

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA**

FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS  
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES OCEANOLÓGICAS  
POSGRADO EN OCEANOGRAFÍA COSTERA



**ANÁLISIS CRÍTICO DE LAS ZONAS DE REGULACIÓN Y  
PLANEACIÓN EN EL PARQUE NACIONAL SISTEMA  
ARRECIFAL VERACRUZANO.**

TESIS

QUE PARA CUBRIR PARCIALMENTE LOS REQUISITOS NECESARIOS  
PARA OBTENER EL GRADO DE

**DOCTOR EN CIENCIAS EN OCEANOGRAFIA COSTERA**

PRESENTA

**LEONARDO DAGOBERTO ORTIZ LOZANO**

Ensenada, Baja California, México. Septiembre de 2006

## RESUMEN

El Objetivo general de esta tesis fue el de proponer un sistema de indicadores de Presión y Estado que contribuyan al manejo del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano (PNSAV) y que estuvieran basados en el análisis de las zonas de regulación y planeación del parque. Para ello se analizaron las zonas terrestres y marinas relacionadas funcionalmente con al área protegida desde diferentes escalas (macro, meso y local), identificándose una gran heterogeneidad tanto ambiental como administrativa. En la macroescala, el PNSAV representa un sistema de importancia capital para los arrecifes coralinos del Golfo de México, y está dominado por una marcada temporalidad en los procesos oceanográficos que han sido determinantes para la presencia y permanencia del sistema arrecifal, a la vez que la porción terrestre que influye sobre el área protegida es compleja y heterogénea. En la mesoescala, se aplicó el esquema de franjas paralelas a la línea de costa, lo cual permitió observar una gran heterogeneidad ambiental y administrativa en sus componentes marinos y terrestres. En la escala local, mediante la evaluación de los límites administrativos del PNSAV, se identificó al límite oeste, colindante con el continente, como el más complejo, siendo el principal punto de entrada de externalidades al interior del parque. Asimismo, las rutas de tráfico marítimo de entrada y salida del Puerto de Veracruz representan un límite crítico para el manejo del área. Bajo esta escala, se analizó la heterogeneidad ambiental interna del PNSAV con base en atributos físicos, identificándose tres subsistemas, ocho paisajes y 14 unidades ambientales. Se identificó la problemática ambiental del PNSAV y las fuentes que la originan, encontrándose 17 problemas netamente ambientales y cuatro con repercusiones sociales directas, siendo las unidades ambientales más cercanas a la costa las que presentan un mayor número de problemas. Se detectaron 77 fuentes internas y externas al PNSAV asociadas con su problemática ambiental, donde la mayoría son de origen humano. Con base en estas fuentes, se establece la presencia de una zona de planeación aledaña al PNSAV y una zona de planeación lejana, asociada con impactos ambientales generados en las cuencas hidrológicas de influencia sobre el PNSAV y con la porción marina del Golfo de México. La problemática ambiental y sus fuentes fueron equiparadas con el esquema de Indicadores de Presión y Estado. Bajo este esquema, la problemática del PNSAV es equivalente al Estado, mientras que las fuentes de la problemática se insertan como parte de la Presión. Por su parte, la zona de planeación es asociable con los indicadores de Presión y la de regulación con los de Estado. Se identificaron 17 indicadores de Estado/Impacto, relacionados con 25 indicadores de Presión, lo cual se constituye como el primer sistema de indicadores que puede ser empelado para medir variaciones tanto en el estado del PNSAV como en la presión que existe sobre el mismo.

FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS  
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES OCEANOLÓGICAS  
POSGRADO EN OCEANOGRAFIA COSTERA

**ANÁLISIS CRÍTICO DE LAS ZONAS DE REGULACIÓN Y PLANEACIÓN EN  
EL PARQUE NACIONAL SISTEMA ARRECIFAL VERACRUZANO.**

TESIS

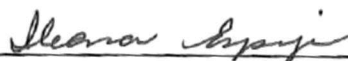
QUE PARA CUBRIR PARCIALMENTE LOS REQUISITOS NECESARIOS  
PARA OBTENER EL GRADO DE

**DOCTOR EN CIENCIAS EN OCEANOGRAFIA COSTERA**

PRESENTA

**LEONARDO DAGOBERTO ORTIZ LOZANO**

Aprobada por:



Dr. Martha Ileana Espejel Carbajal  
Presidente del jurado  
Directora de Tesis



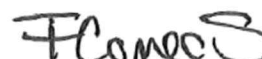
Dr. Alejandro Granados Barba  
Co-director



Dra. Anamaria Escofet Giansone  
Sinodal



Dra. Gabriela Montaña Moctezuma  
Sinodal



Dr. Francisco Correa Sandoval  
Sinodal

DEDICATORIA

A Nina Lozano Montemayor,  
siempre presente en mi memoria  
y mi corazón.

A Ana Lilia  
Incansable y comprensiva compañera en mi vida, por todo lo que hemos  
compartido y sin quien nunca podría haber sido tan dichoso.

A mis hijos Mariana y Emiliano  
Por ser el mejor incentivo para seguir siempre adelante.

A las tierras y aguas de Veracruz.

*"Y corriendo la costa adelante, vimos una isleta que bañaba el mar Y tenía la arena blanca y estaba, al parecer, obra de tres leguas de tierra; y pusímosle nombre isla Blanca, y así está en las cartas de marear. "*

*"Y no muy lejos de esta isleta blanca vimos otra isla que tenía muchos árboles verdes y estaba de la costa cuatro leguas, y pusímosle por nombre isla Verde. "*

*"Y yendo más adelante vimos otra isla algo mayor que las demás, y estaría de tierra obra de legua y media, y allí enfrente de ella había buen surgidero. Y mandó el general que surgiésemos. "*

*"Y echados los bateles en el agua, fue Juan de Grijalva, con muchos de nosotros los soldados, a ver la isleta, porque había humos en ella, y hallamos dos casas hechas de cal y canto, bien labradas, y en cada casa unas gradas, por donde subían a unos como altares, y en aquellos altares tenían unos ídolos de malas figuras, que eran sus dioses. "*

*"Y allí hallamos sacrificados de aquella noche cinco indios, y estaban abiertos por los pechos y cortados los brazos y los muslos, y las paredes de las casas llenas de sangre. De todo lo cual nos admiramos en gran manera, y pusimos nombre a esta isleta de Sacrificios, y así está en las cartas de marear. "*

*"Y allí enfrente de aquella isla saltamos todos en tierra y en unos arenales grandes que allí hay, adonde hicimos ranchos y chozas con rama y con las velas de los navíos, habían venido y allegándose en aquella costa muchos indios que traían a rescatar oro hecho piecezuelas, como en el río de Banderas. Y según después supimos, lo mandó el gran Montezuma que viniesen con ello, y los indios que lo traían estaban temerosos, y era muy poco; por manera que luego el capitán mandó que los navíos alzasen anclas y diesen velas y fuésemos a surgir enfrente de otra isleta que estaba obra de media legua de tierra. Y esta isleta es donde ahora es el puerto de la Veracruz"*

----

*"Y respondió el indio Francisco que los de Cuba los mandaban sacrificar: y como era torpe de lengua, decía: Ullúa, Ullúa, y como nuestro capitán estaba presente y se llamaba Juan, y era por San Juan de junio, pusimos por nombre a aquella isleta San Juan de Ullúa; y este puerto es ahora muy nombrado y están hechos en él grandes mamparos para que estén seguros los navíos para mar del norte, y allí vienen a desembarcar las mercadertías de Castilla, para México y Nueva España."*

Bernal Díaz Del Castillo  
Historia Verdadera de la Conquista  
de la Nueva España  
1568

## AGRADECIMIENTOS

Resulta difícil conjuntar en esta sección a las personas e instituciones que de una u otra forma colaboraron en la generación de este trabajo. De antemano ofrezco una disculpa en caso de omitir a alguna, pero queda garantizado mi agradecimiento para todas ellas.

