro hasta los tres kilómetros y pueden alcanzar hasta 25 metros, debido a esta topografía forman un mosaico de hábitats con diferentes condiciones ambientales y físicas. Las dunas de esta región muestran un conjunto de comunidades florísticas que se ordenan a lo largo de una gradiente de menor a mayor grado de estabilización en relación a su cobertura vegetal (Travieso-Bello *et al.*, 2006).

Es un área rica en biodiversidad, hasta el momento se han catalogado 841 especies de plantas, representantes de más de 100 familias. Entre ellas se incluyen algunas especies endémicas fijadoras de dunas *(Chamaecrista chamaecristoides* y *Palafoxia lindenii)*, y varias especies consideradas bajo alguna categoría de protección (Castillo-Campos y Travieso-Bello, 2006). Se han registrado 338 especies de aves, 49 de ellas consideradas como amenazadas en diversos grados por la legislación nacional o internacional. Se han observado 52 especies de mamíferos, 35 de reptiles y 12 de anfibios (Travieso-Bello *et al.*, 2006).

En este escenario se desarrolla la convivencia principalmente de ganaderos, agricultores de subsistencia, cultivadores de caña, pescadores y acuicultores nativos. La acelerada expansión de las fronteras agrícola y ganadera en las últimas décadas ha ocasionado la fragmentación de la vegetación, transformándola en vegetación secundaria, pastizales para el desarrollo de ganadería bovina, cultivos de caña, maíz y mango, caminos y sectores habitacionales (Paradowska, 2006; Travieso-Bello y Campo, 2006; Travieso-Bello *et al.*, 2006). El grado de transformación varía en función de los factores biofísicos y el manejo antrópico del terreno. Se observa una fragmentación y homogenización del paisaje afectando la diversidad de especies vegetales así como la estructura, funcionamiento y servicios ambientales de estos ecosistemas.

La relación histórica de este espacio con la sociedad que lo habita ha sido constantemente redefinida, el proceso socio-cultural de apropiación del territorio ha pasado por diferentes etapas acorde a la adaptación y reorganización de los espacios. Es determinante la historia relativamente reciente que la actual población tiene en la zona, motivada por atractivos como el fácil acceso a la tierra, el aislamiento e incentivos del Estado para el desarrollo agrícola (Paradowska, 2006).

En la actualidad la tendencia observada es la venta de tierras de pequeños propietarios y ejidatarios a cañeros y ganaderos, excluyendo al sector rural paulatinamente. La renuncia definitiva a la tierra como fuente de supervivencia e ingreso, incide en el grado de compromiso de la población local hacia la región y sus recursos, pese al panorama se observan indicios de un creciente interés por el turismo y la ecología, como opciones alternativas. Es difícil hablar de una identidad cultural y de una sola visión de la sociedad sobre los recursos y la naturaleza, el proceso de integración cultural se da en un contexto difícil y obstaculiza la consolidación de un proyecto local regional. (Paradowska, 2006; Travieso-Bello *et al.*, 2006).

Sin embargo hay esfuerzos importantes que buscan el desarrollo sustentable. La zona costera del Municipio de Actopan, cuenta con el Plan de Manejo Integrado Comunitario: La Mancha-El Llano, cuyo proceso inició en 1997, en su desarrollo se consideró el enfoque de Toledo (1997), su planteamiento apunta hacia un perspectiva amplia e integral y en este sentido define el desarrollo comunitario sustentable como un mecanismo endógeno que permite a la comunidad tomar (o retomar) el control de los procesos que la afectan. El plan de manejo no constituye un documento *per se*, sino más bien se concibe como un proceso de transformación. Dicho proceso ha sido concebido bajo un esquema de interacción, vinculación y trabajo común entre las comunidades de la zona, las instituciones académicas y de educación que trabajan en el área y las autoridades gubernamentales (municipales, estatales y federales) (Moreno-Casasola, *et al*., 2006a; Moreno-Casasola, *et al*., 2006b).

En el diagnóstico del uso de los recursos y la situación ambiental, se identificó, jerarquizó y valoró la problemática ambiental de la zona, con base en entrevistas, conversaciones con actores clave, bibliografía, recorridos y talleres de trabajo en los que se utilizó la técnica Delphi (Tabla 1). Dicha problemática se relacionó con las actividades tanto productivas como de gobierno que se realizan o se realizaron en la zona y se analizó la importancia de las actividades en función de su impacto (Tabla 2) (Moreno-Casasola, *et al*., 2006a).

El Plan de Manejo Comunitario La Mancha-El Llano, tiene como objetivo: *transcurrir hacia un desarrollo sustentable en la zona costera del Municipio de Actopan, Veracruz, basado en la elevación del nivel y calidad de vida de sus habitantes, la diversificación de*

alternativas productivas sustentables y la conservación de la biodiversidad y del funcionamiento de los ecosistemas (Moreno-Casasola, 2004). Para desarrollar el proyecto se han planteado cuatro etapas: 1) Legitimación, motivación y diagnóstico; 2) Generación de espacios de comunicación, intercambio y capacitación de la comunidad; 3) Consolidación y ampliación de los espacios de comunicación, intercambio y comunicación, y 4) Autogestión comunitaria En este contexto se han llevado a cabo cuatro instrumentos: conformación del comité del plan de manejo, proyectos pilotos productivos, participativo; programas de restauración y conservación y el ordenamiento territorial (Moreno-Casasola, 2004). Los tres primeros constituyen la unidad de trabajo formada por los grupos comunitarios (Moreno-Casasola et al., 2006b).

Hasta el momento el proyecto ha alcanzado logros importantes a nivel ambiental, técnico y social. Se ha obtenido un conocimiento integral de los sistemas naturales de la zona, la gestión y solución de algunos problemas ambientales como el azolvamiento de lagunas, se ha organizado internamente a grupos para la elaboración de proyectos productivos, se ha logrado un estado de involucramiento, responsabilidad y vigilancia de los habitantes locales sobre el uso y cuidado de sus recursos. Las reuniones del comité del plan de manejo continúan como un mecanismo permanente lo cual mantiene la interacción entre los sectores gubernamentales y sociales (Travieso-Bello *et al.*, 2006a).

La identificación de los principales problemas ambientales, sociales y económicos, obtenidos en campo y a través de talleres con los pobladores, constituye la base de la propuesta de Ordenamiento Ecológico Local, que en trabajo conjunto con el Municipio ha permitido detectar e impulsar actividades alternativas. Este trabajo permitirá llegar a un planteamiento de los objetivos y metas debe tener el MIZC de Actopan y cómo éste se situará dentro de la estructura organizativa y administrativa del Ayuntamiento (Moreno-Casasola, *et al*., 2006b).

El logro de dichos objetivos requerirá el desarrollo y el uso de indicadores bajo esquemas conceptuales que por una parte permitan seguir, evaluar y comunicar el estado del ambiente, así como el progreso de las iniciativas de manejo costero integral de una manera comparable en diferentes países, regiones y proyectos, y a su vez fortaleciendo los procesos de la gestión adaptativa. Esto es especialmente importante a la luz de las prioridades, los objetivos y las metas para océanos, mares, costas y pequeñas islas que fueron acordados en la Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible en el 2002.

Tabla 1. Causas de la problemática ambiental identificadas en el diagnóstico de la situación ambiental del Plan de Manejo Comunitario La Mancha-El Llano. La tabla se refiere como: Impacto de las actividades humanas que se llevan a cabo en los ecosistemas de la región. 0) nulo o inapreciable, 2) bajo, 5)medio, 8)alto, 10) muy alto.

Actividades	Ecosistemas												Suma
	Playa	Duna	Mar	Manglar	Humedal de Agua Dulce	Selva Baja	Selva Mediana	Laguna y Estuario La Mancha	Laguna y Estuario El Llano	Laguna y Estuario El Farallón	Laguna y Estuario El Limón	C. Gallego	
Conversión de uso del suelo y de ecosistemas	0	5	0	10	10	10	10	0	0	0	0	0	**45**
Contaminación (drenaje, agroquímicos, basura, térmica)	2	0	8	5	5	0	0	5	5	6	10	10	**56**
Canalización y alteración de flujos	0	0	2	5	8	0	0	8	8	5	5	2	**43**
Extracción de materiales (piedra, madera, arena)	0	2	0	2	0	5	0	0	0	0	0	0	**9**
Extracción de agua	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	3	8	**21**
Agricultura	0	5	0	0	0	8	10	0	0	0	0	0	**23**
Ganadería	0	8	0	5	10	8	5	0	2	0	0	0	**38**
Pesca	0	0	7	2	0	0	0	8	8	10	2	0	**37**
Caza y extracción de animales	5	3	0	5	0	5	5	0	0	0	0	0	**23**
Deforestación y erosión/azolve	0	0	0	5	2	10	8	8	8	5	0	7	**53**
Asentamientos humanos	0	0	0	0	0	5	5	0	0	0	0	0	**10**
Recreación	7	0	0	0	0	0	0	2	0	5	0	0	**14**
Gasoducto / terraplén	0	2	0	8	2	0	0	10	10	2	5	2	**41**
Carretera federal	0	0	0	2	2	2	0	2	0	0	0	0	**8**
Caminos locales	0	0	0	2	2	2	0	2	5	0	5	0	**18**
SUMA	**14**	**25**	**17**	**51**	**41**	**55**	**43**	**45**	**46**	**43**	**30**	**29**	

Fuente: (Moreno-Casasola *et al.*, 2006a)

Tabla 2. Impacto de las actividades que se realizan en la zona costera de Actopan

0)nulo o imperceptible, 2) bajo, 5)medio, 8)alto, 10)muy alto.

Actividad	Impacto alrededor de los cuerpos de agua									
	Alteraciones del drenaje e hidrología, modificación patrones de circulación	Azolvamiento	Cambio nivel del suelo	Alteración de vegetación natural	Alteración de hábitats	Reducción de poblaciones y número de especies	Contaminación del agua	Compacta-ción del suelo	Uso del Fuego	Suma
Carretera federal	5	2	2	2	0	2	2	0	5	**20**
Caminos locales	5	5	5	2	0	2	0	0	0	**19**
Vías del tren	8	10	5	2	2	0	0	2	0	**29**
Gasoductos	10	10	8	5	8	8	0	2	0	**51**
Ganadería	5	5	0	8	5	10	5	8	8	**54**
Desecación campos	5	2	0	5	8	8	0	2	0	**30**
Agricultura	2	2	0	8	5	8	8	2	8	**43**
Deforestación	5	5	0	8	5	8	0	5	21	**36**
Pesca	0	0	0	0	2	5	0	0	0	**7**
Introducción de especies	3	0	0	10	5	8	0	0	0	**26**
Asentamientos humanos	2	2	5	5	8	5	10	8	0	**45**
recreación	0	0	0	0	5	2	5	0	0	**12**
Infraestructura. litoral e industrial	2	0	0	0	2	8	5	0	0	**17**
SUMA	**52**	**43**	**25**	**55**	**55**	**74**	**35**	**29**	**21**	

Fuente: (Moreno-Casasola *et al.*, 2006a)

4. OBJETIVOS

4.1. Objetivo General

Fortalecer la gestión adaptable del Plan de Manejo Comunitario La Mancha El Llano, mediante la identificación de un sistema de indicadores, con base en la revisión de la problemática ambiental, que permita dar seguimiento al estado del ambiente y las iniciativas de manejo integral de la zona costera.

4.2. Objetivos Específicos

- Identificar la problemática ambiental, su evidencia clave y las causas que la generan.
- Organizar los resultados del objetivo anterior en indicadores bajo el esquema de Fuerzas motrices, Presión, Estado/Impacto y Respuestas.
- Organizar las Respuestas documentadas bajo un esquema indicadores de progreso de iniciativas de manejo costero.

5. METODOLOGÍA

5.1 Análisis cartográfico

5.1.1 Delimitación de la zona costera

La zona de estudio se delimitó con base en el área determinada en el Ordenamiento de la Zona Costera del Municipio de Actopan, elaborada como una herramienta para el desarrollo de las estrategias del Plan de Manejo Comunitario La Mancha-El Llano (Moreno-Casasola, 2004). El ordenamiento abarca una superficie de 27. 275,49 ha., incluye en los extremos norte y sur parte de las cuencas del Río Limón y el Río Agua Fría respectivamente y las cuencas que desembocan en la Laguna La Mancha, Laguna El Farallón y Laguna El Llano (Moreno-Casasola, 2006).

5.1.2 Identificación de unidades homogéneas

Las unidades homogéneas en el área de estudio se identificaron en función de atributos geomorfológicos y de cobertura vegetal. Se utilizó la información digitalizada en el Ordenamiento de la Zona Costera del Municipio de Actopan, realizada en escala 1:2000. A partir del mapa de vegetación generado en el Ordenamiento Territorial de la Zona Costera del Municipio de Actopan, se limitaron las unidades homogéneas en cada cuenca de la zona de estudio. Los tipos de vegetación denominados como dunas con pioneras, dunas con herbáceas y dunas con matorral fueron integradas para este estudio en la unidad homogénea ¨dunas¨.

5.2 Análisis de impactos y sus causas

La caracterización de la problemática ambiental se obtuvo de mediante un proceso de análisis documental de la bibliografía científica publicada o no y el posterior análisis de la información (Dulzaides y Molina, 2004). La problemática ambiental se abordó con el método de Análisis de los Impactos y sus Fuentes (Andrade-Hernández *et al.*); propuesto por The Nature Conservancy, Este fue diseñado para áreas naturales protegidas, sin embargo es adaptable a las características y necesidades de cada área y sus objetivos justifican su uso como herramienta en el diagnóstico ambiental (Andrade-Hernández *et al.*, 1999; Bravo-Peña, 1998). El método permite establecer una relación causal entre los impactos, las fuentes y los actores.

De acuerdo a la guía, la aproximación del análisis de los problemas y las causas puede o no ser cuantitativa (Andrade-Hernández *et al.*, 1999), en este caso se lo hizo desde una perspectiva cuantitativa. En el proceso de análisis de la información se identificaron trabajos que refieran a la problemática ambiental y además que puedan leerse en términos de esta metodología, es decir en los que se puedan identificar los problemas ambientales, las causas que lo originan y las evidencias cuantificadas o factores que permitan suponer la ocurrencia de cada uno de los problemas identificados.

Las causas de cada problema fueron clasificadas en función de su localización espacial en: 1) causas locales, cuando la fuente se ubica dentro del sistema o en su perímetro adyacente inmediato, y 2) causas regionales, cuando la fuente se localiza alejada del

sistema. También se clasificó de acuerdo a su origen en naturales y antropogénicas (Escofet, 2004).

5.2.1 Validación del los a expertos

Los resultados del inciso 5.2 se presentaron y discutieron con 15 investigadores del INECOL A.C., centro de investigación que ha generado las principales publicaciones utilizadas. Las entrevistas sirvieron para comprobar la lógica causal de los impactos y sus causas, la información se utilizó en la discusión de los resultados.

5.3 Propuesta de extrapolación de problemas

Es práctica común en los diagnósticos ambientales que, ante la falta de información documentada de la problemática ambiental, se realicen consultas a expertos y se conjeturen descripciones hipotéticas. Asimismo, los tomadores de decisiones usan la opinión experta o la extrapolación de datos para aplicar el principio precautorio en sus decisiones. En este caso, no se consultó a los expertos directamente, pero los impactos identificados en la lectura y análisis de sus publicaciones, se extrapolaron a sitios vecinos y que paisajísticamente eran equivalentes. Es decir, en todas las cuencas del área de estudio, se realizó una descripción hipotética extrapolando los posibles impactos que podrían estar sucediendo en áreas cercanas, con base en los impactos documentados en cuencas vecinas. Todo esto con el fin de dar un valor agregado a la investigación generada en una estación biológica y área protegida que cuenta con información científica muy valiosa pero restringida espacialmente.

5.4 Índice de causas-complejidad de manejo

La complejidad del manejo está basada en el supuesto de que las causas internas, etiquetadas como locales en este trabajo, pueden solucionarse con mayor facilidad ya que están relacionadas con actores locales; a diferencia de las causas externas tratadas aquí como regionales, cuyas fuentes están alejadas del problema y su solución implica el trato con instancias y actores regionales por lo que puede resultar más compleja (Escofet, en prensa).

El Índice de Complejidad de Manejo (ICCM) se calcula restando el número de causas internas, menos el número de causas externas sobre cien. Los valores positivos se asocian con una menor complejidad de manejo y los negativos con una mayor complejidad (Tabla 3).

Tabla 3. Esquema del cálculo del Índice de Complejidad de Manejo y la relación con actores (fuente: modificado a partir de Escofet, en prensa).

ICCM, CI-CE/100	Valores ICCM	Relación de actores	Complejidad de manejo
CI > CE	+	actores locales > actores regionales	menor
CI = CE	0	actores locales = actores regionales	intermedia
CI < CE	−	actores regionales > actores locales	mayor

5.5 Identificación de actores

Para identificar a los actores relacionados con la problemática ambiental analizada, se utilizó la técnica de Sorensen *et al.* (1992). El procedimiento organiza a los actores en función de su nivel de organización en trece categorías; en el presente trabajo se reclasificaron y agruparon en tres clases: generadores de bienes y servicios, sector gubernamental y sector científico. Dichos actores fueron organizados en función de su influencia espacial en: locales, regionales, nacionales e internacionales.

5.6 Equivalencia con el esquema FPEIR

El modelo PER fue propuesto por la Organización de Cooperación para el Desarrollo Económico (OCDE), como una modificación del modelo de presión-respuesta planteado por Friend y Rapport (1979). Ha sido utilizado ampliamente en la generación de sistemas de indicadores y como un mecanismo general para analizar los problemas ambientales

(OECD, 1993). La Agencia Europea del Medio Ambiente (EEA, 2003) amplió este modelo a Fuerza motriz-Presión-Estado/Impacto-Respuesta (DPSIR) esquema que mediante la adición de (1) indicadores de fuerza motriz que describen la evolución social, demográfica y económica en las sociedades y los correspondientes cambios en los estilos de vida, los niveles generales de consumo y los patrones de producción e (2) indicadores de impacto se describen los cambios en las condiciones ambientales (Heink y Kowary, 2010) (Figura 2).

Con el fin de orientar el análisis de la problemática ambiental con los métodos anteriores, en una herramienta para el manejo, se equipararon a *presión* las causas de los problemas, a *estado* los impactos identificados que aún no representan pérdidas económicas, a impactos los problemas que representan pérdidas económicas y a *indicadores de estado/impactos* la evidencia clave de los problemas. La identificación de actores se relacionó con las fuerzas forzantes que son las actividades económicas inmediatas que explican las presiones existentes (Figura 3).

Se enlistaron las respuestas que se han desarrollado como medidas correctivas o preventivas frente a los impactos y posibles futuros impactos identificados en el plan de manejo.

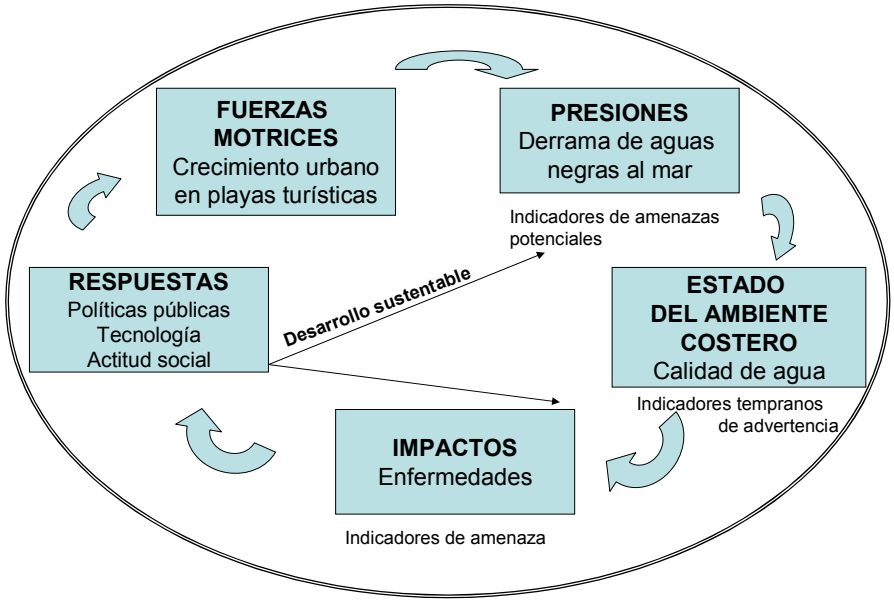


Figura 2. Modelo FPEIR (EEA, 2003), (modificado de Oñate, et al., 2002). En mayúsculas el tipo de indicador, en minúsculas, un ejemplo de indicador ambiental.

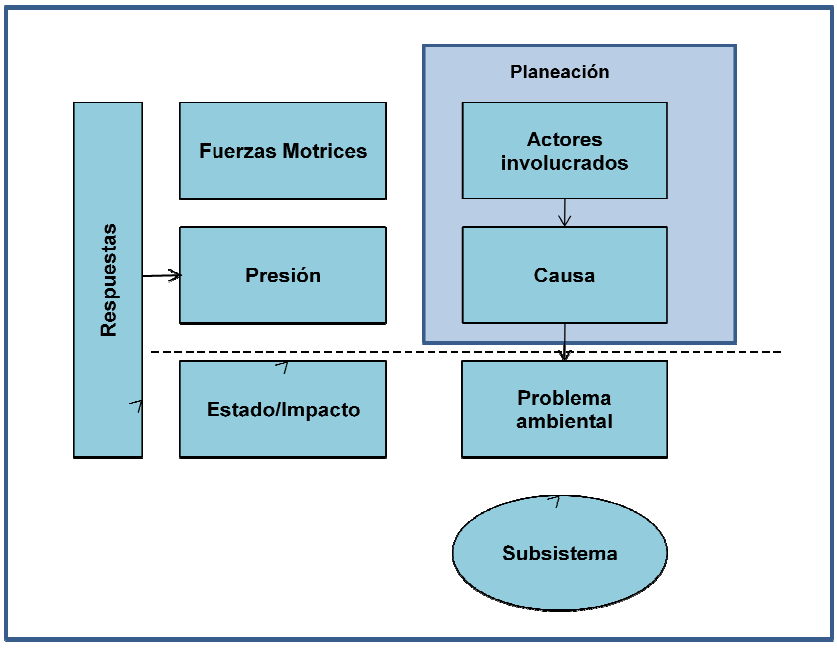


Figura 3. Esquema FPEIR asociado al análisis de Impactos y sus Causas. (**Fuente**: Ortiz-Lozano, 2006).

5.7 Indicadores de progreso en manejo costero integrado

Se ubicaron los proyectos que actualmente se desarrollan como parte del Plan de Manejo Comunitario La Mancha-El Llano (Cuadro 11 y 12, Moreno-Casasola et al, 2006), y se los examinó en relación con los problemas identificados.

Las respuestas a la problemática ambiental se cotejaron bajo un enfoque de evaluación de procesos con el esquema de indicadores de progreso de las iniciativas en manejo costero integrado que incluye cuatro grupos de indicadores a nivel local, regional y nacional. Los indicadores de primer orden manifiestan *Construcción de condiciones facilitadoras*, los de segundo orden señalan *Cambios de comportamiento para alcanzar mejoras sociales y ambientales*, los de tercer orden indican *Obtención de resultados a partir de los de indicadores de segundo orden* y los de cuarto orden reflejan un *Balance dinámico y deseable entre condiciones ambientales y sociales* (Olsen, 2003).

Un resumen con el esquema metodológico se presenta en la Figura 4.

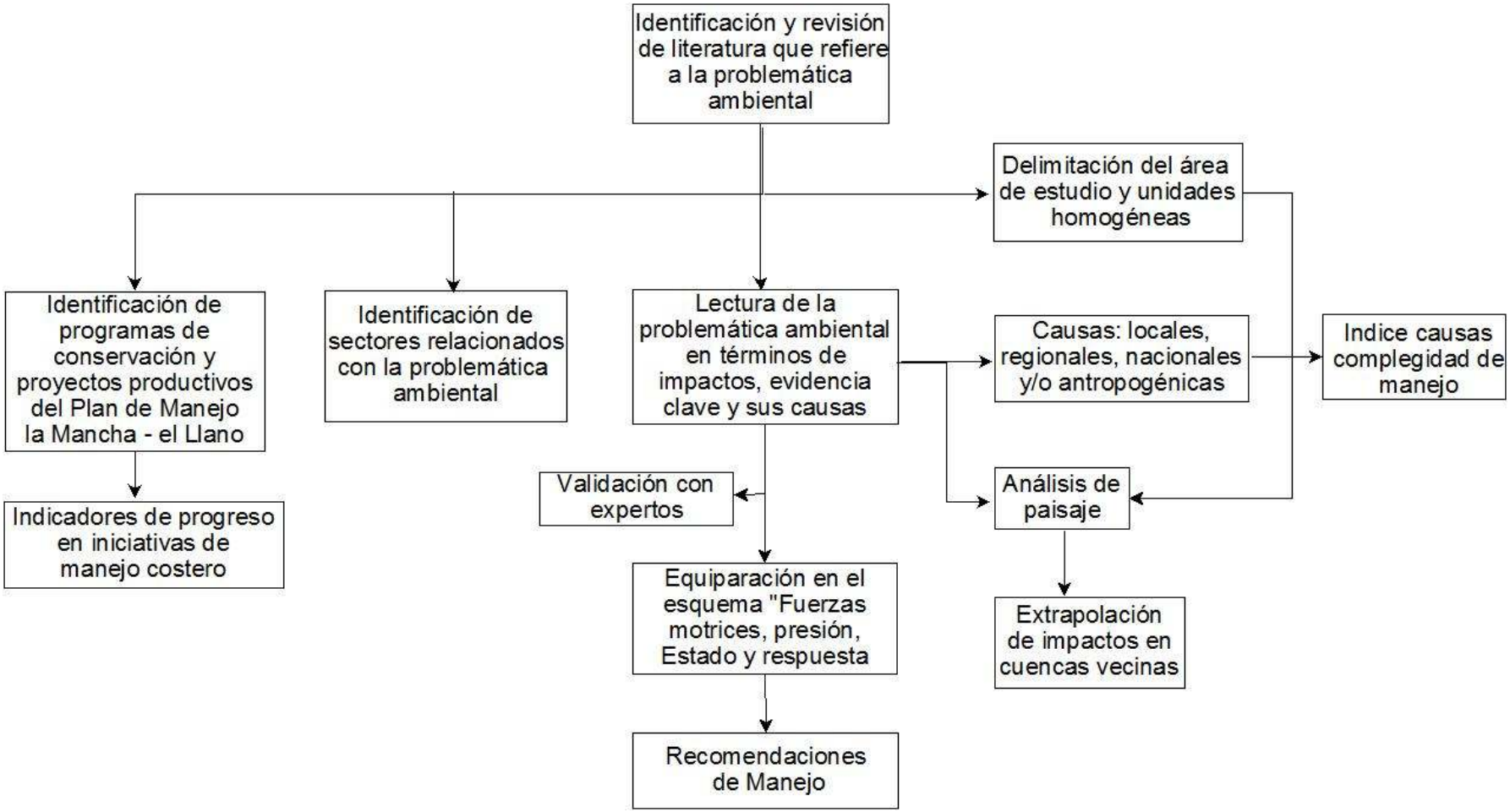


Figura 4. Diagrama del esquema metodológico

6 RESULTADOS

6.1 Análisis Cartográfico

6.1.1 Identificación de unidades homogéneas

Se reconocieron 14 unidades homogéneas a considerarse en la identificación de la problemática ambiental y sus causas de la zona costera del Municipio de Actopan (Figura 5) (Tabla 4). En la cuenca del río Agua fría se identificaron seis unidades ambientales, en la cuenca de la laguna La Mancha 11, en la cuenca de la laguna El Farallón, siete; en la cuenca de la laguna El Llano ocho unidades ambientales, y en la cuenca del río Limón seis unidades ambientales.

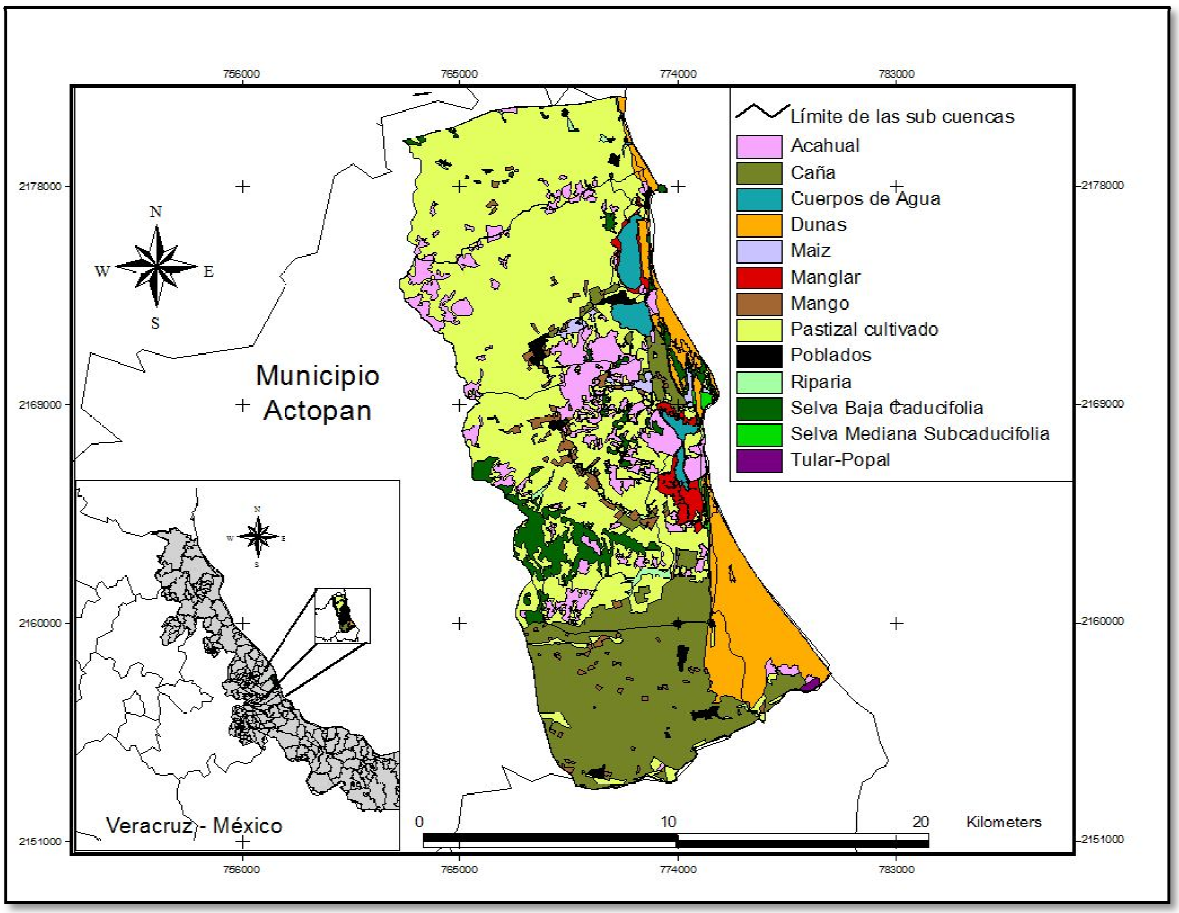


Figura 5. Unidades homogéneas consideras en el presente estudio.

Tabla 4. Unidades homogéneas en las cinco cuencas del área de estudio definidas a partir del mapa de vegetación y uso de suelo consideradas en el Ordenamiento Territorial de la Zona Costera del Municipio de Actopan.

Cuencas de la Z. C. del Municipio de Actopan consideradas en el Plan de Manejo	Unidades del mapa de vegetación del Ord. Ter. De la Z.C del municipio de Actopan	Unidades homogéneas consideradas en este estudio
Río Agua Fría	Cultivo de caña	Cultivo de caña
	Cultivo de mango	Cultivo de mango
	Pastizal	Pastizal
	Pioneras sobre dunas	Dunas
	Herbáceas sobre dunas	
	Tular-popal	Humedal
		Río
Laguna La Mancha	Cultivo de caña	Cultivo de caña
	Cultivo de mango	Cultivo de mango
	Cultivo de maíz	Cultivo de maíz
	Pastizal	Pastizal
	Acahual	Acahual
	Pioneras sobre dunas	Dunas
	Herbáceas sobre dunas	
	Matorral sobre dunas	
	Selva baja caducifolia	Selva baja caducifolia
	Selva mediana sub caducifolia	Selva mediana sub caducifolia
	Manglar	Manglar
	Vegetación riparia	Vegetación riparia
		Río
		Laguna de agua salobre
Laguna El Farallón	Cultivo de caña	Cultivo de caña
	Cultivo de maíz	Cultivo de maíz
	Pastizal	Pastizal
	Acahual	Acahual
	Pioneras sobre dunas	Dunas
	Herbáceas sobre dunas	
	Selva baja caducifolia	Selva baja caducifolia
		Laguna tectónica de agua dulce
Laguna El Llano	Cultivo de caña	Cultivo de caña
	Cultivo de mango	Cultivo de mango
	Pastizal	Pastizal
	Acahual	Acahual
	Pioneras sobre dunas	Dunas
	Herbáceas sobre dunas	
	Selva baja caducifolia	Selva baja caducifolia
	Manglar	Manglar
		Laguna de agua salobre
Río el Limón	Cultivo de mango	Cultivo de mango
	Pastizal	Pastizal
	Acahual	Acahual
	Pioneras sobre dunas	Dunas
	Herbáceas sobre dunas	
	Selva baja caducifolia	Selva baja caducifolia
		Río

6.2 La problemática ambiental

6.2.1 Los problemas

La identificación de la problemática ambiental de la zona costera del Municipio de Actopan, sus causas y evidencias clave se recopilaron de la revisión de 25 fuentes bibliográficas. Con base en la información analizada se rastrearon un total de 23 problemas ambientales (Tabla 5).

De la bibliografía examinada, 14 documentos se refieren a problemáticas exclusivamente de la cuenca de La Mancha, uno sobre la cuenca de El Llano y otro de la cuenca de El Farallón. Seis referencias describen problemas para las cuencas tanto de La Mancha como de El Llano, y una referencia es común a las cuencas de La Mancha, El Llano, El Farallón y el Río Limón; no se encontró información de la problemática de la cuenca del Río Agua Fría que pudiera leerse en los términos del rastreo de problemas sus causas y evidencia clave (Tabla 6).

De los 23 problemas identificados en el análisis de la información bibliográfica, 17 se pudieron relacionan con la problemática descrita en el Plan de Manejo Comunitario la Mancha-El Llano, en tanto que el problema identificado en el Plan de Manejo como uso del fuego no pudo rastrearse en términos del esquema impactos y sus causas (Tabla 7).

6.2.2 Evidencia clave de los problemas

Todos los impactos pudieron ser asociados con evidencias claves rastreables. En 22 de los impactos la evidencia clave correspondió a unidades medibles, y un impacto corresponde a evidencia clave que permite suponer su ocurrencia. La evidencia clave de 17 de los impactos proviene de mediciones de campo y en cinco impactos la evidencia proviene de análisis de fotografías e imágenes satelitales (Tabla 8).

Tabla 5. Problemas ambientales y fuentes bibliográficas de referencia.

Impactos	Fuentes bibliográficas
1. Erosión en la línea de costa	Psuty *et al*., 2009
2. Disminución de la superficie de dunas con arena móvil	Psuty *et al*., 2009
3. Contaminación de la columna de agua por coliformes fecales	Parissi, 1990
4. Contaminación de agua por metales pesados (Hg, Pb, Cd)	Ramos-Rosas, 2010
5. Contaminación de organismos por metales pesados	Vázquez-Botello *et al*., 2004; Rodríguez, 1994; Ramos-Rosas, 2010
6. Contaminación de sedimentos por metales pesados	Vázquez-Botello *et al*., 2004; Rodríguez, 1994; Ramos-Rosas, 2010
7. Contaminación de sedimentos por hidrocarburos policíclicos aromáticos	Botello et al., 2001; Gold-Bouchot, 2004
8. Riesgo ecológico para organismos estuarinos	Vázquez-Botello *et al*., 2001; Vázquez-Botello *et al*., 1993
9. Calidad ecológica del agua de buena a regular	Peralta, 2007.
10. Eutrofización de lagunas	Peralta, 2007.
11. Azolvamiento de la laguna	Villalobos *et al*., 1984; Contreras-Espinosa *et al*., 2005; Rivera, 2008; CEMA *et al*., 2005; López-Portillo *et al*., 2004a
12. Disminución de la superficie del cuerpo de la Laguna	Ruelas-Monjardín *et al*., 2005; Ruelas-Monjardín, 2006.
13. Disminución de la frecuencia y tiempo de inundación de la Laguna	Psuty *et al*., 2009
14. Disminución de la pesca de especies estuarinas de subsistencia y artesanal	Morales *et al*., 2005
15. Disminución de la biomasa de pastos marinos	Rivera, 2008.
16. Contaminación de aguas superficiales de uso doméstico con Atrazina	Cejudo, 2006; Cejudo *et al*., 2008.
17. Disminución de la cobertura de manglar en categoría de conservado	Hernández-Trejo, 2009
18. Proyectos de infraestructura en terrenos ganados al mar	López-Portillo *et al*., 2004b
19. Cambios en la estructura física y química del suelo típico de humedales	López-Rosas *et al*., 2006; Travieso-Bello *et al*., 2005
20. Disminución de la cobertura de especies vegetales propias de humedales	López-Rosas *et al*., 2006
21. Cambios en la composición de especies vegetales propias de humedales	Travieso-Bello *et al*., 2005
22. Disminución de la cobertura de selva	Guevara *et al*., 2008
23. Actividad ganadera no sustentable	Travieso-Bello., 2005

Tabla 6. Bibliografía revisada para la identificación de la problemática ambiental.