En primera instancia quiero agradecer a la Dra. Ileana Espejel, directora de esta tesis, por su apoyo académico y logístico durante el desarrollo de esta investigación y a lo largo de mi formación en el área de manejo costero. Además, por su invaluable e incondicional amistad y hospitalidad sin las cuales hubiera sido imposible llevar a término mis objetivos personales.

Al Dr. Alejandro Granados Barba, por la codirección de esta tesis y por su valiosa guía y compromiso a lo largo de mi vida profesional. Asimismo por el gran apoyo como amigo y colega que han sido determinantes para alcanzar mis metas y logros personales y profesionales.

A la Dra. Anamaría Escofet, por ser parte fundamental en el desarrollo de esta tesis, pero principalmente por compartir conmigo sus ideas y enfoques para abordar el estudio de las costas. No tengo forma de agradecer su apoyo, hospitalidad y amistad a lo largo de estos años.

A la Dra. Gabriela Montaña por su ayuda y consejo académico para la elaboración y revisión de este trabajo de tesis y por su disposición para auxiliarme y orientarme en todo momento.

Al Dr. Francisco Correa por su tutoría y apoyo académico que fueron de gran valor para este trabajo, sin contar las múltiples ideas aportadas a lo largo de mi permanencia en el programa de doctorado.

A la M. en C. Ana Lilia Gutiérrez Velázquez por el apoyo académico y técnico brindado en la elaboración de esta tesis.

Al personal del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano, en especial a la directora Biól. Elvira Carvajal y al subdirector Antonio Machado, por el apoyo proporcionado al desarrollo de este proyecto.

A la Tercera Zona Naval de la Secretaría de Marina Armada de México, en particular al Cap. Jorge Juárez Sarvide por su asesoría y disposición a cooperar con los objetivos de esta tesis y por facilitarme información y fotografías para analizar la problemática ambiental. Al Museo Naval de la Secretaría de Marina por facilitar material gráfico útil para esta tesis. Asimismo a la Teniente de Fragata SSN Q.F.B. Citlali Rodríguez Gómez,

Administradora del Parque Arrecifal Veracruzano por las facilidades y la información proporcionadas.

Al Gobierno del Estado de Veracruz, principalmente a Claudio Torres Nachón, Presidente del Consejo Estatal de Protección al Ambiente, por su hospitalidad y por el apoyo proporcionado.

Al personal del Acuario de Veracruz, principalmente a Manuel Rodríguez, Miguel Román y Raúl de Jesús González Díaz Mirón por los datos proporcionados.

A la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, especialmente al Biól. Jorge Carranza, al Biól. Gerardo Ríos y a César Silva por su amistad y asesoría técnica en el manejo de datos cartográficos.

A la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) por proporcionar información cartográfica para el desarrollo de esta investigación, especialmente a la Dra. Patricia Koleff por su apoyo y amistad.

Al Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, en especial a la Dra. Perla Alonso por su amistad y por abrirme las puertas de su institución para obtener información necesaria para este trabajo y al M. en C. Fernando Oropeza Rosales por los datos proporcionados.

A Alejandro Velarde-Subdelegado de Pesca CONAPESCA, Dariana Castellanos- Jefa del Departamento de Ecología del Ayuntamiento de Veracruz, Javier Tovar- Subgerente de Desarrollo de la Administración Portuaria Integral de Veracruz y Juan Carlos Zamorano-Director General de Pesca y Agrosistemas SAGARPA y a los pescadores de Antón Lizardo. Todos ellos por aceptar fungir como informantes clave dentro de esta investigación.

A la Unidad de Investigación de Ecología de Pesquerías de la Universidad Veracruzana por su hospitalidad y apoyo. Particularmente quiero agradecer al Dr. Virgilio Arenas por facilitar el desarrollo de esta tesis y por su hospitalidad; a la Dra. Patricia Arceo por ser copartícipe en el estudio de los aspectos socioeconómicos de esta investigación; al Dr. Luís Gerardo Abarca por ayudar en la discusión y análisis de múltiples ideas de este trabajo; Al M. en C. Juan Manuel Vargas por su apoyo y por compartir su experiencia e información sobre el Sistema Arrecifal Veracruzano; al Dr. Yuri Borisovich por la información proporcionada sobre plancton; al Dr. Horacio Pérez España por sus comentarios; al Dr. José de Jesús Salas por las aportaciones hechas a este trabajo en el análisis de corrientes y batimetría; a la Dra. Lourdes Jiménez por su apoyo; a Miguel Lozano por el apoyo técnico; y al Lic. Ricardo Andrade, a Josué Mauro Munguía, Belén Vera y Cristina Flores por su apoyo logístico.

Al Dr. Javier Aldeco por su su ayuda en el análisis de las condiciones oceanográficas de la zona de estudio. A Lucía Hernández por la información aportada para el desarrollo del modelo de límites. Al Dr. Alejandro Monti por su apoyo intelectual para abordar este

trabajo. Al M. en C. Luís Carlos Bravo, por compartir ideas sobre la metodología empleada en este estudio.

Al Biól. Marco Antonio Jiménez Hernández por el apoyo técnico brindado y por su amistad. A la Biól. Adriana de Velasco por el apoyo técnico. Al Biól Julio Díaz por hospitalidad y amistad. A Agaricia Pananá por la información proporcionada.

A Claudia Leyva de la Facultad de Ciencias de la UABC y a Marina Mondragón del CICESE por su apoyo en todo momento y por su valiosa amistad. Asimismo al personal y estudiantes de la Facultad de Ciencias de la UABC, por su apoyo técnico.

También estoy en deuda con la Facultad de Ciencias Marinas y el IIO de la UABC y con el Posgrado en Oceanografía Costera, especialmente con el Dr. Roberto Millán, director de la facultad, la Dra. Irma Soria, Coordinadora de Posgrado e Investigación, Dr. Eduardo Santamaría, Coordinador de Doctorado y Maestría y con la C. Angélica Arce, Secretaria del Posgrado. Todos ellos de alguna u otra forma con su apoyo, hospitalidad y comprensión han sido pieza clave durante mi estancia en esta institución.