Bibliografía	Cuencas				
	La Mancha	El Llano	El Farallón	Río Limón	Río Agua Fría
1. Cejudo, 2006	X				
2. Cejudo *et al.*, 2008	X				
3. CEMA *et al.*, 2005	X				
4. Contreras-Espinosa et al., 2006	X				
5. Gold-Bouchot, 2004	X	X			
6. Guevara *et al.*, 2008	X	X	X	X	
7. Hernández-Trejo, 2009	X				
8. López-Portillo *et al.*, 2004a			X		
9. López-Portillo *et al.*, 2004b	X				
10. López-Rosas *et al.*, 2006	X				
11. Morales et al., 2005		X			
12. Parissi, 1990	X	X			
13. Peralta-Peláez, 2007	X				
14. Peralta-Peláez *et al.,* 2007	X				
15. Psuty *et al.*, 2009	X				
16. Ramos-Rosas, 2010	X				
17. Rivera, 2008	X				
18. Rodríguez, 1994	X	X			
19. Ruelas-Monjardín et al., 2005			X		
20. Ruelas-Monjardín et al., 2006			X		
21. Travieso-Bello *et al.*, 2005	X				
22. Vázquez-Botello *et al.*, 1993	X	X			
23. Vázquez-Botello *et al.*, 2001	X	X			
24. Vázquez-Botello *et al.*, 2004	X	X			
25. Villalobos *et al.*, 1984	X				
Total	**21**	**8**	**4**	**1**	**0**

Tabla 7. Relación de los impactos caracterizados en este trabajo con los impactos identificados en el Plan de Manejo La Mancha-El Llano

Impactos caracterizados en este trabajo	Impactos identificados en el Plan de Manejo La Mancha-El Llano (Moreno Casasola et al., 2006 a)								
	Alteraciones del drenaje e hidrología, modificación patrones de circulación	Azolvamiento	Cambio nivel del suelo	Alteración de vegetación natural	Alteración de hábitats	Reducción de poblaciones y número de especies	Contaminación del agua	Compactación del suelo	Uso del Fuego
1. Erosión en la línea de costa									
2. Disminución de la superficie de dunas con arena móvil				X	X				
3. Contaminación de la columna de agua por coliformes fecales							X		
4. Contaminación de agua por metales pesados.							X		
5. Contaminación de organismos por metales pesados									
6. Contaminación de sedimentos por metales pesados									
7. Contaminación de sedimentos por hidrocarburos policíclicos aromáticos									
8. Riesgo ecológico para organismos estuarinos									
9. Calidad ecológica del agua de buena a regular							X		
10. Eutrofización de lagunas									
11. Azolvamiento de la laguna		X							
12. Disminución de la superficie del cuerpo de la Laguna									
13. Disminución de la frecuencia y tiempo de inundación de la Laguna	X								
14. Disminución de la pesca de especies estuarinas de subsistencia y artesanal						X			
15. Disminución de la biomasa de pastos marinos				X		X			
16. Contaminación de aguas superficiales de uso doméstico con Atrazina							X		
17. Disminución de la cobertura de manglar en categoría de conservado				X					
18. Proyectos de infraestructura en terrenos ganados al mar									
19. Cambios en la estructura física y química del suelo típico de humedales	**X**		X						
20. Disminución de la cobertura de especies vegetales propias de humedales				X					
21. Cambios en la composición de especies vegetales propias de humedales				X					
22. Disminución de la cobertura de selva baja caducifolia y mediana subacducifolia			X	X					
23. Actividad ganadera no sustentable								X	

Tabla 8. Problemas ambientales y su evidencia clave.

<table>
<tr><th>Problema ambiental</th><th>Evidencia clave</th></tr>
<tr><td>1. Erosión de la línea de costa.</td><td>Erosión de la línea de costa en el norte de la laguna La Mancha de un máximo de 52m y un mínimo de 1 m entre imágenes fotográficas de 1980-1995, y un máximo de 84.5 entre los años 1995-2006 (Psuty et al., 2009).</td></tr>
<tr><td>2. Disminución de la superficie de dunas con arena móvil</td><td>Reducción del 90% de la superficie de dunas de arena móvil, reemplazado el 2% por uso agrícola, el 53% por expansión de pastizales, y el 35% por selva tropical en diversas etapas de la sucesión. Análisis de imágenes del 1980 y 2006 (Psuty et al., 2009).</td></tr>
<tr><td>3. Contaminación de la columna de agua por coliformes fecales</td><td>Concentraciones de coliformes fecales en la columna de agua, rebasando los límites permitidos para ser usada en la producción de moluscos de consumo directo (Parissi, 1990).</td></tr>
<tr><td>4. Contaminación de agua por metales pesados</td><td>Concentración promedio de metales sobre los límites permisibles para uso humano(NOM-127 SSA I-1994; NOM-001-SEMARNAT-1996) y vida acuática
<table>
<tr><th rowspan="2">Estaciones</th><th colspan="3">Laguna La Mancha</th><th colspan="3">Río Caño Grande (zona alta)</th><th colspan="3">Río Caño Grande (zona baja)</th></tr>
<tr><th>Hg</th><th>Pb</th><th>Cd</th><th>Hg</th><th>Pb</th><th>Cd</th><th>Hg</th><th>Pb</th><th>Cd</th></tr>
<tr><td>Secas</td><td>0.003</td><td>0.3162</td><td>0.123</td><td>0.0019</td><td>0.375</td><td>0.048</td><td>0.00152</td><td>0.447</td><td>0.092</td></tr>
<tr><td>Lluvias</td><td>0.002</td><td>0.364</td><td>0.063</td><td>0.0013</td><td>0.079</td><td>0.0195</td><td>0.00118</td><td>0.122</td><td>0.020</td></tr>
<tr><td>Nortes</td><td>0.0006</td><td>0.055</td><td>0.046</td><td>0.0000055</td><td>0.055</td><td>0.0171</td><td>0.0000055</td><td>0.055</td><td>0.0139</td></tr>
<tr><td>límite permisible Uso humano*</td><td>0.001</td><td>0.025</td><td>0.005</td><td>0.001</td><td>0.025</td><td>0.005</td><td>0.001</td><td>0.025</td><td>0.005</td></tr>
<tr><td>límite permisible vida acuática</td><td></td><td>0.2-0.4</td><td>0.1-0.2</td><td></td><td>0.2-0.4</td><td>0.1-0.2</td><td></td><td>0.2-0.4</td><td>0.1-0.2</td></tr>
</table>
(Ramos-Rosas, 2010).</td></tr>
</table>

Continuación de la Tabla 8.

<table>
<tr><th>Problema ambiental</th><th>Evidencia clave</th></tr>
<tr><td>5. Contaminación de organismos por metales pesa</td><td>
- Concentraciones promedio en ostión (Crassostrea virginica) por sobre el límite máximo permitido para el consumo de comida marina (MALSC)
<table>
<tr><th>Metales (ppm)</th><th>La Mancha</th><th>El Llano</th><th>MALSC</th></tr>
<tr><td>Cd</td><td>1.34ug g-1</td><td>1.11ug g-1</td><td>0.20ug g-1</td></tr>
<tr><td>Cr</td><td>5.13 ug g-1</td><td>4.58 ug g-1</td><td>1.0ug g-1</td></tr>
<tr><td>Pb</td><td>3.24 ug g-1</td><td>2.23 ug g-1</td><td>2.5ug g-1</td></tr>
</table>
(Vázquez-Botello et al,. 2004; Rodríguez, 1994)

- Concentración promedio de metales en peces (Guavina guavina "naca", Centropomus parallelus "robalo", Cichlasoma salvini "guapote", Cichlasoma urophthalmus "chuchuma", Lutjanus cyanopterus "pargo" y Eugerres plumieri "mojarra rayada") y crustáceos (Callinectes rathbunae "jaiba prieta", Macrobrachium acanthurus "langostino" y Goniopsis cruentata "cangrejo de manglar") rebasando los límites máximos permisibles decretados por las normas mexicanas para el consumo humano (0.5 ppm) NOM-027-SSA1-1993. En el caso de Hg, no se rebasan los límites sin embargo se incrementa el riesgo de acumulación de metales pesados en los sectores de la población que basa su alimentación en este tipo de productos.
<table>
<tr><th rowspan="2">Metales (ppm)</th><th colspan="3">La Mancha
Peces</th><th colspan="3">Caño Grande
Crustáceos</th><th rowspan="2">Límites permisibles</th></tr>
<tr><th>secas</th><th>Lluvias</th><th>nortes</th><th>secas</th><th>lluvias</th><th>nortes</th></tr>
<tr><td>Hg</td><td>0.10003</td><td>0.0909</td><td>0.0531</td><td>0.0532</td><td>0.0770</td><td>0.0636</td><td>1 ppm</td></tr>
<tr><td>Pb</td><td>69.281</td><td>100.564</td><td>68.038</td><td>126.004</td><td>12.223</td><td>0.0047</td><td>1 ppm</td></tr>
<tr><td>Cd</td><td>0.8577</td><td>26.219</td><td>14.550</td><td>4.206</td><td>2.389</td><td>1.689</td><td>0.5 ppm</td></tr>
</table>
(Ramos-Rosas, 2010).
</td></tr>
</table>

Continuación de la Tabla 8.

<table>
<tr><th>Problema ambiental</th><th>Evidencia clave</th></tr>
<tr><td>6. Contaminación de sedimentos por metales pesados</td><td>Concentraciones promedio de metales en sedimentos, por encima del rango-bajo de efectos (ERL).
<table>
<tr><th>Metales (ug g-1)</th><th>Laguna La Mancha</th><th>Laguna El Llano</th><th>ERL</th></tr>
<tr><td>Cd</td><td>1.47</td><td>1.35</td><td>1.2</td></tr>
<tr><td>Pb</td><td>81.1</td><td>77.2</td><td>46.6</td></tr>
<tr><td>Ni</td><td>61.42</td><td>49.74</td><td>20.9</td></tr>
</table>
(Vázquez-Botello et al,. 2004; Rodríguez, 1994).
<table>
<tr><th rowspan="2">Metales (ppm)</th><th colspan="3">Río Caño Grande (parte alta)</th><th colspan="3">Río Caño Grande (parte baja)</th><th colspan="3">Laguna La Mancha</th></tr>
<tr><th>secas</th><th>lluvias</th><th>nortes</th><th>secas</th><th>lluvias</th><th>nortes</th><th>secas</th><th>lluvias</th><th>nortes</th></tr>
<tr><td>Hg</td><td>0,23</td><td>0.073</td><td>0.002</td><td>0.4435</td><td>0.153</td><td>0.1568</td><td>0.458</td><td>0.252</td><td>0.044</td></tr>
<tr><td>Pb</td><td>36.210</td><td>46.264</td><td>9.909</td><td>44.692</td><td>19.850</td><td>9.596</td><td>30.850</td><td>17.397</td><td>9.856</td></tr>
<tr><td>Cd</td><td>1.098</td><td>3.801</td><td>5.191</td><td>5.012</td><td>4.175</td><td>8.446</td><td>5.669</td><td>3.276</td><td>11.271</td></tr>
</table>
(Ramos-Rosas, 2010).</td></tr>
<tr><td>7. Contaminación de sedimentos por PAH's</td><td>Concentración promedio de PAH's totales En la laguna de La Mancha de 6.73 ug/g (PAH's alto peso molecular: 0.39, PAH bajo peso molecular: 6.34). Rebasando el valor considerado como alto (2.4 ug/g) por la Administración Nacional de la Atmósfera y el Océano (NOAA) de los Estados Unidos. (Gold-Bouchot, 2004; Vázquez-Botello et al., 2001). En la laguna El Llano concentración promedio de PAH's totales de 5.0 ug/g (PAH's alto peso molecular: 0.31 , PAH's bajo peso molecular:4.69). Rebasando el valor considerado como alto (2.4 ug/g) por la Administración Nacional de la Atmósfera y el Océano (NOAA) de los Estados Unidos (Gold-Bouchot, 2004; Vázquez-Botello et al., 2001).</td></tr>
<tr><td>8. Riesgo ecológico para organismos estuarinos</td><td>Concentración promedio de PAH's totales En la laguna de La Mancha de 6.73 ug/g (PAH's alto peso molecular: 0.39, PAH bajo peso molecular: 6.34). Rebasando el valor considerado como alto (2.4 ug/g) por la Administración Nacional de la Atmósfera y el Océano (NOAA) de los Estados Unidos. (Gold-Bouchot, 2004; Vázquez-Botello et al., 2001). En la laguna El Llano concentración promedio de PAH's totales de 5.0 ug/g (PAH's alto peso molecular: 0.31 , PAH's bajo peso molecular:4.69). Rebasando el valor considerado como alto (2.4 ug/g) por la Administración Nacional de la Atmósfera y el</td></tr>
</table>

Continuación de la Tabla 8.

Problema ambiental	Evidencia clave
	Océano (NOAA) de los Estados Unidos (Gold-Bouchot, 2004; Vázquez-Botello et al., 2001).
9. Calidad ecológica del agua de buena a regular	Índice de integridad biótica de lagunas interdunarias (Peralta-Peláez, 2007) con valor de 24= aguas de calidad regular en la época de lluvia, valor de 32= aguas de calidad buena en época de secas, La escala del índice va de 10 a 50 (donde 10-20=, 21-30=regular, 31-40=buena, y 41-50 mala calidad (Peralta-Peláez, 2007).
10. Eutrofización de lagunas	Valores promedio de oxígeno disuelto: 3.42 mgL-1 y potencial redox: -12.52mV correspondiente a la época de lluvias (2003), Valores promedio de oxígeno disuelto: 2.87mgL-1 y potencial redox: -20.40mV correspondiente a la época de secas (2004). 2.0mgL-1 a 8.0mgL-1, dentro de los intervalos de valores de parámetros básicos para lagunas y estuarios reportado por De La Lanza (1996). Concentración promedio de nutrientes como NH4 (amonios): 0.321 a mgL -1, y NO3 (nitratos) : 5.236a mgL -1 en la época de lluvia (2003). En el caso de nitratos el valor es superior a los registros de parámetros básicos para lagos mexicanos (de La Lanza, 1996) (NH4:No dectable-0.5, NO3: No detectable-1.0). Los registros de fosforo total: 0.06 mgL -1 en la época de lluvias y 0.33 (2003) mgL -1 en la época de secas (2004), este último sobre los registros reportado por Hoz y de La Lanza (2000), para un lago somero en Mx.(Peralta-Peláez, 2007).
11. Azolvamiento de la laguna	Profundidad promedio en 1980 de 1.06m, en el 2002 de 0.7 m (disminución promedio de34%), y en el 2007 de 0.76m (disminución promedio desde 1980 de la profundidad de un 28.3% entre los años 1980) (Villalobos et al., 1984; Contreras-Espinosa et al., 2006; Rivera, 2008).
12. Disminución de la superficie del cuerpo de la Laguna	Reducción de la superficie de la laguna El Farallón de 166 ha en 1995 a 127 ha en 2004 (23%) (Ruelas-Mojardín, 2005).
13. Disminución de la frecuencia y tiempo de inundación de la Laguna	Registros del nivel del agua en la laguna de La Mancha con períodos más largos de niveles de agua bajos (boca abierta)que niveles altos (boca cerrada) durante el período del 2004 al 2006. Esto difiere con patrones observados de largos periodos con niveles altos (boca cerrada) alternados con cortos períodos de niveles de agua bajos (boca abierta). (Psuty et al., 2009; Rivera-Guzmán, 2009).
14. Disminución de la pesca de especies estuarinas de subsistencia y artesanal	Según el dictamen técnico realizado por la Delegación Federal de Pesca y la Dirección de Pesca del Estado de Veracruz, en agosto de 1989, la captura de ostión se redujo en 71,060 kg y de jaiba disminuyó 4, 943 kg con respecto al año de 1987. Así mismo, la diferencia entre las producciones de pescado de escama de 1988 y 1989 con respecto a la registrada en 1987 es de 12,863 kg y 8,253 respectivamente. En cuanto a la captura de camarón, esta especie ha desaparecido del cuerpo de agua (Morales et al., 2005)
15. Disminución de la biomasa de pastos marinos	En 1991 se reporta un manchón de pastos marinos (*Halodule wrightii*) cercano a la barra con una biomasa en peso seco de 62.24 gm^{-2}, y dos manchones en sur de la laguna con una biomasa de 38.14 a 46.88 gm^{-2}. En 2006 solo se registran pequeños manchones en la parte norte de la laguna con una biomasa de 0.28 gm^{-2} (Rivera, 2008).
16. Contaminación de aguas superficiales de uso doméstico con Atrazina	Agua de pozo con atrazina disuelta, en cantidades de 0.58 (octubre 2005), 0.65 (enero, 2006) y 0.44 (marzo, 206) mg de atrazina / l., De acuerdo a la EPA, el límite establecido para atrazina en agua es de 0.003 ppm (sobrepasa 146 veces) (Cejudo, 2006; Cejudo *et al*., 2008).

Continuación de la Tabla 8.

<table>
<tr><th>Problema ambiental</th><th>Evidencia clave</th></tr>
<tr><td>17. Disminución de la cobertura de manglar en categoría de conservado</td><td>Disminución del 24% de las áreas de manglar conservado entre los años 1964-2004, en un área de 333.5 ha., con una tasa anual de pérdida de 1.4%. En 1964 alrededor de 42 ha. se habían transformado a pastizales, en el 2004 aumentó a 103 ha. El área de manglar en categoría de disturbado paso de 38.6 ha. en 1964 ha. a 76.2 ha. en 2004. La construcción de obras civiles como el terraplén para ferrocarril remplazó 1,5 hectáreas (0,5% de la extensión de bosque de mangle) y el gasoducto remplazó ocupa 3,7 hectáreas (1,2%) (Hernández-Trejo, 2009).</td></tr>
<tr><td>18. Proyectos de infraestructura en terrenos ganados al mar</td><td>MIA para Construcción del Fraccionamiento Campestre Habitacional “Casa del Sol” en un predio denominado actualmente “El Palmar” se integra el área rellenada al proyecto como parte de propiedad privada (López-Portillo et al., 2004b).</td></tr>
<tr><td>19. Cambios en la estructura física y química del suelo típico de humedales</td><td>-Diferencias significativas entre los parámetros físico-químicos entre suelos cubiertos con Echinochloa pyramidalis, Sagittaria lancifolia y Typha domingensis en un humedal en la cuenca de la Laguna La Mancha
<table>
<tr><th>Parámetros físico-químicos</th><th>Echinochloa</th><th>Sagittaria</th><th>Typha</th><th>F</th></tr>
<tr><td>Densidad sel suelo (g cm-3)</td><td>0.38 ±0.08a</td><td>0.11 ± 0.002 b</td><td>0.09 ± 0.005 b</td><td>12.8***</td></tr>
<tr><td>Humedad del suelo (%)</td><td>59.13 ± 6.99 b</td><td>89.39 ± 0.74 a</td><td>89.28 ± 0.26 a</td><td>21.2***</td></tr>
<tr><td>Potencial redox superficie (mV)</td><td>179.0 ± 18.0 a</td><td>121.2 ± 6.5 b</td><td>129.4 ± 8.4 b</td><td>6.7**</td></tr>
<tr><td>Potencial redox a 15 cm (mV)</td><td>106.0 ± 6.8 a</td><td>69.2 ± 5.5 b</td><td>51.8 ± 10.9 b</td><td>11.7**</td></tr>
</table>
(López-Rosas et al., 2005).

-Diferencias significativas de la relación C:N entre un humedal seminatural (H1) frente a humedales con diferentes tipos de manejo como modificación hidrológica, introducción de especies no nativas y pastoreo (M1, M2, M3, M4).
<table>
<tr><th>Parámetro químico</th><th>H</th><th>M1</th><th>M2</th><th>M3</th><th>M4</th></tr>
<tr><td>C:N*</td><td>18,3 ± 0,67 a</td><td>12,2 ± 0,77 b</td><td>13,2 ± 0,75 b</td><td>8,8 ± 0,79 c</td><td>12,5 ± 0,42 b</td></tr>
</table>
(Travieso-Bello et al., 2005).

-Diferencias significativas entre parámetros físicos, como capacidad de retención de humedad cuando el suelo está saturado con agua, la ordenación al origen muestra diferencias estadísticamente significativas para los diferentes tipos de manejo (modificación hidrológica, introducción de especies no nativas y pastoreo) con respecto a un humedal seminatural (Travieso-Bello et al., 2005).</td></tr>
</table>

Continuación de la Tabla 8.