A la Dra Vivianne Solís W., del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología por su valioso apoyo y amistad durante este trabajo y a lo largo de mi formación personal y profesional.

Especialmente deseo agradecer al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, por apoyar mi formación profesional por medio de becas de estudio tanto en Maestría como en Doctorado.

Al proyecto FOSEMARNAT 2004-01-181 y proyecto INE de Regionalización de los Mares mexicanos por brindar los recursos necesarios para llevar a cabo esta investigación.

En lo personal, mi mas sincero agradecimiento a mi padre Jorge Ortiz Franco por ser una guía y un ejemplo en mi vida. A mi sobrina Adhara Ávila por seguir siendo como es. A mi hermana Nina Ortiz por su apoyo y amistad y a Laura Ortiz por su paciencia. A Alberto Gutiérrez y Mireya Martínez por su invaluable amistad. A Irma Velázquez por su amistad, apoyo y comprensión. A Ernesto Vázquez por su eterna amistad.

A los colegas de la Facultad de Ciencias Marinas de la UABC, de la generación de Maestría en Oceanografía Costera 2003-2005, principalmente a Juan Carlos Solís, Elizabeth, Rosario, Abraham, Alejandra, Diego y todos los demás, a todos ellos agradezco su hospitalidad y amistad.

## ÍNDICE GENERAL

<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>2. OBJETIVOS .....</b>	<b>6</b>
Objetivo General .....	6
Objetivos particulares.....	6
<b>3. MARCO CONCEPTUAL .....</b>	<b>7</b>
Sistemas complejos .....	7
Ecología del paisaje, heterogeneidad y límites administrativos.....	7
Áreas Naturales Protegidas.....	9
<b>4. METODOLOGÍA.....</b>	<b>12</b>
Objetivo 1. Contextualizar espacialmente el espacio de interés conocido como Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano (PNSAV) .....	14
Macroescala.....	15
Mesoescala .....	18
Zona de Planeación y Zona de Regulación. ....	18
Franjas paralelas a la línea de costa.....	20
Escala local.....	22
Principios de Heterogeneidad espacial.....	23
Modelo de límites.....	24
Objetivo 2. Profundizar el análisis de la problemática ambiental del PNSAV, identificada en la propuesta de Programa de Manejo, en términos de redes causales, haciendo énfasis en la vertiente continental. ....	27
Valoración de unidades .....	29
Identificación de la problemática ambiental.....	33
Objetivo 3. Organizar los resultados de los objetivos anteriores con base en el esquema de Presión-Estado-Respuesta. ....	35
Objetivo 4. Seleccionar indicadores de Presión, Estado y Respuesta que permitan evaluar las acciones de manejo en el PNSAV.....	36
<b>5. RESULTADOS .....</b>	<b>39</b>
5.1 Enfoque a Macroescala.....	39
5.1.1 La Gran Cuenca del Golfo de México.....	39
5.1.1.1 Cuencas hidrológicas.....	40
5.1.1.2 Geología .....	42
5.1.1.3 Hidrología.....	44
5.1.1.4 Productividad primaria y aspectos biológicos.....	50
5.1.1.5 Patrones biogeográficos .....	54
5.1.1.6 Socioeconomía del Golfo .....	57

5.1.1.6.1 Puertos .....	58
5.1.1.6.2 Pesquerías .....	59
5.1.1.6.3 Ciudades costeras .....	60
5.1.1.6 Áreas Naturales Protegidas (ANP).....	61
5.1.2 Valoración Regional del PNSAV.....	61
5.2 Enfoque a mesoescala.....	63
5.2.1. Zona de Regulación.....	63
5.2.2 Zona de Planeación .....	68
5.2.2.1 El caso del Puerto de Veracruz.....	76
5.2.3. Franjas paralelas a la línea de costa: rasgos físicos del territorio.....	78
5.2.3.1. Territorio emergido .....	78
5.2.3.2 La transición entre el territorio emergido y el territorio sumergido.....	83
5.2.3.3 Territorio sumergido.....	86
5.2.4. Franjas paralelas a la línea de costa: límites antropogénicos .....	89
5.2.4.1 Territorio emergido .....	91
5.2.4.2 La transición entre el territorio emergido y el territorio sumergido.....	95
5.2.4.3 El Territorio sumergido .....	96
5.3 Enfoque a escala local .....	96
5.3.1 Heterogeneidad ambiental del PNSAV.....	96
5.3.2 Evaluación de los límites administrativos.....	99
5.3.2.1 Colindancia con las rutas de navegación.....	108
5.4 Problemática ambiental del PNSAV .....	111
5.4.1 Valoración de unidades ambientales. ....	111
5.4.2. Impactos y sus fuentes.....	112
5.4.3. Definición de la zona de influencia del PNSAV a partir de la problemática ambiental y sus fuentes.....	119
5.5 Equiparación de los resultados con el esquema de Presión Estado Respuesta .....	121
5.6 Selección de indicadores de Estado y Presión.....	122
5.6.1 Indicadores de Estado/Impacto.....	122
5.6.2 Indicadores de Presión.....	125
5.6.3 Relación de Indicadores bajo el esquema Presión Estado Respuesta .....	127
<b>6. APORTACIONES AL MANEJO DEL PNSAV .....</b>	<b>129</b>
6.1 Contextualización espacial.....	129
6.2 Valoración de Unidades .....	134
6.3 Valor integrado para el manejo .....	136
6.3.1 Priorización de impactos .....	136
6.3.2 Complejidad de manejo.....	137
6.4 Actores sociales.....	140
<b>7. DISCUSIONES .....</b>	<b>142</b>
Objetivo 1. Contextualización espacial .....	144
Objetivo 2. Análisis de la problemática ambiental del PNSAV.....	148