Problema ambiental	Evidencia clave
20. Disminución de la cobertura de especies vegetales propias de humedales	Cobertura de los cuadrantes monitoreados en el humedal invadido por E. pyramidalis dominados en un 50% o más por las hierbas *E. pyramidalis*, *S. lancifolia, T. domingensis*, el helecho gigante *A. aureum* y la vid, *Tiliacea i.*, en las dos épocas del año (López-Rosas, 2006).
21. Cambios en la composición de especies vegetales propias de humedales	La riqueza media de especies en suelos agrícolas con diferentes tipos de manejo (modificación hidrológica, introducción de especies no nativas y pastoreo) se diferenciaron estadísticamente con respecto a la riqueza media de un humedal seminatural (4±0,2). El mayor valor se registró en el pastizal recientemente abandonado (5 ±0.3) y el menor en el pastizal pastoreado con un largo período de inundación (2 ±0.1).El reemplazo de especies en suelos agrícolas con diferentes tipos de manejo (modificación hidrológica, introducción de especies no nativas y pastoreo) con respecto a un humedal seminatural osciló entre 55 y 73% (Travieso-Bello *et al.*, 2005).
22. Disminución de la cobertura de selva baja caducifolia	Reducción de cobertura de selva baja caducifolia 359,5 ha. (28.5%) en la cuenca de La Mancha; 6.4 ha. (18.7%) en la cuenca de El Farallón; 110.1 ha. (26.8%) en la cuenca de El Llano y 62,045 ha. (30.61%) en la cuenca del Río Limón, en en el análisis de cobertura vegetal con base en fotografías de 1995 y 2006 (Guevara et al, 2008). Reducción de selva mediana subcaducifolia de 10.9 ha. (29.8%) en la cuenca de La Mancha y 2 ha. (9.73%)) en la cuenca de El Llano, en el análisis de cobertura vegetal con base en fotografías de 1995 y 2006 (Guevara et al, 2008).
23. Actividad ganadera no sustentable	Consideraron las áreas actualmente ocupadas para la ganadería bovina, en las cuencas de las lagunas de El Llano, Farallón y La Mancha, se observa que 24.2% de la superficie ocupada por pastizal se utiliza de manera compatible, debido a que el potencial natural en estas áreas es alto o muy alto para esta actividad; 48.4% es parcialmente compatible, es decir, tienen un potencial natural medio, mientras que 21.4% se usa de forma incompatible, porque presenta potencial bajo o muy bajo. Además, 6% del territorio se usa de manera incompatible porque se llevan a cabo actividades agrícolas en áreas de importancia para la protección del potencial hídrico.

6.2.3 Expresión espacial de los problemas

El mayor número de problemas ambientales se registró en la cuenca de la laguna La Mancha (22), seguida por las cuencas de las lagunas El Llano (9), El Farallón (4) y de El Río Limón (1). En las cuencas del río Agua Fría no se encontraron problemas ambientales documentados en la literatura, sin que ello signifique que no existan (Tabla 9).

En la cuenca de la laguna La Mancha se identificaron cuatro problemas comunes a dos unidades ambientales, en las cuencas de las lagunas El Llano y el Farallón un impacto fue común a dos unidades. En la cuenca de La Mancha, la unidad en la que se registraron mayor número de impactos fue en la Laguna (11), seguido del Humedal (4), el Río Caño Grande (3), el Manglar y Dunas con igual número de impactos (2) y con un impacto las unidades de Selva Baja Caducifolia, Selva Mediana Subcaducifolia y Pastizal.

En la cuenca de El Llano, se identificaron impactos en tres unidades; siete de los problemas identificados en la cuenca de La Mancha también se perciben en la cuenca de El Llano y dos en la cuenca de El Farallón. En la cuenca de El Río Limón el único problema identificado fue la disminución de la cobertura de Selva Baja Caducifolia.

El mayor número de impactos documentados en la cuenca de la laguna La Mancha, tiene relación con el mayor número de investigaciones y producción bibliográfica en la zona.

Tabla 9. Impactos documentados y su ubicación en las unidades ambientales.

Problemas ambientales	CUENCAS																											Total
	L. La Mancha									L. El Llano						L. El Farallón					Río Limón			Río Agua Fría			
	Laguna	Río Caño Grande	Selva mediana subcaducifolia	Selva baja caducifolia	Pastizal	Manglar	Humedal	Veg. riparia	Dunas	Laguna	Selva mediana subcaducifolia	Selva baja caducifolia	Pastizal	Manglar	Dunas	Laguna	Selva mediana subcaducifolia	Selva baja caducifolia	Pastizal	Dunas	Río	Selva baja caducifolia	Dunas	Río	Humedal	Dunas	
1. Erosión en la línea de costa									X																		1
2. Disminución de la superficie de dunas con arena móvil									X																		1
3. Contaminación de la columna de agua por coliformes fecales	X									X																	2
4. Contaminación de agua por metales pesados	X	X																									2
5. Contaminación de organismos por metales pesados	X	X								X																	3
6. Contaminación de sedimentos por metales pesados	X	X								X																	3
7. Contaminación de sedimentos por PAH's	X									X																	2
8. Riesgo ecológico para organismos estuarinos	X									X																	2
9. Calidad ecológica del agua de buena a regular	X																										1
10. Eutrofización de lagunas	X																										1
11. Azolvamiento de la lagunas	X																										1
12. Disminución de la superficie del cuerpo de la Laguna																X											1
13. Disminución de la frecuencia y tiempo de inundación de la Laguna	X																										1
14. Disminución de pesca de especies estuarinas de subsistencia y artesanal										X																	1

Continuación de la Tabla 9.

Problemas ambientales	CUENCAS																											Total
	L. La Mancha									L. El Llano						L. El Farallón						Río Limón			Río Agua Fría			
	Laguna	Río Caño Grande	Selva mediana subcaducifolia	Selva baja caducifolia	Pastizal	Manglar	Humedal	Veg. riparia	Dunas	Laguna	Selva mediana subcaducifolia	Selva baja caducifolia	Pastizal	Manglar	Dunas	Laguna	Selva mediana subcaducifolia	Selva baja caducifolia	Pastizal	Dunas	Río	Selva baja caducifolia	Dunas	Río	Humedal	Dunas	
15. Disminución de biomasa de pastos marinos	X																										1
16. Contaminación de aguas superficiales de uso doméstico con Atrazina							X																				1
17. Disminución de la cobertura de manglar en categoría de conservado						X																					1
18. Proyectos de infraestructura en terrenos ganados al mar						X																					1
19. Cambios en la estructura física y química del suelo típico de humedales							X																				1
20. Disminución de la cobertura de especies vegetales propias de humedales							X																				1
21. Cambios en la composición de especies vegetales propias de humedales							X																				1
22. Disminución de la cobertura de selva			X	X							X	X					X	X				X					4
23. Actividad ganadera no sustentable					X								X						X								3
TOTAL	11	3	1	1	1	2	4	0	2	6	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	

6.2.4 Problemas y sus fuentes

Los 23 problemas documentados estuvieron relacionados con 37 fuentes de origen. Al organizar estas en función de la ubicación espacial, siete causas fueron de tipo regional, es decir que se originan en sistemas alejados de la unidad ambiental impactada; de ellas, seis fueron de origen antrópico y uno natural. Las causas de tipo local, es decir que se originaron en el mismo sistema o en los sistemas inmediatamente adyacentes, fueron 26, 24 de origen antropogénico y tres de origen natural (Tabla 10).

La contaminación de agua por metales pesados, la contaminación de sedimentos por PAH's, el azolvamiento de lagunas y la disminución de cobertura de manglar fueron los problemas que presentan mayor número de causas (4). Cinco problemas fueron producidos por dos causas diferentes en cada caso, y ocho impactos tuvieron causas exclusivas.

La causas que generan mayor número de problemas (3) son las descargas de agua domésticas que han causado contaminación de sedimentos por metales pesados y PAH's y contaminación de organismos por metales pesados, la otra causa se refiere a la introducción de la especie invasiva *Echinocloa pyramidalis* (pasto africano), que ha provocado cambios en la estructura física y química del suelo, disminución de la cobertura de especies vegetales y cambios en la composición de especies vegetales de humedales. En seis casos, las causas generan dos problemas diferentes a la vez, las restantes 25 causas (la mayoría) producen un solo problema.

6.1.4.1 Validación de los resultados

Los impactos y sus fuentes descritos en el inciso anterior, fueron comentados con expertos en el área y se ajustaron a los comentarios y sugerencias. En las entrevistas se mencionaron la existencia de ocho problemas ambientales que no se pudieron rastrear en la bibliografía en términos de la metodología impactos y sus fuentes (Tabla 11) y dos problemas que se mencionan suceden en más de una cuenca pero sólo se pudo documentar en una de ellas.

6.1.4.2 Propuesta de extrapolación de los problemas

Al considerar los problemas documentados en las unidades de la cuenca de La Mancha y extrapolarlas a las cuencas vecinas en términos de análisis de vecindad de las unidades y desarrollo de actividades generadoras de la problemática ambiental, se supone que en la cuenca de El Farallón y el Llano podrían estar ocurriendo 11 problemas, en la cuenca del Río Agua Fría cinco y en la cuenca de El Río Limón cuatro problemas (Tabla 12).

Tabla 10. Impactos y causas de la problemática.

Causas \ Impactos	Erosión de la línea de costa	Disminución de la superficie de dunas con arena móvil	Cont. por col. fecales	Contaminación de agua por metales pesados	Contaminación de organismos por metales pesados	Cont. de sedimentos por metales pesados	Cont. de sedimentos por PAH's	Riesgo ecol. para organismos estuarinos	Calidad ecológica del agua de buena a regular	Eutrofización	Azolvamiento de la laguna	Disminución de superficie cuerpo de la laguna	Disminución de la frecuencia y tiempo de inundación de la Laguna	Disminución de pesca de especies estuarinas	Disminución de la biomasa de pastos marinos	Contaminación de aguas superficiales de uso doméstico con Atrazina	Disminución de la cobertura de manglar en categoría de	Proyects de infr. en terrenos ganados al mar	Cambios de estructura física y química del suelo de humedales	Disminución de cobertura de especies vegetales e humedales	Cambios en la composición de especies vegetales de humedales	Disminución de la cobertura de selva	Actividad ganadera no sustentable	Total
Reg. antropogénicos																								
Descargas municipales sin tratamiento							X																	1
Descargas domésticas					X	X	X																	3
Extracción ilegal de combustible, fugas de combustible por conductos deteriorados ocurridos alrededor del sistema lagunar y llevados hasta la laguna por la lluvia, vientos y escurrimientos							X																	1
Aporte de nutrientes de las zonas aledañas con actividades agropecuarias por escurrimiento superficial y subsuperficial										X														1
Aportes productos agrícolas a través de agua de escorrentías				X	X	X																		3
Aplicación del herbicida Atrazina en cultivos de caña																X								1
Procesos de arrastre y deslave de contaminantes desde las zonas agrícolas, asentamientos humanos y caminos				X																				1
Mayor arrastre de sedimentos en escurrimientos por deforestación en cuencas altas y orillas											X													1
Extracción de agua para riego de cultivos de caña y pastizales												X												1
Subtotal regionales antropogénicas																								13
Locales antropogénicos																								
Contaminación sedimentos por PAH's								X																1
Descargas combustibles debido a maniobras y uso de maquinaria por gasoducto							X																	1
Aportes de gasolina y aceite automotriz				X																				1

Continuación de la Tabla 10.

Impactos / Causas	Erosión de la línea de costa	Disminución de la superficie de dunas con arena móvil	Cont. por col. fecales	Contaminación de agua por metales pesados	Contaminación de organismos por metales pesados	Cont. de sedimentos por metales pesados	Cont. de sedimentos por PAH's	Riesgo ecol. para organismos estuarinos	Calidad ecológica del agua de buena a regular	Eutrofización	Azolvamiento de la laguna	Disminución de superficie cuerpo de la laguna	Disminución de la frecuencia y tiempo de inundación de la Laguna	Disminución de pesca de especies estuarinas	Disminución de la biomasa de pastos marinos	Contaminación de aguas superficiales de uso doméstico con Atrazina	Disminución de la cobertura de manglar en categoría de	Proyects de infr. en terrenos ganados al mar	Cambios de estructura física y química del suelo de humedales	Disminución de cobertura de especies vegetales e humedales	Cambios en la composición de especies vegetales de humedales	Disminución de la cobertura de selva	Actividad ganadera no sustentable	Total
provenientes de las lanchas de motor que transitan																								
Escurrimiento desde potreros activos			X																					1
Disminución del tiempo y frecuencia de inundación de la Laguna														X										1
Eutrofización de la laguna									X															1
Azolve de la laguna														X	X									2
Disminución de la profundidad de la laguna															X									1
Incremento de la salinidad en la laguna															X									1
Instalación de gasoducto de Pemex																	X							1
Acumulación de sedimentos finos junto a gasoducto											X													1
Construcción de terraplén en el sector oeste de la laguna											X						X							2
Disminución de aportes de arena móvil para cerrar la boca de la laguna													X											1
Relleno de manglar para construcción mobiliaria																	X	X						2
Tala de bosque para uso en actividades agropecuarias																						X		1
Tala de manglar para uso en actividades agropecuarias																	X							1
Extracción de pasto por pescadores															X									1
Expansión de pastizales inducidos		X															X							2

Continuación de la Tabla 10.

Causas \ Impactos	Erosión de la línea de costa	Disminución de la superficie de dunas con arena móvil	Cont. por col. fecales	Contaminación de agua por metales pesados	Contaminación de organismos por metales pesados	Cont. de sedimentos por metales pesados	Cont. de sedimentos por PAH's	Riesgo ecol. para organismos estuarinos	Calidad ecológica del agua de buena a regular	Eutrofización	Azolvamiento de la laguna	Disminución de superficie cuerpo de la laguna	Disminución de la frecuencia y tiempo de inundación de la Laguna	Disminución de pesca de especies estuarinas	Disminución de la biomasa de pastos marinos	Contaminación de aguas superficiales de uso doméstico con Atrazina	Disminución de la cobertura de manglar en categoría de	Proyects de infr. en terrenos ganados al mar	Cambios de estructura física y química del suelo de humedales	Disminución de cobertura de especies vegetales e humedales	Cambios en la composición de especies vegetales de humedales	Disminución de la cobertura de selva	Actividad ganadera no sustentable	Total
Invasión de la especie introducida *E. pyramidalis*																			X	X	X			3
Modificación de la hidrología																			X					1
Cambio de uso de suelo a actividades agropecuarias		X																						1
Disminución del aporte de sedimentos de la superficie de dunas con arena móvil	X																							1
Incompatibilidad entre uso actual y potencial natural del suelo (potenciales:morfométrico, relieve, edáfico , humedecimiento) .																							X	1
subtotal locales antropogénicas																								30
Locales naturales																								
Acumulación de materia orgánica asociada al manglar y vegetación circundante				X						X														2
Incremento de sedimentos marinos por erosión de playas adyacentes											X													1
Estabilización de la vegetación de bosque montano bajo en dunas	X	X																						2
Subtotal local naturales																								5
TOTAL	2	3	1	4	2	2	4	1	1	2	4	1	1	2	4	1	5	1	2	1	1	1	1	
ICCM=CI-CE/100	0.01	0.02	0.01	-0.01	-0.02	-0.02	-0.02	0.01	0,01	-0.01	0.01	-0.01	0.01	0.02	0.04	-0.01	0.04	0.01	0.02	0,01	0,01	0.01	0.01	**0.17**

Tabla 11. Validación del análisis documental. Impactos tratados en la entrevista a expertos que no pudieron ser rastreados en términos del esquema impactos y sus fuentes.

Expertos entrevistados	Área de especialización	Problemas /causas que no pudieron ser leídos en términos del esquema impactos y sus fuentes
Moreno-Casasola Patricia	Ecología los ecosistemas costeros con énfasis en playas, dunas y humedales de agua dulce y de las estrategias para su manejo y conservación	Disminución de áreas vegetación de dunas
		Disminución de la superficie de dunas por urbanización en el poblado de Villa Rica, cuenca de la Laguna El Llano
Domínguez Ana Laura	Ecología y Manejo de Estuarios Tropicales	Disminución de la producción pesquera en la laguna de La Mancha
Juárez Abraham	Producción pesquera, proyectos productivos del Plan de Manejo La Mancha-El Llano	La introducción de tilapia ha desplazado especies nativas
Ramos-Rosas Nadia	Contaminación por metales pesados	-
Rivera Nadia	Ecología Pastos marinos	-
López-Portillo Jorge	Ecología del manglar, efecto de las perturbaciones naturales y antropógenas en la estructura y composición del manglar.	Extracción selectiva de árboles de mangle para la construcción
Vázquez Víctor	Ecología de manglares	
Luís Alberto Pérez-Barbosa	Ecología de humedales	-
Sánchez Lorena	Restauración de humedales	Uso ineficiente de agua en cultivos de caña
Cejudo Eduardo	Biorremediación	Derrames de combustible por extracción ilegal de poliductos
		Contaminación por coliformes fecales en las lagunas La Mancha, El Farallón y el Río Limón
Guevara Sergio	Ecología del paisaje fragmentado, conservación y restauración ecológica.	-
Laborde Javier	Ecología y conservación de selvas en paisajes fragmentados	Fragmentación de selvas
Dulce Infante	Ecología de selvas, germinación y establecimiento de semillas	-
Fragoso Carlos	Ecología, taxonomía y manejo de lombrices de tierra	Cambios en la comunidad de lombrices en suelos con pastizales, con implicaciones para la fertilidad del suelo
Adi Lazos	Proyectos Productivos del Plan de Manejo	-

Tabla 12. Propuesta de extrapolación de impactos descritos y documentados en la cuenca de La Mancha, en cuencas cercanas en la que la información sobre la problemática es limitada. Donde X= impacto descrito y documentado, √= impacto extrapolado, • = coincidencia de actividad que causa el problema, así como de unidades vecinas, con las del impacto documentado.

Problemas ambientales Causas	**CUENCAS**																							
	Lag. La Mancha					**Lag. El Farallón**				**Lag. El Llano**						**Río Limón**				**Río Agua Fría**					
						Laguna		Dunas		Laguna		Manglar		Dunas		Río		Dunas		Río		Humedal		Dunas	
	Laguna	Río	Manglar	Humedal	Dunas	Actividad	Análisis de vecinos	Actividad	Análisis de vecinos	Actividad	Análisis de vecinos	Actividad	Análisis de vecinos	Actividad	Análisis de vecinos	Actividad	Análisis de vecinos	Actividad	Análisis de vecinos	Actividad	Análisis de vecinos	Actividad	Análisis de vecinos	Actividad	Análisis de vecinos
1. Erosión del perfil costero					X			√						√											
Estabilización de la vegetación de bosque montano bajo								•	•					•	•										
2. Disminución de la superficie de dunas con arena móvil					X			√						√				√						√	
Expansión de pastizales inducidos					i			•	•					•	•			•	•					•	•
Cambio de uso de suelo a actividades agropecuarias					i			•	•					•	•			•	•					•	•
3. Contaminación de la columna de agua por coliformes fecales	X					√				√															
Escurrimiento desde potreros activos	e					•	•			•	•														
4. Contaminación de agua por metales pesados	X	X				√				√						√				√					
Aportes productos agrícolas a través de agua de escorrentías	e	e				•	•			•	•					•	•			•	•				
Procesos de arrastre y deslave de contaminantes desde las zonas agrícolas, asentamientos humanos y camino	e	e				•	•			•	•					•	•			•	•				
Presencia de grandes cantidades de materia orgánica asociadas al manglar	i	i								•	•														
5. Contaminación de organismos por metales pesados	X	X				√										√				√					
Descargas domésticas	e	e				•	•									•	•			•	•				
Aportes productos agrícolas a través de agua de escorrentías	e	e				•	•									•	•			•	•				
6. Contaminación de sedimentos por metales pesados	X	X				√										√				√					
Descargas domésticas sin tratamiento	e	e				•	•									•	•			•	•				
Aportes productos agrícolas a través de agua de escorrentías	e	e				•	•									•	•			•	•				

Continuación de la Tabla 12.