Objetivos 3 y 4. Equiparación con el esquema Presión Estado Respuesta y Selección de Indicadores.....	151
<b>8. CONCLUSIONES.....</b>	<b>154</b>
<b>9. LITERATURA CITADA .....</b>	<b>157</b>
<b>ANEXO 1 .....</b>	<b>174</b>
<b>ANEXO 2.....</b>	<b>175</b>
<b>ANEXO 3.....</b>	<b>177</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. MAPA METODOLÓGICO DE ESTA TESIS.....	14
TABLA 2 VALORACIÓN REGIONAL DEL PNSAV.....	62
TABLA 3. ATRIBUCIONES DE LAS SECRETARÍAS FEDERALES QUE TIENEN JURISDICCIÓN SOBRE EL PARQUE NACIONAL SISTEMA ARRECIFAL VERACRUZANO .....	67
TABLA 4. RUTAS DE SERVICIOS DIRECTOS DE CONTENEDORES EN PUERTOS DEL GOLFO DE MÉXICO.....	77
TABLA 5. DEPENDENCIAS FEDERALES CON INJERENCIA EN LA ZONA COSTERA .....	94
TABLA 6. CARACTERÍSTICAS QUE DEFINEN LOS PAISAJES DEL PNSAV DENTRO DEL PROCESO DE REGIONALIZACIÓN.....	97
TABLA 7. NÚMERO DE SEGMENTOS POR COMPONENTE GEOGRÁFICO DEL LÍMITE ADMINISTRATIVO, BAJO LOS CASOS DE HETEROGENEIDAD. ....	101
TABLA 8. RELACIÓN DE BUQUES QUE HAN SUFRIDO ACCIDENTES MARÍTIMOS DE GRANDES CONSECUENCIAS EN EL PUERTO DE VERACRUZ, A PARTIR DEL AÑO 1990.....	108
TABLA 9. VALORACIÓN DE ATRIBUTOS POR UNIDAD AMBIENTAL.....	111
TABLA 10. PROBLEMAS AMBIENTALES IDENTIFICADOS PARA EL ÁREA DE ESTUDIO.....	113
TABLA 11. NÚMERO Y TIPO DE PROBLEMAS AMBIENTALES POR UNIDAD .....	114
TABLA 12. ORIGEN Y TIPOS DE FUENTES POR PROBLEMA .....	117
TABLA 13. FUENTES GENERADORAS DE MÁS DE UN PROBLEMA AMBIENTAL.....	118
TABLA 14. UBICACIÓN DE LAS FUENTES ANTROPOGÉNICAS EXTERNAS RELACIONADAS CON LA PROBLEMÁTICA AMBIENTAL DEL PNSAV .....	120
TABLA 15. RELACIÓN DE LOS ATRIBUTOS DE VALORACIÓN DEL PNSAV CON EL ESQUEMA DE INDICADORES DE PRESIÓN ESTADO RESPUESTA DE LA OCDE.....	121
TABLA 16. INDICADORES MACRO PARA EL PNSAV .....	122
TABLA 17. INDICADORES DE ESTADO/IMPACTO PARA EL PNSAV .....	123
TABLA 17. INDICADORES DE ESTADO/IMPACTO PARA EL PNSAV (CONTINUACIÓN) .....	124
TABLA 18. INDICADORES INTERNOS (LOCALES) DE PRESIÓN .....	125
TABLA 19. INDICADORES DE PRESIÓN ALEDAÑA .....	126
TABLA 20. INDICADORES DE PRESIÓN LEJANA.....	127
TABLA 21. PRIORIZACIÓN DE IMPACTOS: VALOR INTEGRADO PARA EL MANEJO POR PROBLEMA.....	138
TABLA 22. ACTORES SOCIALES RELACIONADOS CON EL PNSAV.....	141

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. UBICACIÓN DEL PARQUE NACIONAL SISTEMA ARRECIFAL VERACRUZANO .....	2
FIGURA 2. DIAGRAMA GENERAL DEL ENFOQUE METODOLÓGICO PARA EL MANEJO INTEGRADO DE LA ZONA COSTERA .....	13
FIGURA 3. ECOTONOS DE LA ZONA COSTERA SEGÚN RAY Y HAYDEN, 1992.....	21
FIGURA 4. MODELO DE LÍMITES. ....	25
FIGURA 5. A LO LARGO DE LOS LÍMITES DE UN ÁREA PROTEGIDA PUEDEN PRESENTARSE POR LO MENOS TRES SITUACIONES:.....	27
FIGURA 6. DIAGRAMA DE SITUACIÓN. (MODIFICADO DE ANDRADE, <i>ET AL.</i> , 1999).....	29
FIGURA 7. ESQUEMA PRESIÓN-ESTADO-RESPUESTA (LOURENS, <i>ET AL.</i> , 1997; ESPEJEL, <i>ET AL.</i> , 2004).....	37
FIGURA 8. GRANDES ECOSISTEMAS MARINOS GOLFO DE MÉXICO Y MAR CARIBE (TOMADO DE NOAA, 2001).....	40
FIGURA 9. BATIMETRÍA E HIPSOMETRÍA DEL GOLFO DE MÉXICO .....	44
FIGURA 10. PROVINCIAS ZOOGEOGRÁFICAS EN LA REGIÓN DEL GOLFO DE MÉXICO Y MAR CARIBE .....	55
FIGURA 11. LÍMITES OFICIALES DEL PARQUE NACIONAL SISTEMA ARRECIFAL VERACRUZANO.....	64
FIGURA 12. ZONAS DEL POLÍGONO DEL PARQUE NACIONAL SISTEMA ARRECIFAL VERACRUZANO.....	64
FIGURA 13. INCONSISTENCIAS EN LA POLIGONAL DEL PNSAV .....	65
FIGURA 14. SUPERFICIE DE LAS CUENCAS EN LA ZONA DE INFLUENCIA DEL PNSAV.....	69
FIGURA 15. CUENCAS EN LA ZONA DE INFLUENCIA DEL PNSAV. ....	69
FIGURA 16. DIVISIÓN DE PROVINCIAS FISIAGRÁFICAS Y BIÓTICAS EN LA ZONA DE INFLUENCIA DEL PNSAV.....	70
FIGURA 17 DIVISIÓN DE PROVINCIAS BIOGEOGRÁFICAS Y USO DE SUELO Y VEGETACIÓN EN LA ZONA DE INFLUENCIA DEL PNSAV .....	71
FIGURA 18. ESTADOS Y MUNICIPIOS EN LA ZONA DE INFLUENCIA DEL PNSAV .....	73
FIGURA 18. ZONA DE INFLUENCIA O <i>HINTERLAND</i> PRIMARIO Y SECUNDARIO DEL PUERTO DE VERACRUZ. EL PUNTO REPRESENTA LA UBICACIÓN DEL PUERTO.....	78
FIGURA 19. RASGOS HIPSOMÉTRICOS DE LA ZONA DE INFLUENCIA DEL PNSAV .....	79
FIGURA 20. LA PLANICIE COSTERA VERACRUZANA EN EL MARCO DE LA ZONA DE INFLUENCIA DEL PNSAV.....	80
FIGURA 21. PROVINCIAS FISIAGRÁFICAS DE LAS TIERRAS ALTAS DE LA ZONA DE INFLUENCIA DEL PNSAV .....	81
FIGURA 22. PROVINCIAS BIOGEOGRÁFICAS RELACIONADAS CON LA ZONA DE INFLUENCIA DEL PNSAV .....	82
FIGURA 23. TIPOS DE DESEMBOCADURAS DE LOS RÍOS DE LA ZONA DE INFLUENCIA DEL SAV .....	85
FIGURA 24. BATIMETRÍA HASTA 200M DEL TERRITORIO SUMERGIDO DEL GOLFO DE MÉXICO. EL PUNTO NEGRO REPRESENTA LA UBICACIÓN DEL PNSAV .....	88
FIGURA 25. PATRONES DE CIRCULACIÓN SUPERFICIAL EN LA PLATAFORMA OESTE DEL GOLFO DE MÉXICO. ARRIBA LA CIRCULACIÓN PROMEDIO DE SIETE AÑOS EN JULIO Y ABAJO EL PROMEDIO PARA EL MES DE OCTUBRE .....	90
FIGURA 26. DIFERENTES ENTIDADES FEDERALES DENTRO DE LAS CUENCAS DE INFLUENCIA DEL PNSAV. NÓTESE LA PRESENCIA DE LA ISOHIPSA DE LOS 200 MSNMM QUE DIVIDE LAS TIERRAS ALTAS DE LAS BAJAS. ....	92
FIGURA 26. MUNICIPIOS CON LÍMITES COSTEROS EN LA ZONA DE INFLUENCIA DEL PNSAV .....	94
FIGURA 27. ECOTONOS PRESENTES EN LA ZONA DEL PNSAV.....	98
FIGURA 28. ZONIFICACIÓN AMBIENTAL DEL PNSAV.....	100
FIGURA 29. LÍMITE OESTE. ....	102
FIGURA 30. LÍMITE NORTE .....	103
FIGURA 31. LÍMITE ESTE .....	104
FIGURA 32. LÍMITE SUR.....	105
FIGURA 33. RUTAS DE TRÁFICO MARÍTIMO A TRAVÉS DEL PNSAV .....	110
FIGURA 34. AGRUPAMIENTO DE UNIDADES AMBIENTALES CON BASE EN LA PRESENCIA DE 21 PROBLEMAS.....	115
FIGURA 35. RELACIÓN DE INDICADORES DEL ESQUEMA PER CON LOS DIAGRAMAS DE SITUACIÓN. ....	128
FIGURA 36. ZONIFICACIÓN DEL PNSAV DE ACUERDO CON EL DECRETO DE CREACIÓN DEL PARQUE NACIONAL.....	130
FIGURA 37. ZONIFICACIÓN DEL PNSAV EN LA PROPUESTA DE PROGRAMA DE MANEJO DEL CEP, 2000. ....	131
FIGURA 38. ZONIFICACIÓN DEL PNSAV DE ACUERDO CON EL PROGRAMA DE MANEJO DE LA CONANP.....	132