7. Contaminación de sedimentos por hidrocarburos policíclicos aromáticos	**X**					√																			
Descargas municipales sin tratamiento	e					•	•																		
Descargas domésticas	e					•	•																		
Extracción ilegal de combustible, fugas de combustible por conductos deteriorados ocurridos alrededor del sistema lagunar y llevados hasta la laguna por la lluvia, vientos y escurrimientos	e					•	•																		
8. Riesgo ecológico para organismos estuarinos	**X**					√																			
Contaminación sedimentos por PAH's	i					•	•																		
9. Calidad ecológica del agua de buena a regular	**X**					√				√															
Eutrofización de la laguna	i					•	•			•	•														
10. Eutrofización de lagunas	**X**					√				√															
Aporte de nutrientes de zonas aledañas con actividades agropecuarias por escurrimiento superficial y subsuperficial	e					•	•			•	•														
Acumulación de materia orgánica proveniente de la vegetación que en ella crece	i					•	•			•	•														
11. Azolvamiento de la laguna	**X**					√				√															
Mayor arrastre de sedimentos en escurrimientos por deforestación en cuencas altas y orillas	e					•	•			•	•														
Acumulación de sedimentos finos junto a gasoducto	i									•	•														
Incremento de sedimentos marinos por erosión de playas adyacentes	i									•	•														
12. Disminución de la superficie del cuerpo de la Laguna	**X**									√															
Extracción de agua para riego de cultivos de caña y pastizales	e									•	•														
13. Disminución de la biomasa de pastos marinos	**X**									√															
Azolve de la laguna	i									•	•														
Disminución de la profundidad de la laguna	i									•	•														
Incremento de la salinidad en la laguna	i									•	•														
Extracción de pasto por pescadores	i									•	•														
14. Contaminación de aguas superficiales de uso doméstico con Atrazina				**X**																		√			
Aplicación del herbicida Atrazina en cultivos de caña				e																		•	•		
15. Disminución de la cobertura de manglar en categoría de conservado			**X**									√													
Tala de manglar para uso en actividades agrícolas			i									•	•												
Expansión de pastizales inducidos			i									•	•												
Instalación del gasoducto de Pemex			i									•	•												
Relleno de manglar para construcción inmobiliaria			i									•	•												
16. Proyectos de infraestructura en terrenos ganados al mar			**X**									√													
Relleno de manglar para construcción inmobiliaria			i									•	•												
Total impactos	**11**	**3**	**2**	**1**	**2**	**9**		**2**		**7**		**2**		**2**		**3**		**1**		**3**		**1**		**1**	

6.3 Integración orientada al manejo

6.3.1 Relación espacial de las causas

Al usar el índice de causas-complejidad de manejo (ICCM) y considerando solamente las causas antropogénicas se encuentra que, globalmente el espacio estudiado tendría una menor complejidad de manejo porque predominan las causas locales, lo cual se manifiesta en que el valor del índice es positivo (0.17) (Tabla 10).

Sin embargo se encontraron valores negativos en tres casos, lo cual sugiere una mayor complejidad de manejo porque predominan las causas regionales sobre las locales: este sería el caso de contaminación de sedimentos por metales pesados, contaminación de organismos por metales pesados, y disminución de la superficie del cuerpo de la laguna.

2.2.1 Identificación de actores

Con base en la metodología de Sorensen *et al.,* (1992), se organizaron los actores relacionados con la problemática ambiental, y su expresión espacial. Se reconocieron cuatro grupos de actores: propietarios costeros, generadores de bienes y servicios, sector gubernamental, y sector científico (Tabla 13).

En el grupo de propietarios costeros se consideró a los habitantes de la zona costera, con influencia local y regional. Como grupo de actores generadores de bienes y servicios se identificaron siete sectores, de los cuales uno, el sector petrolero, tiene alcance local, regional y estatal. Tres de ellos, el sector agrícola, cultivador de caña y ganadero tienen influencia a escala local y regional. Los sectores de pescadores artesanales e inmobiliario son de nivel local, y la nucleoeléctrica está en el ámbito regional.

Referente al ámbito gubernamental fueron identificadas 10 agencias, de ellas cinco actúan en escala únicamente local, dos tienen una relación tanto a nivel regional como nacional y una agencia tiene relación a nivel nacional.

En el sector científico la Universidad Veracruzana y el Instituto de Ecología A.C. tienen una influencia de tipo local y regional y la secretaría del convenio RAMSAR una injerencia internacional.

6.3.2 Cadenas de causas-problemas

En dos casos se identificaron elementos que figuran como problemas, con sus correspondientes causas, y a la vez se constituyen como nuevas causas de otros problemas.

Este es el caso de *contaminación de sedimentos por compuestos policíclicos aromáticos*, y la *disminución de frecuencia y tiempo de inundación de la laguna La Mancha*.

Esto permite esquematizar redes causales que se presentan en las figuras 6 y 7.

Tabla 13. Actores relacionados con la problemática y manejo de recursos en la zona costera La Mancha- El Llano.

ACTORES	LOCALES	REGIONALES	NACIONALES	INTERNACIONALES
Propietarios costeros				
Habitantes de la zona costera de Actopan	X	X		
Generadores de bienes y servicios				
Sector petrolero	X	X	X	
Agricultores	X	X		
Cultivadores de caña	X	X		
Ganaderos	X	X		
Pescadores artesanales y de subsistencia	X			
Sector Inmobiliario	X			
Nucleoeléctrica		X		
Sector gubernamental				
Municipio de Actopan		X		
SEMARNAT		X	X	
PROFEPA			X	
Secretaría de Comunicación y Transporte		X	X	
Coordinación Estatal de Medio Ambiente		X		
Secretaría de Desarrollo Regional		X		
Secretaría de Desarrollo Agropecuario, Rural, Forestal, y Pesca		X		
Dir. General del Registro Público de la Propiedad		X		
Sector científico				
INECOL	X	X		
Universidad Veracruzana	X	X		
Secretaría del Convenio RAMSAR				X

- **Figura 6.** Diagrama de la cadena de causas-impactos. Caso de la causa e impacto “contaminación de sedimentos por PAH’s”

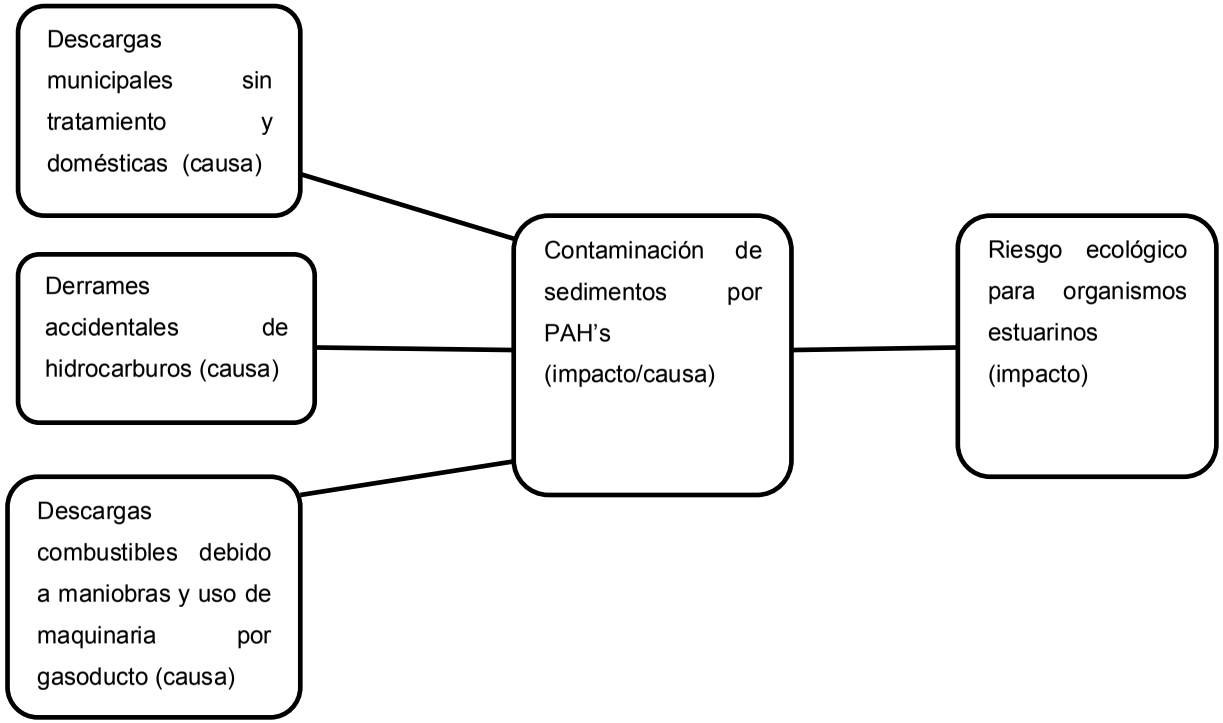
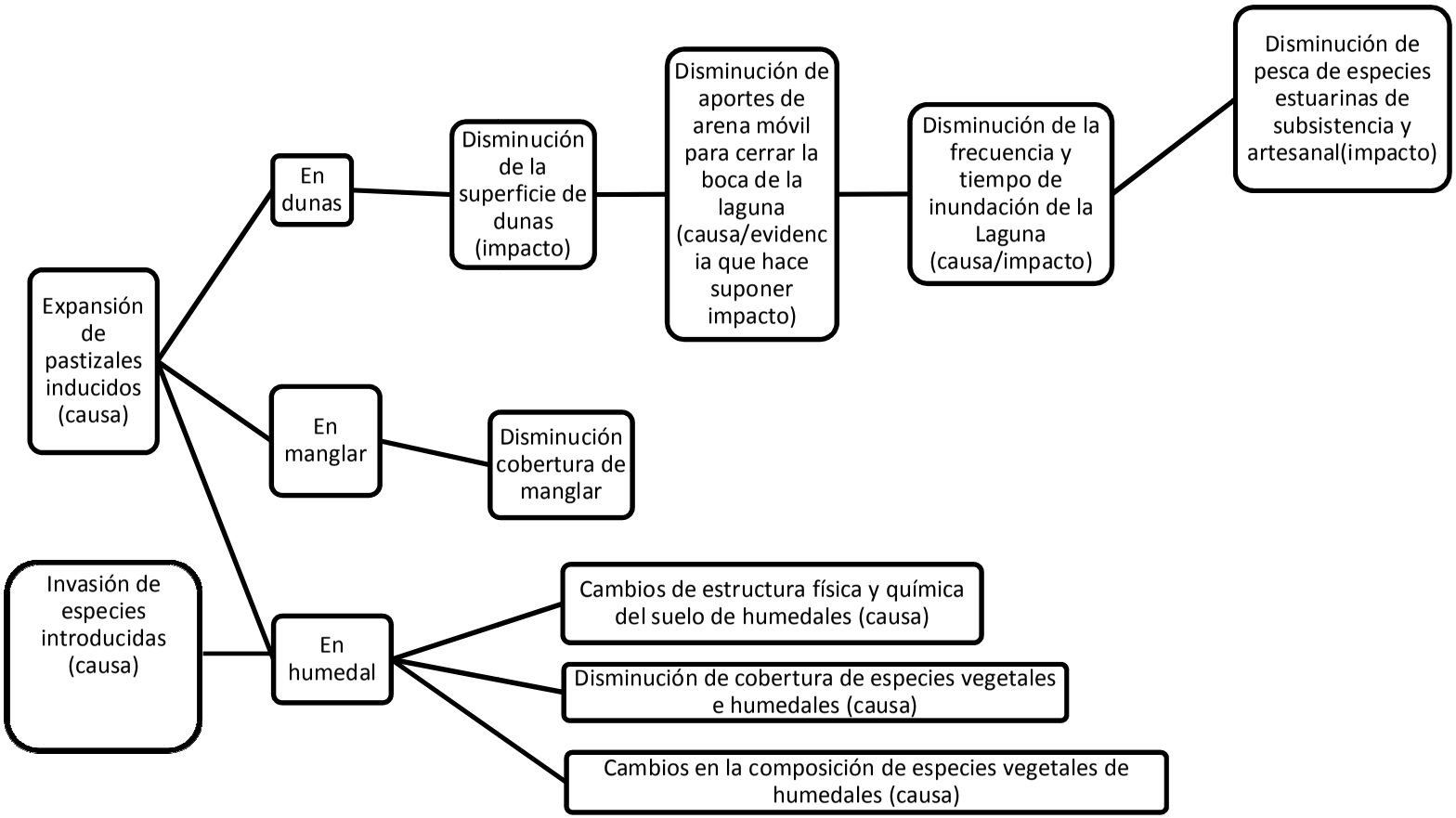


Figura 7. Diagrama de la cadena de causas-impactos. Caso de la causa e impacto “disminución de la frecuencia y tiempo de inundación de la laguna La Mancha.



6.3.3 Equivalencia de los resultados con el esquema Fuerzas Motrices, Presión, Estado, Impacto y Respuesta.

La organización de la problemática ambiental en términos de impactos, causas y su evidencia clave permitió equipararla con el modelo FPEIR. En dicha tabla la identificación de los sectores relacionados con la problemática se correspondió con las fuerzas motrices, las causas externas e internas fueron equivalentes a la presión, los problemas ambientales fueron equivalentes al estado (porque aún no han representado pérdidas económicas), los problemas ambientales que han representado pérdidas económicas se equipararon con los impactos, las evidencias clave de los problemas ambientales fueron equivalentes a los indicadores de estado e impacto (Tabla 14).

6.3.4.1 Respuestas

Se observa que los programas y proyectos desarrollados son por parte del sector académico y pertenecen a dos grandes grupos: Programas de Conservación y Recuperación de Hábitats y Proyectos Productivos. El rubro Programas de Conservación o Recuperación de hábitats incluye ocho incisos, de los cuales solamente uno no cubre ninguno de los 23 impactos detallados en esta tesis. Dentro del rubro Proyectos Productivos se distinguen seis incisos, de los cuales tres pudieron relacionarse con los problemas ambientales identificados (Tabla 15). En general, nueve programas de Respuesta cubren problemas identificados en el componente de Estado del esquema FPEIR, uno de ellos también corresponde a un problema identificado en el componente Impactos.

Tabla 14. Presentación de la problemática ambiental, evidencia clave y causas en términos del esquema FPEIR.

Fuerzas Motrices	Presión	Estado	Indicadores de Estado	Impacto	Indicadores de Impacto
Sector agrícola	Aportes de nutrientes y productos agrícolas de las zonas aledañas con actividades agropecuarias por escurrimiento superficial y subsuperficial	Eutrofización	Concentración promedio de nutrientes.		
		Calidad ecológica del agua de buena a regula	Índice de integridad biótica de lagunas interdunarias (Peralta-Pelaez, 2007) con valor de 24= aguas de calidad regular en la época de lluvia, valor de 32= aguas de calidad buena en época de secas, La escala del índice va de 10 a 50 (donde 10-20=, 21-30=regular, 31-40=buena, y 41-50 mala calidad.		
		Cont.de sedimentos por metales pesados	Concentraciones de metales (Hg, Pb, Cd y Ni) en los sedimentos, rebasando el rango-bajo de efectos (ERL) y con valores mayores que los registrados en lagunas consideradas medianamente contaminadas (Tabla 8).		
		Cont. de organismos por metales pesados	Concentración de metales pesados (Cd, Cr, Pb, Ni) en ostión, límite máximo permitido para el consumo de comida marina (MALSC) y en peces y crustáceos sobre la NOM-027-SSA1-1993 (Tabla 8).		
		Cont. de agua por metales pesados	Concentración de metales pesados (Hg, Pb y Cd) rebasando las normas mexicanas para consumo humano y la norma para desarrollo de vida acuática (Tabla 8).		
	Deforestación en cuencas altas y orillas con el consecuente arrastre de sedimentos en escurrimientos por deforestación en cuencas altas y orillas	Azolvamiento de la laguna	Profundidad promedio en 1980 de 1.06m, en el 2002 de 0.7 m (disminución promedio de34%) , y en el 2007 de 0.76m (disminución promedio desde 1980 de la profundidad de un 28.3% entre los años 1980).		
	Extracción de agua para riego de cultivos	Disminución del cuerpo de la laguna	Reducción de la superficie de la laguna El Farallón de 166 ha en 1995 a 127 ha (23%) en 2004.		
	Azolvamiento de la laguna y sus consecuentes cambios en a salinidad del agua y profundidad del cuerpo de agua	Disminución de la biomasa de pastos marinos	En 1991 se reporta un manchón de pastos marinos (Halodule wrightii) cercano a la barra con una biomasa en peso seco de 62.24 gm-2, y dos manchones en sur de la laguna con una biomasa de 38.14 a 46.88 gm -2. En 2006 solo se registran pequeños manchones en la parte norte de la laguna con una biomasa de 0.28 gm -2.		
	Tala de bosque para uso en actividades agropecuarias	Disminución de la cobertura de selva	Reducción de cobertura de selva baja caducifolia 359,5 ha. (28.5%) en la cuenca de La Mancha; 6.4 ha. (18.7%) en la cuenca de El Farallón; 110.1 ha. (26.8%) en la cuenca de El Llano y 62,045 ha. (30.61%) en la cuenca del Río Limón, en el análisis de cobertura vegetal con base en fotografías de 1995 y 2006 . Reducción de selva mediana subcaducifolia de 10.9 ha. (29.8%) en la cuenca de La Mancha y 2 ha. (9.73%)) en la cuenca de El Llano, en el análisis de cobertura vegetal con base en fotografías de 1995 y 2006.		
Cultivadores de caña	Aplicación del herbicida Atrazina en cultivos de caña	Contaminación de aguas superficiales de uso doméstico con Atrazina	Agua de pozo con atrazina disuelta, en cantidades de 0.58 (octubre 2005), 0.65 (enero, 2006) y 0.44 (marzo, 206) mg de atrazina / l., De acuerdo a la EPA, el límite establecido para atrazina en agua es de 0.003 ppm (sobrepasa 146 veces).		
	Generación de Pah's, durante la quema de vegetación.	Cont. de sedimentos por PAH's	Promedio en los niveles de concentración de PAH's de 6. 73 ug/g (La Mancha), a 5.0 ug (El Llano) rebasando el valor considerado alto (2.6 ug /g) para la NOA.		

Continuación de la Tabla 14.