FIGURA 39. AGRUPAMIENTO DE UNIDADES AMBIENTALES (SIMILITUD BRAY CURTIS) CON BASE EN LOS VALORES DE LOS ATRIBUTOS DE CONTRIBUCIÓN, RAREZA, CALIDAD Y VALOR COMO HERRAMIENTA.....	135
FIGURA 40. COMPLEJIDAD DE MANEJO POR UNIDAD AMBIENTAL. NÚMERO RELATIVO DE FUENTES ANTROPOGÉNICAS INTERNAS (VALORES POSITIVOS) Y DE FUENTES ANTROPOGÉNICAS EXTERNAS (VALORES NEGATIVOS).....	140

## 1. INTRODUCCIÓN

El Sistema Arrecifal Veracruzano (SAV) se ubica en las costas del estado de Veracruz en el Golfo de México (Figura 1) y está constituido por 23 arrecifes coralinos y seis islas. Se sitúa en una región donde las formaciones arrecifales están limitadas por la carencia de lechos rocosos y la alta turbiedad del agua, derivada del aporte de sedimentos por varios ríos, propiciando que los arrecifes se formen en parches aislados (Vargas-Hernandez *et al.*, 1993; Carricart-Ganivet y Horta-Puga, 1993).

El SAV representa el sistema arrecifal de mayor tamaño de la región Centro del Golfo de México y, posiblemente, en conjunto con los sistemas arrecifales del norte de Veracruz, funciona como reservorio, puente y punto de diseminación de especies entre las áreas arrecifales del Mar Caribe y Florida (Vargas-Hernández *et al.*, 1993; Jordán-Dahlgren, 2002). Dentro del SAV existen varias pesquerías de importancia comercial, extracción de materiales para la elaboración de artesanías, captura de peces para ornato, así como actividades turísticas como el buceo scuba (CEP, 2000).

La importancia ambiental del SAV originó que desde 1992 haya sido declarado como un área natural protegida, bajo la figura de Parque Marino (DOF, 1992) la cual fue modificada por la de Parque Nacional (PNSAV) (DOF, 2000). Es considerado por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) como

una Región Marina Prioritaria (Arriaga *et al.*, 1998). Asimismo, la Iniciativa Internacional sobre Arrecifes Coralinos (ICRI, por sus siglas en inglés) incluye a este sistema dentro de sus listados de zonas arrecifales de importancia para la conservación. Sin embargo, los problemas que enfrenta el área perduran a pesar del estatus legal con que cuenta, lo cual pone de manifiesto que la sola protección no es suficiente (Salm, 1984).