Fuerzas Motrices	Presión	Estado	Indicadores de Estado	Impacto	Indicadores de Impacto
	Quema de caña y la consecuente producción de Pah's y Contaminación de sedimentos por hidrocarburos policíclicos aromáticos por arrastre atmosférico.	Riesgo ecológico para organismos estuarinos	Promedio en los niveles de concentración de PAH's de 6. 73 ug/g, rebasando el valor considerado alto (2.6 g/g) para la NOA		
Sector ganadero	Deforestación en cuencas altas y orillas y el consecuente aumento en el arrastre de sedimentos en los escurrimientos	Azolvamiento de la laguna	Profundidad promedio en 1980 de 1.06m, en el 2002 de 0.7 m (disminución promedio de34%) , y en el 2007 de 0.76m (disminución promedio desde 1980 de la profundidad de un 28.3% entre los años 1980)		
	Instalación de potreros activos (ganado y aves de corral) y el consecuente escurrimiento con material fecal	Contaminación por coliformes fecales	Concentraciones de coliformes fecales en la columna de agua, rebasando los límites permitidos para ser usada en la producción de moluscos de consumo directo		
	Expansión de pastizales inducidos en dunas con la consecuente disminución de aportes de arena móvil para cerrar la boca de la misma, y disminución de la frecuencia y tiempo de inundación de la laguna, así como invasión de *E. piramidalis* humedales vecinos.	Cambios de estructura física y química del suelo de humedales	Diferencias significativas entre algunos parámetros físicos (retención de humedad, biomasa) y químicos (Relación C:N, P extraíble) en los suelos cubierto con pasto africano, frente al suelo cubierto con especies propias del humedal		
		Disminución de cobertura de especies vegetales de humedales	Cobertura de los cuadrantes monitoreados en el humedal invadido por E. pyramidalis dominados en un 50 por ciento o más por las hierbas E. pyramidalis, S. lancifolia, T. domingensis, el helecho gigante A. aureum y la vid, Tiliacea i., en las dos épocas del año.		
		Cambios en la composición de especies vegetales de humedales	La riqueza media de especies en suelos agrícolas con diferentes tipos de manejo (modificación hidrológica, introducción de especies no nativas y pastoreo) se diferenciaron estadísticamente con respecto a la riqueza media de un humedal seminatural (4±0,2) . El mayor valor se registró en el pastizal recientemente abandonado (5 ±0.3) y el menor en el pastizal pastoreado con un largo período de inundación (2 ±0.1) (Tabla 8).		
		Disminución de la superficie de dunas con arena móvil	Reducción del 90% de la superficie de dunas de arena móvil, reemplazado el 2% por uso agrícola, el 53% por expansión de pastizales, y el 35% por selva tropical en diversas etapas de la sucesión. Análisis de imágenes del 1980 y 2006.		
		Erosión de la línea de costa	Erosión de la línea de costa al norte de la laguna La Mancha de un máximo de 52m. y un mínimo de 1 m. entre imágenes fotográficas de 1980-1995. y un máximo de 84.5 entre los años 1995-2006.		
		Disminución de la frecuencia y tiempo de inundación de la Laguna	Registros del nivel del agua en la laguna de La Mancha entre 2004-2006 con períodos más largos de niveles de agua bajos (boca abierta) que niveles altos (boca cerrada). Esto difiere con patrones observados de largos periodos con niveles altos (boca cerrada) alternados con cortos períodos de niveles de agua bajos (boca abierta) .		
	Expansión de pastizales inducidos en manglar, previa deforestación	Disminución cobertura de manglar	Disminución del 24% de las áreas de manglar conservado entre los años 1964-2004, en un área de 333.5 ha., con una tasa anual de pérdida de 1.4%. En 1964 alrededor de 42 ha. se habían transformado a pastizales, en el 2004 aumentó a 103 ha. El área de manglar en categoría de disturbado paso de 38.6 ha. en 1964		

Continuación de la Tabla 14.

Fuerzas Motrices	Presión	Estado	Indicadores de Estado	Impacto	Indicadores de Impacto
			ha. a 76.2 ha. en 2004.		
	Extracción de agua para riego de pastizales	Disminución del cuerpo de la laguna	Reducción de la superficie de la laguna El Farallón de 166 ha en 1995 a 127 ha (23%) en 2004.		
	Tala de bosque para uso en actividades agropecuarias	Disminución de la cobertura de selva baja caducifolia	Reducción de 359,5 ha. (28.5%) en la cuenca de La Mancha; 6.4 ha. (18.7%) en la cuenca de El Farallón; 110.1 ha. (26.8%) en la cuenca de El Llano y 62,045 ha. (30.61%) en la cuenca del Río Limón, en el análisis de cobertura vegetal con base en fotografías de 1995 y 2006.		
		Disminución de la cobertura de selva mediana subcaducifolia	Reducción de 10.9 ha. (29.8%) en la cuenca de La Mancha y 2 ha. (9.73%)) en la cuenca de El Llano, en el análisis de cobertura vegetal con base en fotografías de 1995 y 2006.		
	Incompatibilidad entre el uso actual del suelo y el potencial natural (combinación de los potenciales: morfo métrico del relieve, edáfico y de humedecimiento) del territorio.	Actividad ganadera no sustentable	En las áreas actualmente ocupadas para la ganadería bovina, en las cuencas de las lagunas de El Llano, Farallón y La Mancha, se observa que el 48.4% es parcialmente compatible, es decir, tienen un potencial natural medio, mientras que 21.4% se usa de forma incompatible, porque presenta potencial bajo o muy bajo. Además, 6% del territorio se usa de manera incompatible porque se llevan a cabo actividades agrícolas en áreas de importancia para la protección del potencial hídrico.		
Sector Inmobiliario	Relleno de área de manglar para construcción mobiliaria	Disminución cobertura de manglar	Reducción del 24% de las áreas de manglar conservado entre los años 1964-2004, en un área de 333.5 ha		
		Proyectos de infraestructura en terrenos ganados al manglar	MIA para Construcción del Fraccionamiento Campestre Habitacional “Casa del Sol” en un predio denominado actualmente “El Palmar” integra el área rellenada al proyecto, como parte de propiedad privada.		
Sector petrolero	Derrames accidentales de hidrocarburos ocurridos alrededor del sistema lagunar y llevados hasta la laguna por la lluvia, vientos y escurrimientos	Cont. de sedimentos por PAH's	Promedio en los niveles de concentración de PAH's de 6. 73 ug/g (La Mancha), a 12.4 ug (El Llano) rebasando el valor considerado alto (2.6 ug /g) para la NOA		
	Descargas de combustibles y otros desechos en el sistema debido a maniobras y uso de maquinaria relacionada a la presencia del gasoducto				
	Derrames accidentales de hidrocarburos y consecuente contaminación de sedimentos por PAH's.	Riesgo ecológico para organismos estuarinos	Promedio en los niveles de concentración de PAH's de 6. 73 ug/g, rebasando el valor considerado alto (2.6 g/g) para la NOA		
	Tendido de gasoducto atravesando la boca de la laguna con la consecuente	Azolvamiento de la laguna	Profundidad promedio en 1980 de 1.06m, en el 2002 de 0.7 m (disminución promedio de34%) , y en el 2007 de 0.76m (disminución promedio desde 1980 de la profundidad de un 28.3% entre los años 1980)		

Continuación de la Tabla 14.

Fuerzas Motrices	Presión	Estado	Indicadores de Estado	Impacto	Indicadores de Impacto
	acumulación de sedimentos finos	Disminución cobertura de manglar	La instalación del gasoducto remplazó a 3,7 hectáreas (1,2%) de manglar.		
	Azolvamiento de la laguna			Disminución de la pesca de especies estuarinas de subsistencia y artesanal	Disminución de la producción pesquera de ostión, jaiba y camarón entre los registros de 1987 y 1989 (Tabla 8).
Sector pesquero	Aportes de gasolina y aceite automotriz provenientes de las lanchas de motor que transitan	Cont. de agua por metales pesados	Concentración de metales pesados (Hg, Pb y Cd) rebasando las normas mexicanas para consumo humano y la norma para desarrollo de vida acuática (ver valores en tabla 8. evidencia clave de los problemas)		
	Extracción de pastos marinos por pescadores	Disminución de la biomasa de pastos marinos	En 1991 se reporta un manchón de pastos marinos (Halodule wrightii) cercano a la barra con una biomasa en peso seco de 62.24 gm-2, y dos manchones en sur de la laguna con una biomasa de 38.14 a 46.88 gm -2. En 2006 solo se registran pequeños manchones en la parte norte de la laguna con una biomasa de 0.28 gm -2.		
Población local	Procesos de arrastre y deslave de contaminantes desde las zonas de asentamientos humanos y caminos	Cont. de agua por metales pesados	Concentración de metales pesados (Hg, Pb y Cd) rebasando las normas mexicanas para consumo humano y la norma para desarrollo de vida acuática (Tabla 8).		
	Descargas domésticas	Cont. de organismos por metales pesados	Concentración de metales pesados (Cd, Cr, Pb, Ni) en ostión, límite máximo permitido para el consumo de comida marina (MALSC) y en peces y crustáceos sobre la NOM-027-SSA1-1993 (Tabla 8).		
	Extracción ilegal de combustibles ocurridos alrededor del sistema lagunar y transportados por lluvia, vientos y escurrimientos	Cont.de sedimentos por metales pesados	Concentraciones de metales (Hg, Pb, Cd y Ni) en los sedimentos, rebasando el rango-bajo de efectos (ERL) y con valores mayores que los registrados en lagunas consideradas medianamente contaminadas (Tabla 8)		
		Cont. de sedimentos por PAH's	Promedio en los niveles de concentración de PAH's de 6. 73 ug/g (La Mancha), a 5.0 ug (El Llano) rebasando el valor considerado alto (2.6 ug /g) para la NOA.		
Gobierno del estado	Descargas municipales sin tratamiento				
	Construcción de terraplén para ferrocarril en el oeste de la Laguna	Azolvamiento de la laguna	Profundidad promedio en 1980 de 1.06m, en el 2002 de 0.7 m (disminución promedio de34%) , y en el 2007 de 0.76m (disminución promedio desde 1980 de la profundidad de un 28.3% entre los años 1980)		
		Disminución cobertura de manglar	La construcción de obras civiles como el terraplén para ferrocarril remplazó 1,5 hectáreas (0,5% de la extensión de bosque de mangle)		

Tabla 15. Problemas ambientales identificados en este trabajo y su relación con los programas descritos en el Plan de Manejo Comunitario La Mancha-El Llano. Las siglas juntos a los problemas ambientales indican si estos corresponden a estado (e) o impacto (i).

Programas (Respuesta) / Problemas ambientales	Programas de conservación o recuperación de hábitats								Proyectos productivos					
	Restauración de manglar	Campaña: Protección del manglar y sp.de fauna en alguna categoría de conservación	Restauración de las lagunas y ríos permanentes, así como de la vegetación que los rodea	Restauración de humedales	Limpieza y mantenimiento de hábitats en la playa	Responsabilidad ciudadana para la protección de recursos	Recuperación de poblaciones de cangrejo azul y su hábitat	Manejo integral: recuperación de suelo y conservación del agua	Encierros rústicos: Encierros productivos en lagunas	Encierros rústicos: Encierros de tilapia en humedales dulceacuícolas	Siembra y propagación de especies nativas en vivero	Conservación y manejo del cangrejo azul	Servicios en las palapas de playa	Ecoturismo
Erosión en la línea de costa (e)														
Disminución de la superficie de dunas con arena móvil (e)					X									
Contaminación de la columna de agua por coliformes fecales (e)			X					X						
Contaminación de agua por metales pesados (e)			X					X						
Contaminación de organismos por metales pesados (e)			X											
Contaminación de sedimentos por metales pesados (e)			X											
Contaminación de sedimentos por hidrocarburos policíclicos aromáticos (e)			X											
Riesgo ecológico para organismos estuarinos (i)			X											
Calidad ecológica del agua de buena a regular (e)			X					X						
Eutrofización de lagunas (e)			X											
Azolvamiento de la laguna (e)			X											
Disminución de la superficie del cuerpo de la Laguna (e)			X					X						
Disminución de la frecuencia y tiempo de inundación de la Laguna (e)			X											
Disminución de la pesca de especies estuarinas de subsistencia y artesanal (i)			X				X		X			X		

Continuación de la Tabla 15.

Programas (Respuesta) / Problemas ambientales	Programas de conservación o recuperación de hábitats								Proyectos productivos					
	Restauración de manglar	Campaña: Protección del manglar y sp.de fauna en alguna categoría de conservación	Restauración de las lagunas y ríos permanentes, así como de la vegetación que los rodea	Restauración de humedales	Limpieza y mantenimiento de hábitats en la playa	Responsabilidad ciudadana para la protección de recursos	Recuperación de poblaciones de cangrejo azul y su hábitat	Manejo integral: recuperación de suelo y conservación del agua	Encierros rústicos		Siembra y propagación de especies nativas en vivero	Conservación y manejo del cangrejo azul	Servicios en las palapas de playa	Ecoturismo
									Encierros productivos en lagunas	Encierros de tilapia en humedales dulceacuícolas				
Disminución de la biomasa de pastos marinos (e)			X											
Contaminación de aguas superficiales de uso doméstico con Atrazina (e)								X						
Disminución de la cobertura de manglar en categoría de conservado (e)	X	X												
Proyectos de infraestructura en terrenos ganados al mar														
Cambios en la estructura física y química del suelo típico de humedales (e)				X										
Disminución de la cobertura de especies vegetales propias de humedales (e)				X										
Cambios en la composición de especies vegetales propias de humedales (e)				X										
Disminución de la cobertura de selva (e)											X			
Actividad ganadera no sustentable (e)								X			X			

6.3.4 Lectura de los programas y proyectos (Respuestas) del Plan de Manejo en términos del Esquema de Indicadores de Progreso en Iniciativas de Manejo Costero Integrado (Olsen, 2003).

En la Tabla 15 se presentan los programas de conservación y proyectos productivos correspondientes a las Respuestas, se interpreta que los siete programas de restauración y conservación fueron correspondientes con los indicadores de primer orden, en el sentido de construir condiciones facilitadoras para cualquier acción de manejo.

Igualmente, se interpreta que los seis proyectos productivos correspondieron con indicadores de segundo orden, ya que indican sectores involucrados y ambientes específicos en los cuales se implementan los cambios de comportamiento para lograr mejoras sociales y ambientales. (Tabla 16). Dos proyectos productivos el de vivero y ecoturismo se interpretó obtuvieron resultados a partir de las iniciativas identificadas en los indicadores de segundo orden.

Tabla 16. Organización de los programas y proyectos reconocimos como Respuesta en términos del Esquema de Indicadores de Progreso en Iniciativas de Manejo Costero Integrado (Olsen, 2003). Las siglas Pg. C. R., se refieren a los Programas de Conservación y Manejo y Py.P. a los Proyectos Productivos.

<table>
<tr><th colspan="4">Indicadores de Progreso en Iniciativas de Manejo Costero (Olsen, 2003)</th></tr>
<tr><th>1er Orden</th><th>2° Orden</th><th>3er Orden.</th><th>4o Orden.</th></tr>
<tr><td>Construcción de condiciones facilitadores</td><td>Cambios de comportamiento para lograr mejoras sociales y ambientales</td><td>Obtención de resultados a partir del 2° orden</td><td>Balance dinámico y deseable entre condiciones ambientales y sociales</td></tr>
<tr><td>Pg.C.R. Restauración de las lagunas y ríos permanentes, así como de la vegetación que los rodea</td><td rowspan="3">-P y. P. encierros rústicos
(la ganadería sustentable se excluyó porque no se considera fue enlistada en la tabla de proyectos productivos)</td><td>- Py. P. vivero
- Py. P. ecoturismo</td><td></td></tr>
<tr><td>Pg.C.C. Restauración del manglar</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>Pg.C.R. Restauración de humedales</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>Pg. C.R. Responsabilidad ciudadana para la protección de recursos</td><td>-Py. P. encierros rústicos
-Py.P. conservación y manejo del cangrejo azul
-Py.P. servicio en las palapas de playa</td><td>- Py. P. vivero
- Py. P. ecoturismo</td><td></td></tr>
<tr><td>Campaña de Protección del manglar y de las especies de fauna bajo alguna categoría de protección</td><td>-Py. P. encierros rústicos
- Py.P. conservación y manejo del cangrejo azul</td><td>Py. P. vivero
-Py. P. ecoturismo</td><td></td></tr>
<tr><td>Pg. C. R. Recuperación de poblaciones de cangrejo azul y su hábitat</td><td>-Py.P. conservación y manejo del cangrejo azul
-Py.P. Servicio en las palapas de playa</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>Pg. R. C. Limpieza y mantenimiento de hábitats en la playa</td><td>-Py.P Servicio en las palapas de playa</td><td>-Py.P ecoturismo</td><td></td></tr>
<tr><td>Pg.C.R. Manejo integral: recuperación de suelo y conservación del agua</td><td>(se excluyó el manejo integral, ya que no fue enlistada en la tabla de proyectos productivos</td><td>-Py. P. ecoturismo</td><td></td></tr>
</table>

6.4 Recomendaciones de manejo

Las recomendaciones surgen directamente de los faltantes observados en los resultados de fuerzas motrices, presión, estado, impacto y respuesta.

Al relacionar los programas desarrollados por el sector académico con los impactos descritos en este trabajo, se observaron dos problemáticas que se interpreta no han sido cubiertas por los programas de restauración, conservación y productivos (Tabla 17).

Tabla 17. Recomendaciones de manejo en función de los impactos identificados y los programas de conservación y proyectos productivos

Estrategias	Lineamientos estratégicos	Proyectos	Programas	Acciones y actividades	Responsables	Actores coadyuvantes
Restauración de lagunas y ríos permanentes	Disminuir la concentración promedio de PAH's totales bajo la norma de la NOA	Control de derrames accidentales, fugas y extracción ilegal del sistema de ductos de PEMEX.	Mejorar mantenimiento del poliducto de PEMEX	Identificar tramos del poliducto con riesgo crítico de accidentes	PEMEX	
				Verificar que la infraestructura petrolera cumpla con la normatividad para su adecuado funcionamiento		
				Sustitución de tramos dañados		
				Vigilancia de los derechos de vía		
				Cumplimiento de protocolos durante las maniobras de mantenimiento para evitar fugas durante estas operaciones		
			Mejorar el Sistema de control y vigilancia de poliductos	Patrullajes de vigilancia del sistema de ductos	PEMEX, Departamento de Policía Municipal, Protección civil	Gobierno del estado
		Control del fuego	Alternativas para la eliminación de malezas y limpieza de potreros	Identificar prácticas alternativas al fuego para la eliminación de pastizales	Gobierno del Estado (CEMA, COEPA, SEDERE, DGOUR. SEDARPA), sectores productivos	Sector académicos (INECOL, UV), ONG's
				Programa de educación ambiental de costos y beneficios de las alternativas a la quema de pastizales	SAGARPA, CONAFOR	
			Concientización del uso y control del fuego	Campaña permanentes de capacitación a los agricultores sobre quemas controladas	CONAFOR, SAGARPA, Protección civil, sector agrícola y ganadero	

Continuación de la Tabla 17.

Restauración de lagunas y ríos permanentes	Disminuir la concentración promedio de coliformes fecales	Control del uso y efecto de los fertilizantes	Manejo de fertilizantes	Verificar si fuentes de contaminación son los fertilizantes orgánicos en exceso, de ser así, aplicar la norma del uso de fertilizantes orgánicos (estiércol)en función de cálculos de balance de nitratos y fosfatos	SAGARPA, Gobierno del Estado, Alcaldía,	Sector académicos (INECOL, UV), ONG's
				Programa de sensibilización para promover que los fertilizantes orgánicos usados cumplan con los límites permisibles normados		
	Disminuir la concentración promedio de metales pesados en sedimentos			Investigaciones para ordenar el uso de fertilizantes en función de la calidad del agua, por ejemplo, ciertas limitaciones en zonas de extracción de agua y humedales		
				Promoción y subvención de métodos más adecuados de aplicación de fertilizantes		
	Disminución de la Eutrofización de las lagunas			Calculo del balance de nitratos y fosfatos de los cultivos, para evitar el uso excesivo de fertilizantes		
				Implementar sistemas de riego de cultivos controlados		
				Desarrollo de planes de control de la erosión, acordes a las características topográficas y edáficas		

7 DISCUSIÓN

7.1 Análisis documental para el manejo de la zona costera.

El análisis bibliográfico sobre la problemática ambiental de un sitio, permite dar valor agregado al mismo para poder ser utilizado en proyectos aplicados al manejo de la zona costera. En este caso, la selección de un sitio con una larga historia de investigación en recursos naturales, permitió comparar, clasificar y reorganizar la información con diversos métodos utilizados en la investigación ambiental y orientarla al manejo de la zona costera. Con la gama de ejemplos de arreglos metodológicos que se presentan en esta tesis, se demuestra que es posible reinterpretar un diagnostico ambiental y de manera integrada seleccionar indicadores ambientales, los cuales en su conjunto y en diferentes combinaciones, permiten retroalimentar y fortalecer las iniciativas de manejo de ecosistemas y proponer recomendaciones de investigación, además de diseñar esquemas de monitoreo del desarrollo sustentable de un municipio costero y las cuencas hidrológicas que lo integran.