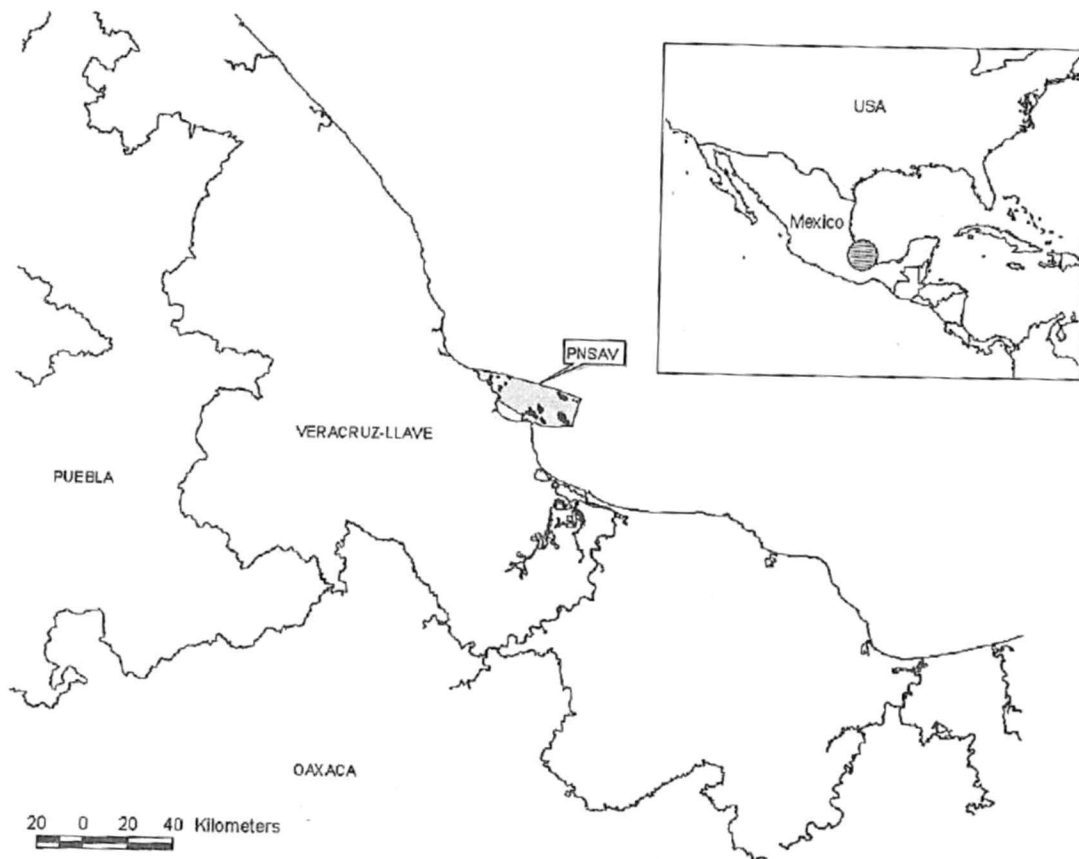


Figura 1. Ubicación del Parque Nacional Sistema Arrecifal veracruzano

Históricamente, el PNSAV se ha visto sometido a una constante presión antropogénica derivada de la presencia de la ciudad y puerto de Veracruz, los cuales fueron fundados a mediados del siglo XVI, y a lo largo de los siglos han representado la principal vía de comunicación entre el centro de la República Mexicana y el continente europeo. Actualmente, el puerto de Veracruz es el segundo puerto comercial más importante del litoral mexicano, y la ciudad de Veracruz es una de las zonas de mayor desarrollo urbano del estado de Veracruz-Llave.

La declaratoria como Parque Nacional, ha definido que el manejo del PNSAV descansa entre dos vertientes. Una de ellas se refiere al hecho de que las actividades al interior del Parque Nacional están subordinadas a una instancia de carácter federal que tiene la facultad de conceder o no permisos de uso dentro del sistema, es decir, a la definición de un área específica de **regulación** (Sorensen *et al.*, 1992). La otra vertiente implica la necesidad de considerar dentro del manejo del parque a una zona que presenta tanto hábitats “ligados” funcionalmente al mismo (Salm, 1984) así como a actividades que ocurren fuera de los límites administrativos de éste, pero que tienen una influencia clara sobre las condiciones ambientales del SAV. Los hábitats y las actividades mencionadas se encuentran por definición fuera de la capacidad regulatoria de la autoridad del parque, lo que obliga a considerar dicha zona dentro de la **planeación** de las iniciativas de manejo (Sorensen *et al.*, 1992).

Tomando en consideración estas vertientes, surge la necesidad de contar con un análisis sistemático tanto de las zonas de regulación como las de planeación, de forma que sea posible diferenciar las iniciativas necesarias para facilitar el manejo del área.

A la fecha, son pocos los estudios integradores y sistemáticos sobre el Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano, lo cual se refleja en el hecho de que a 14 años de su creación, el PNSAV carezca de un programa de manejo oficial que permita llevar a cabo las acciones regulatorias necesarias para su protección y aprovechamiento. A la fecha de elaborarse esta tesis, se han generado tres propuestas de Programa de Manejo para el PNSAV: una generada por la Secretaría de Marina en el año 1991 (SEMAR, 1991), otra elaborada por el Centro de Ecología y Pesquerías de la Universidad Veracruzana (CEP) (2000) y recientemente una generada por la Dirección del PNSAV, la cual inició en el año 2004 y en el 2006 está en su etapa de revisión final.

Estas propuestas tienen la finalidad de regular el uso de los recursos del área con el objetivo de fomentar la conservación del sistema arrecifal (SEMAR, 1991; CEP, 2000; CONANP, 2006a). En ellas se realiza una caracterización de los diferentes cuerpos arrecifales del SAV y se aborda de forma general la problemática que los afecta, proponiéndose zonificaciones del área protegida con fines de manejo.

Sin embargo, en estas iniciativas no se considera el carácter heterogéneo que puede tener el PNSAV y tampoco se hace una referencia explícita de la relación que la zona de influencia puede tener con las alternativas de manejo que se proponen.

Es por ello que en esta tesis se plantea la importancia de realizar un análisis sistemático de las zonas de regulación y de planeación del PNSAV que sirva como herramienta para facilitar la implantación del programa de manejo del parque, de forma tal que se considere para ello la heterogeneidad interna del ANP, la de su zona de influencia y de las condiciones de frontera generadas por la presencia de los límites administrativos. Basado en estos análisis en la presente tesis se genera un esquema de indicadores que permite evaluar la efectividad de las acciones de manejo del PNSAV en el corto, mediano y largo plazo.

## 2. OBJETIVOS

### **Objetivo General**

Proponer un sistema de indicadores de Presión y Estado para el manejo del PNSAV con base en el análisis de sus zonas de regulación y planeación.

### **Objetivos particulares**

1. Describir el contexto espacial en el cual se ubica el PNSAV e identificar su carácter heterogéneo.
2. Profundizar el análisis de la problemática ambiental del PNSAV en términos de redes causales, haciendo énfasis en la vertiente continental.
3. Analizar los resultados de los objetivos anteriores con base en el esquema de Presión-Estado-Respuesta.
4. Seleccionar indicadores de Presión y Estado que permitan evaluar las acciones de manejo en el PNSAV.

### 3. MARCO CONCEPTUAL

#### **Sistemas complejos**

La aproximación conceptual empleada para realizar esta tesis tiene como referencia en primera instancia la teoría de Sistemas Complejos (García, 1994 y Duval, 1999). Esta teoría plantea que para que un sistema sea considerado complejo, debe estar formado por elementos que sean diferentes entre sí (heterogéneos), los cuales son interdefinibles y a su vez están relacionados funcionalmente, de forma tal que el conjunto de ellos confieren al sistema total características particulares.

Bajo esta perspectiva, un sistema ambiental puede ser considerado como un sistema complejo, ya que tienen una localización geográfica en la cual se asientan fenómenos que pueden ser agrupados en una serie de componentes o subsistemas homogéneos que están funcionalmente conectados entre sí.

#### **Ecología del paisaje, heterogeneidad y límites administrativos**

La heterogeneidad es un fenómeno asociado con discontinuidades, las cuales pueden asumir muchas formas y combinaciones. La heterogeneidad espacial se manifiesta por la presencia de varias partes diferentes pero interdependientes que forman un todo, las

cuales se manifiestan cada vez que una propiedad estructural o funcional del sistema en estudio cambia en forma discontinua o modulada (Kolasa y Rollo, 1991).

La heterogeneidad espacial se ocupa de distinguir, organizar y jerarquizar las señales de discontinuidad que ocurren a través del espacio. Las discontinuidades son creadas y mantenidas por una jerarquía de factores modeladores (v. gr. dinámica de masas de aire; dinámica de masas de agua; mega topografía; geomorfología local; disturbios; competencia). Las discontinuidades ocurren donde sea, en un espectro completo de escalas espaciales y temporales (Escofet, 2004).

Se dice que un sistema es jerárquico cuando sus componentes están organizados en niveles funcionales. En cada nivel, los eventos tienen una frecuencia natural característica y, típicamente, corresponden con escalas espaciales. En general, los niveles de mayor jerarquía son más grandes y más lentos que los niveles inferiores, a los cuales fuerzan, controlan, o contienen (Escofet, 2004).

La Teoría Jerárquica dentro de la Ecología del Paisaje establece que los procesos en los ecosistemas están organizados en escalas discretas de interacción y que las escalas de la dinámica temporal de éstos confieren escalas espaciales discretas al paisaje (O'Neill, 1999). A medida que se cambia la escala de aproximación al objeto de estudio, son observables atributos que no eran distinguibles en la escala anterior, lo cual es concebido como "propiedades emergentes" (Kolasa y Rollo, 1991), las cuales pueden estar ligadas

a factores jerárquicamente superiores en la escala espacial (Escofet, 2004) y afectar a atributos de jerarquías menores (Arredondo, 2006).

Las discontinuidades formadas y mantenidas por factores naturales abióticos operan independientemente de la acción humana, y por esa razón se las denomina funciones forzantes o exterioridades ambientales. Algunas de esas discontinuidades son físicamente poco aparentes, pero aún así siempre es posible demostrar diferencias substanciales a uno y otro lado del límite. Los límites antropogénicos generalmente no coinciden con los naturales, y en forma deliberada o inadvertida modifican las condiciones de flujo a uno y otro lado, especialmente si son físicamente muy aparentes, como una cerca o un muro. Los límites administrativos que no son reforzados con barreras físicas, constituyen una frontera absolutamente permeable y a través de la cual las funciones forzantes siguen operando normalmente (Escofet, 2004).

### **Áreas Naturales Protegidas**

Las áreas naturales protegidas (ANPs) representan, formalmente, uno de los instrumentos de la política ambiental institucional, integrándose al capital ambiental de un país por representar funciones ambientales, que generan bienes y servicios ambientales estratégicos. Dichos bienes y servicios aportan sustancialmente a la acumulación de bienes sociales y patrimoniales, los cuales deben ser correctamente valorados y reconocidos (INE-SEMARNAP, 1995 en Hernández, 2004).

El valor explícito de las ANPs se reconoce en las leyes ambientales competentes, y sientan el precedente para el establecimiento de arreglos institucionales relacionados con su manejo. Las instituciones son definidas como el conjunto de mecanismos, incentivos o normas jurídicas, económicas o solidarias (comunitarias) con los cuales se busca superar acciones de falta de coordinación entre individuos y grupos.

El manejo de los recursos naturales está basado en esquemas regulatorios que definen y delimitan las pautas e intensidades en su uso. Los mecanismos institucionales están planteados como alternativas de solución que son legitimados como políticas de manejo a través de una figura coercitiva encargada de hacer funcionales y operativas dichas políticas (Hernández, 2004).

El establecimiento de un ANP sobre la base de una lógica institucionalista, plantea una serie de mecanismos y acciones que buscan regular el uso de los recursos naturales en esas áreas. La formulación de alternativas de solución desde esta perspectiva sigue una secuencia que va desde la formulación de reglas generales, hasta la especificación de acciones que quedan formalizados en los programas de manejo de dichas áreas.

### **Áreas Marinas Protegidas**

Dentro del esquema de ANPs, existen las Áreas Marinas Protegidas (AMPs), las cuales generalmente son creadas con la intención de proteger recursos pesqueros y hábitats de gran valor como los sistemas arrecifales (Allison *et al.*, 2003). A diferencia de las ANPs

terrestres, el diseño y manejo de las AMP implica estrategias en las cuales es común la interacción de múltiples instituciones gubernamentales propias de los diferentes niveles de gobierno relacionados con las zonas costeras.

La diferencia fundamental entre los sistemas terrestres y marinos es la prevalencia del medio acuático donde viven los organismos marinos, en donde las propiedades del agua tienen efectos profundos en las características biológicas y físicas del medio (Carr *et al.*, 2003, Zacharias y Roff, 2000). De tal forma, el manejo de las AMPs implica considerar la tridimensionalidad del medio marino y la conectividad regional que los hábitats protegidos tienen a través del intercambio de masas de agua (Carr *et al.*, 2003; Salm, 1984).

A diferencia de las ANPs terrestres, en las AMPs es casi imposible establecer límites físicos que controlen el flujo de materia y energía, lo que favorece que las áreas marinas se comporten como sistemas totalmente abiertos dependientes de este intercambio con las zonas aledañas, situación que aumenta su vulnerabilidad ante las actividades humanas (Lubchenco *et al.*, 2003; Mc Clanahan, 1999). Aunado a ello, es necesario considerar que la información científica disponible para el manejo de las AMPs es significativamente menor que para las áreas terrestres (Carr *et al.*, 2003), lo cual genera la necesidad de crear estrategias que permitan entender los procesos moldeadores del medio marino que auxilien en la generación de políticas y acciones de manejo para garantizar el cumplimiento de los objetivos de protección de éstas áreas bajo un enfoque precautorio.

#### 4. METODOLOGÍA

La integración horizontal de diferentes sectores económicos dentro del PNSAV, así como la intervención y colaboración del sector gubernamental y no gubernamental de los tres niveles (local, estatal y federal) en el uso y manejo de éste, permite englobarlo, de acuerdo a la definición de Sorensen (1997), dentro de iniciativas de *manejo integrado* de índole costero. Es por ello que este proyecto del área de **Manejo Costero** se trata de apegar a los esquemas metodológicos que existen a nivel internacional, siendo el referente en este caso la *Guía Metodológica para el Manejo Integrado de la Zona Costera* (UNESCO, 1997) (Figura 2) complementada con la aproximación de Lourens *et al.* (1997) y Espejel *et al.* (2004) en la selección de indicadores.

Si bien dicha *Guía* sirve de base para englobar las aproximaciones necesarias para abordar la problemática y manejo del área en mención, la conjunción de los diferentes métodos aquí planteados en el análisis de un Área Marina Protegida (AMP) le brindan a este trabajo gran parte de su contribución a esta disciplina.

Para facilitar la comprensión de este apartado, en la Tabla 1 se presenta un mapa metodológico que permite apreciar tanto los métodos propuestos para abordar cada objetivo como los insumos específicos en los que descansa. Es importante recalcar que los métodos planteados son secuenciales, es decir, cada objetivo toma insumos de los resultados del objetivo anterior.