La identificación de las unidades con base en el material cartográfico del Ordenamiento de la Zona Costera del Municipio de Actopan, brindó para casi todos los casos funcionalidad lógica entre las unidades donde se genera el problema y en las que se manifiesta, excepto para el caso de la unidad “Humedales”. En la cuenca de La Mancha la descripción de la problemática en la unidad ambiental de Humedales describe los impactos negativos físicos y químicos en el suelo, así como de cambios en la composición de especies por invasión de pastos exóticos, sin embargo esta unidad no consta en el mapa de vegetación del Ordenamiento para esta cuenca. En el Ordenamiento se identifica este tipo de asociaciones vegetales propias de los humedales (tulares y popales), únicamente en la cuenca del Río Agua Fría.

El hecho de que la bibliografía las describe como ecosistemas impactados, con bajo grado de naturalidad, probablemente determinó que se consideraran como áreas de pastizales. Sin embargo en la escala local en que este estudio se está desarrollando es importante reconocerlas y diferenciarlas, ya que como en el caso del humedal en la cuenca de La Mancha, pueden reconocerse las causas de su impacto y realizarse

acciones de restauración de las condiciones físico-químicas del suelo y de los servicios ambientales que prestan.

Por otro lado la identificación de problemas, causas y evidencias clave, fue realizada únicamente con base en descripciones existentes en la bibliografía. Se descartaron los problemas que no pudieron ser sistematizados en términos de la metodología de impactos y sus fuentes, es decir que a pesar de que mencionan un problema, no refrieren los términos en que fueron establecidos, o que no mencionan su origen. A partir de esto, es posible recomendar a los investigadores que en sus diseños experimentales consideren la medición de las posibles causas de impactos o daños ambientales.

El desglose de la evidencia clave de la problemática ambiental, fue realizado de forma similar a los trabajos de Bravo-Peña (1998) y Rodríguez-Perafán (2006), es decir, fue expresada en unidades que denotan el cambio de estado del sistema y/o recurso. Las contribuciones previas (Ortiz-Lozano, 2000; Escofet, 2004; Ortiz-Lozano, 2006) en las que se ha utilizado el método de impactos y sus causas para el diagnóstico de la problemática ambiental, no presentan un rastreo de la evidencia en estos términos. El hecho de que los indicadores de estado/impacto describan cuantitativamente en las unidades con que el parámetro o derivados de parámetros fueron medidos y denotaron un cambio en el estado, disminuye la subjetividad al momento de dar seguimiento a los cambios del estado frente a las acciones de manejo. Además de facilitar una comparación en el tiempo, y fortalecer la gestión adaptativa de la zona costera, permite situarlo en un contexto regional y/o nacional ya que facilita la comparación con problemáticas similares en otras zonas costeras del mundo.

Por otra parte, el trato minucioso de la evidencia, también permitió desglosar y detallar la problemática ambiental que ya había sido tratada en la elaboración del Plan de Manejo Comunitario en el libro *Entornos Veracruzanos: La Costa de La Mancha* (Moreno-Casasola *et al*., 2006a) (ver Tabla 1 y 2), Por ejemplo, el problema originalmente identificado como contaminación del agua fue desglosado en este trabajo en contaminación de la columna de agua por coliformes fecales y contaminación de sedimentos de la laguna por PAH´s, y por metales pesados con sus respectivas unidades de medición que evidencian el problema, cuestión que es importante en términos de

manejo costero ya que son dos normas diferentes las que atienden y regulan estos problemas.

La correspondencia de la mayoría de los impactos identificados con el enfoque metodológico de impactos y sus causas con aquellos identificados en el Plan de Manejo Comunitario, facilita la incorporación del sistema de indicadores al esquema de diagnóstico de la problemática ambiental obtenida en talleres con la comunidad y entrevistas a expertos, bibliografía y trabajo de campo complementando y fortaleciendo el Plan de Manejo Comunitario.

El hecho de que la mayoría de los problemas registrados se expresen en la cuenca de La Mancha, está determinado por la presencia del Centro de Investigaciones Costeras La Mancha (CICOLMA). El panorama de carencia de información de diagnóstico, parece ser común a otras zonas costeras de México (Álvarez *et al*., 2008; INE-SEMARNAP, 2000) y da pie al debate sobre que tan acertado puede ser recurrir a la extrapolación de los problemas en áreas cercanas o similares, cuando la información es limitada. En ecología del paisaje, abordar los problemas a esa escala muchas veces requiere la extrapolación de la información de los estudios a escala de parcela. Uno de los enfoques usados en esta tesis es el espacial explícito, que incluyen la ubicación de paisajes, así como análisis de vecindad o procesos contagiosos (Peters *et al*., 2006). Este tipo de extrapolaciones también se utiliza para aplicar el principio precautorio en la toma de decisiones cuando hay ausencia de información local o de primera mano.

La confrontación espacial de los impactos y sus causas, permitió verificar la lógica funcional de las relaciones. Por ejemplo, en el caso del problema *Contaminación de sedimentos por metales pesados* en la Laguna de la Mancha, la bibliografía menciona que la fuente probablemente son las descargas de desechos desde la Planta Nuclear Laguna Verde; espacialmente no había un vínculo de la laguna La Mancha con la planta nuclear, por lo que la relación funcional estaba en duda, sin embargo dado que el Pb es volátil y tiende a depositarse en áreas distintas a las de su origen, dependiendo del patrón de vientos que predominen, por lo que la fuente del problema no se descartó. Para confirmar se realizó una validación de esta información con expertos sobre el manejo de residuos de Pb en la planta nuclear, y finalmente se eliminó esta probable fuente. Ante esto se recomienda a los investigadores que procuren que sus pesquisas se apliquen a planes de

manejo para lograr el desarrollo sustentable del sitio de su interés científico, además de considerar en los diseños experimentales la medición de las posibles causas de impactos o daños ambientales.

Al exponer con los expertos, los resultados de identificación de los problemas ambientales y sus causas, en la mayoría de los casos se corroboró la lógica funcional de los problemas ambientales. El caso de disminución de la densidad de manglar por alteración del hidro período de la laguna, fue consultado con el experto y en una revisión conjunta de la literatura finalmente se descartó dicho problema. Se recomendó revisar información sobre problemas no considerados, sin embargo luego de explorar en la bibliografía, algunos de ellos no se lograron leer bajo el esquema de impactos y sus causas, por ejemplo el problema de la disminución de pesca de especies estuarinas de subsistencia y artesanal en la Laguna de La Mancha, fue mencionado por dos expertos y en la literatura reiteradamente se menciona este problema, se encontró un gráfico que muestra la tendencia en baja de la producción pesquera, pero lamentablemente no cuenta con unidades ni referencias de su elaboración, por lo que no se pudo identificar la evidencia clave para leerse bajo los esquemas metodológicos utilizados o información que haga suponer que el impacto está sucediendo.

La organización espacial de las causas, se trato de manera similar a contribuciones preliminares (Bravo-Peña, 1998; Escofet, 2004) en las que se diferencian en causas locales y regionales o también etiquetadas como internas y externas (Ortiz-Lozano, 2000; Ortiz-Lozano, 2006, Rodríguez-Perafán, 2006). Escofet (2004) mostró que el agrupamiento de los sitios impactados en función la ubicación local o regional de sus causas, arroja resultados más viables y coherentes en términos de manejo. Dentro de este marco el índice de causas-complejidad de manejo, sintetiza como la heterogeneidad de fuentes de la problemática ambiental y puede sugerir diferentes niveles de complejidad de la gestión, bajo el supuesto de que en el contexto espacial la relación con actores locales puede resultar más factible que la negociación a un nivel regional. El hecho de que en este caso predominen las causas locales disminuye la complejidad de su posible gestión. Las cadenas de impactos identificadas en el desglose de la problemática da cuenta de la difusión de efectos en diferentes espacios y tiempos que una causa puede generar, la sistematización de la heterogeneidad de la problemática, facilita el paso de una etapa descriptiva a una de remediación estructural (Escofet, 2004).

La identificación y clasificación de los actores se realizó de manera similar a los trabajos de Ortiz-Lozano (2000) y Romero-Novales (2008), quienes también utilizaron la técnica de Sorensen et al. (1992). En este análisis el hecho de que la mayor cantidad de actores relacionados con la problemática sean de tipo regional podría dificultar el establecimiento de arreglos de manejo, ya que estos sectores no están resintiendo directamente la problemática ambiental del área. Además, la existencia de actores regionales refuerza la necesidad de considerarlos dentro del área de planeación del plan de manejo.

7.2 Identificación de indicadores ambientales.

A partir del análisis documental anteriormente discutido, se consideró un ejercicio que permitiera hacer equivalencias entre los métodos primordialmente utilizados por las agencias de conservación como CONABIO, CONAP, Pronatura y The Nature Conservacy (2005) para la selección de sitios prioritarios de conservación y, por las Agencias de Gobierno y Organizaciones No Gubernamentales, para planificar el desarrollo sustentable de un sitio (INE, 1997; SEMARNAT, 2000; INEGI-INE, 2000; SEMARNAT-EPA, 2006). La relación que se hizo con los resultados del método de impactos y sus causas con el esquema FPEIR, muestra la complementariedad de los métodos, de la misma manera que lo comprobaron contribuciones anteriores (Ortíz-Lozano, 2006; Rodríguez-Perafán, 2006). Además de la presión y estado, en este trabajo se establecieron las fuerzas motrices, las que fueron coherentes con la identificación de actores realizada previamente.

La relación de causalidad que se estableció al analizar la problemática ambiental, mantuvo su coherencia al encajarla en el esquema FPEIR, de tal manera que detrás de todo estado (problemática ambiental) se percibe la existencia de una actividad específica que la origina, y detrás de esta actividad existe un conjunto de acciones a nivel regional. Este desglose es relevante, ya que guía la ubicación de posibles arreglos de manejo entre los sectores, para modificar ciertas maniobras que son las responsables de la problemática. Experiencias anteriores (Pinkerton, 1991; Ortiz-Lozano, 2000) plantean la conveniencia de priorizar la corrección de ciertas acciones, fuentes de la problemática, como estrategia de manejo, lo que evita el enfrentamiento de los diferentes sectores presentes en lugar.

El hecho de que la evidencia clave se relacionara con los indicadores de estado y/o impacto, generó indicadores particulares a este caso, y detalla las variables a dar seguimiento, para realizar una evaluación del desempeño de las respuestas. Por otro lado en la gama de equivalencias que se experimentaron en esta tesis se incluyó un análisis de las respuestas (programas de conservación, restauración y proyectos productivos) del esquema FPEIR categorizadas en los diferentes niveles de progreso que propone Olsen (2003). Es así que la sistematización de la información en los resultados de las Tablas 8, 14 y 16, constituyen el principal aporte que fortalece el Plan de Manejo Comunitario, ya que facilita el dar seguimiento a los valores de los indicadores de estado e impacto, y poder evaluar resultados y procesos, así como para realizar los ajustes necesarios a los programas de respuesta (programas de conservación, restauración y proyectos productivos).

La organización de los problemas ambientales, las causas y evidencia clave bajo el esquema FPEIR, permite, identificar maniobras específicas que presionan el estado del ambiente, esto es especialmente útil al momento de optimizar esfuerzos y recursos para las acciones de respuesta, si bien es válido crear acciones de comando control que restauren, compensen o mitiguen los impactos, las respuestas que eliminan, reducen y/o previenen los problemas ambientales a partir de las incidir en las presiones resultan más coherentes con los principios de sustentabilidad (Oñate, 2002). Se observa que la mayoría de los Programas de Conservación, Restauración y Proyectos Productivos del Plan de Manejo Comunitario atienden directamente a las condiciones de estado e impacto, por lo que se recomienda implementar medidas de planeación orientadas a disminuir las presiones causantes de la problemática ambiental.

Por otra parte, el cotejar los programas descritos como respuesta a la problemática ambiental bajo el enfoque de progreso de procesos, brinda una guía coherente en la gestión cuyo fin es lograr cambios en el comportamiento de los usuarios locales, para alcanzar mejoras sociales, económicas y ambientales. Una de las conclusiones más importantes de Olsen (2003), a partir del análisis de las iniciativas de manejo costero integrado por agencias internacionales en Estados Unidos, Europa, Asia, América Latina y África, sugiere que el principal factor limitante para el progreso en el manejo costero no es la disponibilidad de financiamiento o el conocimiento del proceso social y de los ecosistemas, sino de la capacidad de las instituciones más directamente implicadas en

iniciar y mantener formas integradas y adaptativas de la gestión. En este sentido es importante resaltar que a pesar de ser un Municipio con un alto índice de marginación (CONAPO, 1990; Seingier *et al*., 2009), cuentan con organización local y experiencias exitosas de grupos sociales orientados al desarrollo sustentable de la zona costera (Moreno-Casasola *et al*., 2003; Moreno-Casasola, 2004; Marín et al., 2005; Moreno-Casasola, 2006; Moreno-Casasola et al., 2006a; Ruelas-Monjardín, 2006), potenciales y factores trascendentes que deben considerarse por parte del Gobierno local en la implementación de iniciativas de manejo costero.

El sistema de indicadores expuestos en este trabajo proporcionan a las instituciones directamente implicadas en la gestión del desarrollo sustentable de La Mancha-El Llano en particular y de Actopan en general, una guía para los programas y proyectos de conservación, restauración y productivos, así como una herramienta para la organización periódica de autoevaluaciones de las iniciativas en curso de manejo integrado de la zona costera.

8 CONCLUSIONES

La información recopilada en el análisis documental referente a la problemática ambiental y organizada bajo una gama de metodologías equiparables, incrementa el valor a la información, que desagregada es muy útil en el manejo integrado de la zona costera.

El trato minucioso de las evidencias clave, permitió desglosar y detallar la problemática ambiental que ya había sido tratada para la elaboración del Plan de Manejo Comunitario en el libro *Entornos Veracruzanos: La Costa de La Mancha* (Moreno *et al*., 2006a), esta organización facilita la sistematización, seguimiento, retroalimentación y actualización de los modelos de uso de ecosistemas y recursos.

La identificación de las causas permitió reconocer maniobras específicas responsables de la problemática ambiental, evitando enfrentar a todo un sector y guiando los arreglos de manejo a cambios en dichas maniobras.

Los esquemas metodológicos con que se abordó el diagnóstico de la problemática, la integración para el manejo y evaluación de las iniciativas de manejo fueron equivalentes y consecuentes, guiando la identificación de pasos a seguir.

El establecimiento de indicadores de estado e impacto, permitirán dar seguimiento a las iniciativas de manejo aplicadas en la calidad ambiental de los recursos y ecosistemas, y la adaptación de nuevos arreglos de manejo en caso de no ser eficaces.

La organización de las iniciativas de manejo costero (programas y proyectos productivos), bajo el esquema de indicadores propuesto por Olsen (2003), establece un marco para medir el progreso en el uso de procesos y mecanismos para fomentar la implementación de la gestión integral en la zona costera.

9 BIBLIOGRAFIA

Ahumada-Cervantes, B. 2000. Índices ecológicos para la evaluación y la gestión ambiental: aplicación en un estudio de caso (Punta Banda, Ensenada, B.C.). Tesis de Maestría en Ciencias, Ensenada, UABC, 65 pp.

Álvarez, P., A. Lara, J.C. Aguilar, R. Rosado, F. Rosete, S. Díaz, y G. Enríquez. 2008. Proceso de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe. SEMARNAT, INE, PEMEX, CFE. Puebla.

Andrade-Hernández, M., G.M. Abril, y A. Hernández-Yañez. 1999. Guía de Análisis de Impactos y sus Fuentes en Áreas Naturales. The Nature Conservancy. México. 43p

Arredondo, C. 2006. Modelo multiescalar de indicadores como herramienta para la planificación ambiental en la región del Golfo de California, Universidad Autónoma de Baja California, Ensenada. Tesis. 208 p.

Belfiore, S., M. Balgos, B. McLean, J. Galofre, M. Blaydes, D. Tesch. 2003. A Reference Guide on the Use of Indicators for Integrated Coastal Management. IOC Manuals and Guides 45. Paris. 138 p.

Boissonnas, J., N. Connolly, F. Mantoura, y L. D'Ozouville. 2002. Integrating Marine Science in Europe. European Science Foundation. Marine Board. 148 pp.

Bravo-Peña, L.C. 1998. Disminución antropogénica de la capacidad de limpieza en un ecosistema costero: el caso de Bahía del Tobarí, Sonora, Universidad Autónoma de Baja California, Ensenada.

Bringas, N. et al., 2002. Ordenamiento el esto de Baja California. Informe final. Decretado en diario oficial.

Caso, M., I. Pisanty, y E. Ezcurra. (eds.). 2003. Diagnóstico ambiental del Golfo de México., México. Vol.2. 472 pp.

Castillo-Campos, G. y A.C. Travieso-Bello. 2006. La Flora. En: Moreno-Casasola (ed). Entornos Veracruzanos: La costa de la Mancha. Instituto de Ecología A.C., Xalapa, Ver., México. 576 pp.

Cejudo-Espinosa, E., A. C. Ramos-Valdivia, F. Esparza-García, P. Moreno-Casasola, and R. Rodriguez-Vazquez. 2008. Short-Term Accumulation of Atrazine by Three Plants from a Wetland Model System. Archives of Environmental Contamination and Toxicology 56:201-208.

Cejudo, E. 2006. Acumulación de Atrazina en Especies Vegetales de un Humedal del Municipio de Actopan, Veracruz. Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, Ciudad de México, México.

CEMA, INECOL, SEMARNAT, & CEDARPA. 2005. Saneamiento, Rehabilitación y Manejo de la Laguna de la Mancha, Mpio. de Actopan, Ver., Xalapa, México.34 pp.

Cicin-Sain, B., y R.W. Knecht. 1998. Integrated Coastal and Ocean Management. Concepts and Practices. Island Press, Washington, D.C., 517 p.

CONAP, CONABIO, The Nature Conservancy, Pronatura. 2005. Taller para la determinación de sitios prioritarios oceánicos y costeros para la conservación. Memoria metodológica. 39 pp.

Consejo Nacional de Población. 1993. Indicadores socioeconómicos e índices de marginación municipal 1990. CONAPO. México. 304 pp.

Contreras-Espinosa, F., N. E. Rivera-Guzmán, and R. Segura-Aguilar. 2005. Nutrientes y productividad primaria fitoplanctónica en una laguna costera tropical intermitente (La Mancha, Ver.) del Golfo de México Nutrients and primary productivity on intermittent tropical coastal lagoon (La Mancha, Ver) Gulf of México. Hidrobiológica 15:299-310.

Dulzaides M.E., y A.M. Molina. 2004. Análisis documental y de información: dos componentes de un mismo proceso. Acimed: revista cubana de los profesionales de la información y la comunicación en salud. 12(2). 5 pp.

EEA−European Environment Agency. 2003. Environmental Indicators: Typology and Use in Reporting. EEA, Copenhagen, 20 pp.

Escofet, A. 2004. Aproximación conceptual y operativa para el análisis de la zona costera de México: un enfoque sistémico paisajístico de multiescala, Universidad Autónoma de Baja California, Ensenada-México. Tesis. 260 pp.

Escofet, A. (en prensa) El Análisis Retrospectivo en Zona Costera: Una Oportunidad para la Interdisciplina y el Diagnóstico Ambiental Orientado al Manejo. In Volumen especial conmemorativo al XIV Congreso Nacional de Oceanografía.

Espejel I., C. León, J.L. Fermán, G. Bocco. F. Rosete, B. Graizbord, A. Castellanos, O. Arizpe, y G. Rodríguez. 2004. Planeación del uso del suelo en la región costera del Golfo de California y Pacifico Norte de México. En: Arriaga Rivera *et al* (eds.) El Manejo Costero en México. Epomex, Semarnat, CETyS, Univ. de Quintana Roo. 321-340 pp.

Espejel I., C. Leyva, A. Espinoza, R. Martínez, G. Arámburo, Hugo Riemann, Y. Cruz, S. Bullock y T. Mendoza. 2005. Estrategias metodológicas para el manejo de la zona costera: área de protección de flora y fauna, Valle de los Cirios, Baja California. En: Manejo costero de los municipios de México. INECOL.

Espejel, I., C Leyva, A. Espinoza, R. Martínez, G. Arámburo, H. Riemann, Y. Cruz, S. Bullock, y T. Mendoza. 2006. Estrategias metodológicas para el manejo de la costera: Área de Protección de Flora y fauna Valle de los Cirios. Manejo Integral de la Zona Costera; Un Enfoque Municipal. Gobierno del Estado de Veracruz e Instituto de Ecología. Xalapa, Veracruz.

Espejel, I., C. Arredondo, A. Espinosa-Tenorio, J.L. Fermán, A. García, y G. Montaño Moctezuma. 2008. Esquema de monitorización del desarrollo sustentable en la zona costera del noroeste de México. En: Azuz, I.A. (ed.). Infraestructura y Desarrollo Sustentable. Una visión centrada en la zona costera. Centro de Enseñanza Técnica y Superior CETYS-Universidad. 279p.

Ferman Almada J.L. 2007. Modelo de ordenamiento marino del Golfo de California. Tesis de doctorado UABC.

Ferreira JG, Andersson HC, Corner R, Groom S, Hawkins AJS, Hutson R, Lan D, Nauen C, Nobre AM, Smits J, Stigebrandt A, Telfer T, de Wit M, Yan X, Zhang XL, Zhu MY. 2005. SPEAR, Sustainable options for people, catchment and aquatic resources. IMAR—Institute of Marine Research, Portugal, 71 pp.

French, P.W., 1997. Coastal and Estuarine Management. Routledge . London. 251 p.

Friend, A. y Rapport, D. 1979. Towards a comprehensive framework for environment statistics: a stress-response approach. Ottawa, Canadá, Statistics Canada.

García-Gastelum, A. 1999. Integración del concepto de indicadores ambientales dentro el marco metodológico de la planificación ambiental: caso de estudio Valle de San Quintín, BC. Tesis de Maestría en Oceanografía Costera, Facultad de Ciencias Marinas, UABC, 72pp.

García-Gastelum, A. 2006. Modelo Regional de Vulnerabilidad Costera, Universidad Autónoma de Baja California, Ensenada-México.

García, G. 2006. El ambiente geomorfológico. En: Moreno-Casasola (ed.). Entornos Veracruzanos: la costa de la Mancha. Instituto de Ecología, A. C., Xalapa, Ver. México. pp. 127-137.

Geissert, D. 2006. El entorno físico. Procesos y cambios. En: Moreno-Casasola (ed.). Entornos Veracruzanos: la costa de la Mancha. Instituto de Ecología, A. C., Xalapa, Ver. México. pp. 115-126

Gold-Bouchot, G. 2004. Hidrocarburos en el sur del Golfo de México. In Diagnóstico ambiental del Golfo de México (eds M. Caso, I. Pisanty y E. Ezcurra), pp. 683-712.

Gómez, F. S., 1999. La Técnica de Análisis de Amenazas como instrumento de diagnóstico ambiental del estero El Salado, Puerto Vallarta Jalisco. Tesis profesional, Universidad de Guadalajara, Jalisco, México. 53 p.

Guevara, S., P. Moreno-Casasola, G. Castillo-Campos, C. Dorantes, F. González-García, G. Halffter, E. Isunza, A. Lot, R. Mendoza, K. Paradowska, A. Priego-Santander, G. Sánchez, and G. Vázquez-Hurtado. 2008. 30 años en el paisaje costero veracruzano. La Central Nucleoeléctrica Laguna Verde. Instituto de Ecología A. C., Xalapa, México.

Heink, U., y I. Kowarik. 2010. What are indicators? On the definition of indicators in ecology and environmental planning. Ecological Indicators. (10): 584–593.

Hernández-Trejo, H. 2009. Efecto de las Perturbaciones naturales y Antropogénicas en la estructura del Manglar de La Mancha, Veracruz, Instituto de Ecología, Xalapa. Tesis. 115 pp.

IMPRESS (working group 2.1. for the identification of pressures and assessment of impacts). 2003. Analysis of pressures and impacts. Guidance document No 3. Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC). Office for Official Publications of the European Communities,Luxembourg, 157 pp.

INECOL, CEMA, SEMARNAT, SEDERE, y SEDARPA. 2005. Proyecto de Restauración de la Laguna El Llano, Municipio de Actopan, Ver., Xalapa, México. 57 pp.

INE-SEMARNAP. 2000. Estrategia Ambiental para la Gestión Integrada de la Zona Costera de México. Propuesta, Primera edn., México. 40 pp.

INE-EPA. 1998. Indicadores Ambientales para la Región Fronteriza Norte [Documento en línea]. Disponible:

INE. 1997. Avances en el desarrollo de indicadores para la evaluación del desempeño ambiental en México. (Documento en línea). Disponible: http://www.semarnat.gob.mx/informacionambiental/snia/Documents/snia_2009/pdf/indicadores_2000.pdf (Consulta: 2010, Julio, 28)] (Consulta: 2010, Julio, 28).

INEGI-INE. 2000. Indicadores de Desarrollo Sustentable en México (Documento en línea). Disponible: http://www.semarnat.gob.mx/informacionambiental/snia/Documents/

snia_2009/pdf/indicadores_desarrollo_sustentable.pdf. (Consulta: 2010, Julio, 28).

Leyva-Aguilera, C., M. Angoa y A. Escofet. 1997. Definición de un contexto operativo para la aplicación de políticas de protección en el estero de Punta Banda (Baja California, México). Programa y memoria de resúmenes, III Congreso Nacional sobre Áreas Naturales Protegidas de México “Dr. Miguel Álvarez del Toro”, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. 12-14 de noviembre, 1997.74 p.

López-Portillo, J., P. Moreno-Casasola, V. Vásquez, y R. Monroy-Ibarra. 2004a. Sitio RAMSAR La Mancha-El Llano, Veracruz. Problemática actual. Instituto de Ecología, Xalapa-México. 7 pp.

López-Portillo, J., V. Vásquez, y R. Monroy-Ibarra. 2004b. Solicitud para determinación de zona federal marítimo terrestre en la Laguna de La Mancha: presentación de la problemática. Instituto de Ecología, Xalapa-México. 25 pp.

López-Rosas, H., P. Moreno-Casasola, y I. Mendelssohn. 2006. Effects of an african grass invasion on vegetation, soil and interstitial water characteristics in a tropical freshwater marsh in La Mancha, Veracruz (Mexico). Journal of Plant Interactions, 1, 187-195.

Marín M., Criado, J., Bravo, J. 2005. Experiencias destacadas sobre gestión ambiental participativa en humedales de las Américas. FUNGAP-Grupo Antigua, San José, Costa Rica. 98 pp.

Morales, H., G. Pérez, L. García-Leytón y J. Lartigue. 2005. Propuesta para el proyecto ejecutivo rescate de la Laguna El Llano, Villa Rica, Municipio de Actopan, Ver. Sociedad Cooperativa de Producción Pesquera “Tinajitas y El Viejón". 19 pp.

Moreno-Casasola, P. 2006a. Actores sociales y participación. En: P. Moreno-Casasola, E. Peresbarbosa y A.C. Travieso-Bello. Editores. Estrategias para el manejo integral de la zona costera: un enfoque municipal. Instituto de Ecología A.C. y Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, SEMARNAT. Xalapa, Ver., México. Vol. III: 1113-1130. ISBN 970-709-039-1

Moreno-Casasola, P.(ed). 2006b. Entornos veracruzanos: la Costa de La Mancha, primera edn. Instituto de Ecología, Xalapa-México. 547 pp.

Moreno-Casasola, P., G. Salinas, L. Amador, A. Juárez, H.H. Cruz, A.C. Travieso-Bello, L. Ruelas, R. Monroy, D.I. Mata, H. López-Rosas, L.A. Peralta, k. Paradowka, y A. Valencia. 2006a. El proyecto comunitario de conservación y producción. En *Entornos veracruzanos: la costa de La Mancha* (ed P. Moreno-Casasola), Instituto de Ecología, Xalapa-México. pp. 493-536.

Moreno-Casasola, P., G. Salinas, L.E. Amador Zaragoza, H.H. Cruz, A. Juárez Eusebio, L. Ruelas Monjardín, J.L. Landa, A.C. Travieso Bello, R. Monroy, K. Paradowska, H. López Rosas, D. Infante, L.A. Peralta. 2006b. Plan de Manejo Comunitario La Mancha- El Llano. En busca de un desarrollo costero sustentable En: P. Moreno-Casasola, E. Peresbarbosa y A.C. Travieso-Bello. Editores. Estrategias para el manejo integral de la zona costera: un enfoque municipal. Instituto de Ecología A.C. y Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, SEMARNAT. Xalapa, Ver., México. Vol. III: 1179-1206.

Moreno-Casasola, P. 2004. Plan de Manejo Comunitario de La Mancha- El Llano: hacia un ambiente sustentable. En: El Manejo Costero en México. Rivera-Arriaga et al. (eds.). Universidad Autónoma de Campeche. 654p.

Moreno-Casasola, P. B. Gea González, G. Salinas y A. Juárez. 2003. Un modelo participativo para el manejo y conservación de los recursos: espacios de acción para la mujer de zonas rurales. En: Género y Medio Ambiente en México, Centroamérica y Caribe. Tuñón Pablos, E. (Coord.). ECOSUR-SEMARNAT-Plaza y Valdés Editores. México D.F. 77-294.

Nobre, A.M. 2009. An Ecological and Economic Assessment Methodology for Coastal Ecosystem Management. Environmental Management, 44:185–204.

OECD−Organisation for Economic Co-Operation Development. 2003. Core Environmental Indicators. Development Measurement and Use. OECD, Paris, 37 pp.

OCDE (Organization for Economic Co-operation and Development). 1993. OECD core set of indicators for environmental performance reviews. Environment monographs.

Olsen, S. 2003. Framework and Indicators for Assessing Progress in Integrated Coastal Management Initiatives. Ocean and Coastal Management 46: 347-361.

Oñate, J., D. Pereira, F. Suárez, J.J. Rodríguez y J. Cachón. 2002. Evaluación Ambiental Estratégica: La evaluación ambiental de políticas, planes y programas, Madrid, Barcelona, México, Mundi-Prensa. 383 pp.

Ortíz-Lozano, L.D. 2000. Problemática Ambiental, Actores y Conflictos de Uso en Barra del Tordo, Tamaulipas, Colegio de la Frontera Norte, Ensenada, México. Tesis. 72 pp.

Ortíz-Lozano, L.D. 2006. Análisis crítico de las zonas de regulación y planeación en el Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano, Universidad Autónoma de Baja California, Ensenada-Baja California. Tesis. 187 pp.

Owens, S. y P.L. Owens. 1991. Environment, Resources and Conservation. Cambridge University Press, Londres. 112 pp.

Paradowska, K. 2006. El Poblamiento y el Territorio. In *Entornos Veracruzanos: La Costa de La Mancha* (ed P. Moreno-Casasola), pp. 35-64. Instituto de Ecología, Xalapa-México. 576 pp.

Parissi, M.A. 1990. Análisis de coliformes fecales en dos lagunas costeras del estado de Veracruz, por medio de la técnica de filtro de membrana. Universidad Veracruzana., Xalapa-México.

Peralta-Peláez, L.A. 2007. Diseño de un índice de integridad biótica para los lagos interdunarios de la región costera central del estado de Veracruz, México, Instituto de Ecología, A.C., Xalapa, México. Tesis. 130 pp.

Peralta-Peláez, L.A., C. Deloya y P. Moreno-Casasola. 2007. Insectos acuáticos asociados a los lagos interdunarios de la región central del Estado de Veracruz, México. Neotropical Entomology 36 (3):342-345.

Peters, D., J. Yao, L. Huenneke, R. Gibbens, K. Havstad, J. Herrick, A. Rango, y W. Schlesinger. 2006. A framework and methods for simplifying complex landscape to reduce uncertainty in predictions. En: Scaling and uncertainty analysis in ecology. 131-146 pp.

Peterson, Ch. H. y J. Lubchenko. 1997. Marine ecosystem services. p. 177-194. *In:* G.C. Daily, Nature´s Services. Societal dependence on natural ecosystems. Island Press, N York. 392 pp.

Pinkerton, E., 1991. Locally based water quality planning: contributions to fish habitat protection. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 48: 326-333.

Psuty, N., M.L. Martínez, J. López-Portillo, T. Silveira, J. García-Franco, y N. Rodríguez. 2009. Interaction of alongshore sediment transport and habitat conditions at Laguna La Mancha, Veracruz, Mexico. Journal of Coastal Conservation, 13, 77-87.

Ramos-Rosas. 2010. Evaluación de la Contaminación por Metales Pesados en el Hábitat de la Nutria Neotropical (*Lontra longicaudis annectens*), en dos lagunas y ríos de los Municipios del Alvarado y Actopan, Veracruz. Tesis. INECOL. 105 pp.

Rivera-Arriaga E, I. Espejel. 2006. Propuesta de Ordenamiento costero de Campeche. Manuscrito. EPOMEX.

Rivera-Arriaga E., G.J. Villalobos, I. Azuz Adeath y F. Rosado May (Eds). 2004. El Manejo Costero en México. EPOMEX, CETyS, UQROO y SEMARNAT. 654 pp.

Rivera-Guzmán, N. 2008. Variación Espacio Temporal de los Parámetros Fisicoquímicos, Biológicos y de la Distribución de los Pastos Marinos en la Laguna de la Mancha, Instituto de Ecología, Xalapa, Veracruz. 90 pp.

Rodríguez, P.C. 1994. Evaluación de metales en sedimentos, agua y biota de las lagunas Salada, el Llano y la Mancha, Veracruz, México, UNAM, México. 99 pp.

Rodríguez-Perafán, C.A. 2006. Análisis retrospectivo del impacto ambiental en recintos portuarios: el caso de los puertos marítimos de Ensenada y Sauzal de Rodríguez, B.C., México, Colegio de la Frontera Norte, Tijuana. Tesis. 82 pp.

Romero-Novales, J. 2008. Evaluación de la gestión asociada a la rehabilitación de cuerpos de agua costeros por medio de un Sistema de Bombeo por Energía de Oleaje (SIBEO)". Tesis. Universidad Autónoma de Baja California. 60 pp.

Ruelas-Monjardin, L.C. 2006. Resolución de conflictos a través de la planeación colaborativa: Manejo del agua en la costa central de Veracruz. E*n:* P. Moreno-Casasola, E. Peresbarbosa y A.C. Travieso-Bello, Editoras. Estrategias para el manejo costero integral: El enfoque municipal. Instituto de Ecología A.C. y Comisión Nacional de Áreas Protegidas. Pp.1131-1156.

Ruelas-Monjardín, L., J. Ham, R. Vega, A. Martínez, and B. Barradas. 2005. Acciones para el manejo y conservación de un cuerpo de agua estatal en peligro de extinción: El caso de la laguna Farallón, Actopan, Ver. Pages 8 *in* 1er Congreso Internacional de Casos Exitosos de Desarrollo Sostenible del Trópico, Boca del Río, Veracruz, México.

SEMARNAT-EPA. 2006. Frontera 2012: Programa ambiental México- Estados Unidos. Reporte de Indicadores 2005. [Documento en línea]. Disponible: http://www.semarnat.gob.mx/informacionambiental/snia/Documents/snia_2009/pdf/Reporte_indicadores_frontera.pdf (Consulta: 2010, Julio, 28).

Seingier, G., I. Espejel, y J.L. Fermán (2009). Cobertura vegetal y marginación en la costa mexicana. Investigación ambiental. Ciencia y política pública. 1(1): 54-59

SEMARNAT. 2000. Indicadores para la evaluación del desempeño ambiental Reporte 2000. [Documento en línea]. Disponible: http://www.semarnat.gob.mx/informacionambiental/snia/Documents/snia_2009/pdf/indicadores_2000.pdf (Consulta: 2010, Julio, 28).

Sorensen J.C., S. McCreary y A. Brandani. 1992. “Arreglos Institucionales para Manejar Ambientes y Recursos Costeros”, Agencia de Desarrollo Internacional de Estados Unidos, centro internacional de recursos costeros, universidad de Rhode Island, Primera edición castellana, 185pp.

Toledo, V. 1997. Sustainable development at the village community level: a third world perspective. p. 233-250. *In:* F. Smith (Ed.). Environmental Sustainability. Practical global implications. St. Lucie Press, Boca Raton, Fla. 287 p.

Travieso-Bello, A.C. y A. Campos. 2006. Los Componentes del Paisaje. In *Entornos Veracruzanos: La Costa de la Mancha* (ed P. Moreno-Casasola), pp. 139-150. Instituto de Ecología, Xalapa-México.

Travieso-Bello, A.C., R. Gómez, y P. Moreno-Casasola. 2006. Los cultivos, los pastizales y los acahuales. In Entornos veracruzanos*: la costa de La Mancha* (ed P. Moreno-Casasola), pp. 261-271. Instituto de Ecología, Xalapa-México.

Travieso-Bello, A. C., P. Moreno-Casasola, and A. Campos. 2005. Efecto de diferentes manejos pecuarios sobre el suelo y la vegetación en humedales transformados a pastizales. Interciencia 30:12-18.

Villalobos, A., R. De La Parra, B. Galván y O. Cacho y M. Izaguirre. 1984. Estudio hidrobiológico de la Laguna La Mancha, Municipio de Actopan, Veracruz. 1979-1980. Cuadernos de Divulgación. INIREB. 9-43 pp.

Vázques-Botello, A., G.P. Vélez, y G. Díaz-González. 1993. Hidrocarburos Aromáticos Policiclicos (PAH´s) en Áreas Costeras del Golfo de México. Hidrobiológica, 3, 14.

Vázquez-Botello, A., L.G. Calva, y G. Ponce. 2001 Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Sediments from Coastal Lagoons of Veracruz State, Gulf of Mexico. Bull. Environ. Contam. Toxicol., 67, 889-897.

Vázquez-Botello, A., S. Villanueva-Fragoso, y L. Rosales-Hoz. 2004. Metals distribution and contamination in the Gulf of México. In Environmental Analysis of the Gulf of México (eds M. Caso, I. Pinsati & E. Ezcurra).

World Bank. 2003. Indicators of Environment and Sustainable Development: Theories and Practical Experience. Environmental Economics Series Paper 89. Washington, D.C.: World Bank.