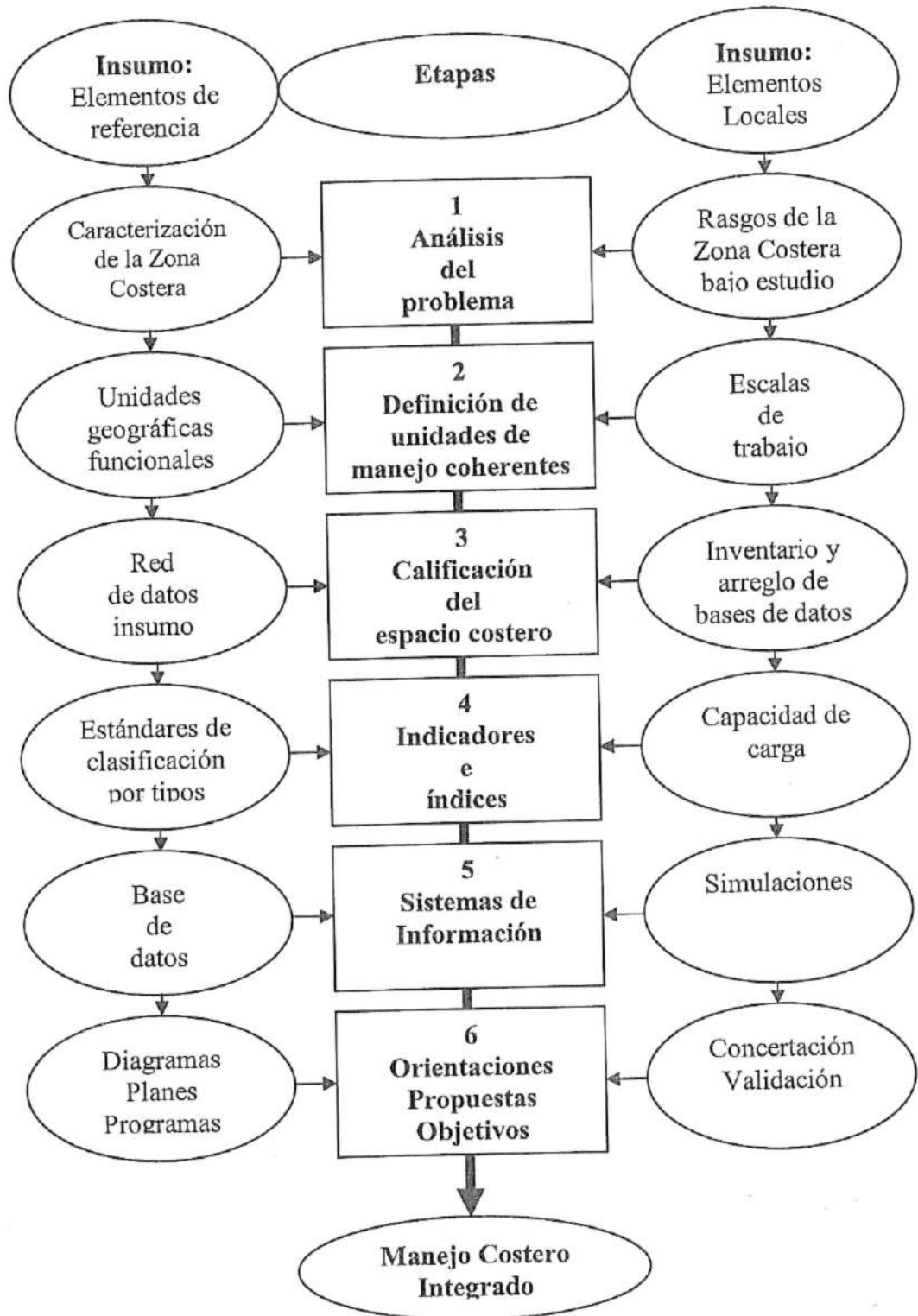


Figura 2. Diagrama general del enfoque metodológico para el Manejo Integrado de la Zona Costera (UNESCO, 1997)

*Tabla 1. Mapa metodológico de esta tesis.*

OBJETIVO	MÉTODO
Describir el contexto espacial en el cual se ubica el Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano (PNSAV) e identificar su carácter heterogéneo.	<b>Contextualización espacial</b> Escofet, 2004 Hayden <i>et al.</i> , 1984 Hyrenbach <i>et al.</i> , 2000 Sherman <i>et al.</i> , 1993 Zacharias y Roff, 2000 <b>Franjas paralelas a la costa</b> Escofet, 2004 Ray y Hayden, 1992 <b>Zona de Planeación y Regulación</b> Sorensen <i>et al.</i> , 1992 <b>Modelo de límites</b> Schonewald-Cox y Bayless, 1986 <b>Heterogeneidad espacial</b> Barry y Dayton, 1991 Kolasa y Rollo, 1991 O'Neill, 1999 Zacharias y Roff, 2000
Profundizar el análisis de la problemática ambiental del PNSAV, identificada en la propuesta de Programa de Manejo, en términos de redes causales, haciendo énfasis en la vertiente continental.	<b>Identificación de problemática ambiental y sus fuentes</b> Andrade, <i>et al.</i> , 1999 SEMARNAP y FAO, 1995 Ortiz-Lozano, 2000
Analizar los resultados de los objetivos anteriores con base al esquema de Presión-Estado-Respuesta.	<b>Esquema Presión – Estado – Respuesta</b> OCDE, 1993 Espejel <i>et al.</i> , 2004 Arredondo, 2006
Seleccionar indicadores de Presión, Estado y Respuesta que permitan evaluar las acciones de manejo en el PNSAV	<b>Esquema Presión – Estado – Respuesta</b> OCDE, 1993

Para facilitar el entendimiento de la metodología empleada, a continuación se realiza un desglose de ésta por cada uno de los objetivos planteados en este trabajo.

### **Objetivo 1. Contextualizar espacialmente el espacio de interés conocido como Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano (PNSAV)**

Uno de los primeros retos para analizar el PNSAV radica en el poder representar el espacio que lo contiene y el tener una apreciación comprehensiva y sinóptica que permita entender los diferentes tipos de problemas que enfrenta (UNESCO, 1997).

Como punto de partida, es necesario entender su ubicación regional y las características que a gran escala determinan su permanencia y los atributos que lo conforman, entendiendo como región al sistema de escala mayor que influye en el área de estudio (Brown, 1994; Nixon, 1996). Bajo estas premisas, se contextualizó al PNSAV en tres escalas cartográficas de apreciación: macroescala, mesoescala y escala local.

### **Macroescala**

Tuvo como insumo teórico el esquema de Grandes Ecosistemas Marinos (Sherman et al., 1993) con aportes de Hayden *et al.* (1984), teniendo apoyo en insumos teóricos sobre heterogeneidad espacial (Barry y Dayton, 1991; Keddy, 1991; Kolasa y Rollo, 1991; Solon, 1999) y sobre manejo de cuencas oceánicas (Hyrenbach *et al.*, 2000), con la finalidad de comprender los factores bióticos y abióticos que a gran escala influyen sobre el sistema de estudio y que determinan su mantenimiento, haciendo con ello referencia a la necesidad de comprender a mayores escalas los procesos que afectan a los ecosistemas (Brown, 1994; Nixon, 1996).

La base de información para desarrollar esta etapa fue obtenida a través de una revisión bibliográfica de la información existente y disponible en instancias académicas y oficiales sobre el Golfo de México, complementándola con insumos cartográficos accesibles a través de iniciativas nacionales como el Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI) e internacionales como la National Ocean and Atmosphere Administration (NOAA).

Para corroborar la importancia del PNSAV desde una escala macro, se aplicó una parte de la técnica de la “Guía para el análisis de impactos y sus fuentes en áreas naturales” (Andrade *et al.*, 1999), que consiste en realizar una valoración global del área de interés que permita contextualizar la relevancia del área protegida con respecto al espacio mayor donde se ve contenida (Golfo de México).

Para ello se consideraron los atributos de contribución, rareza, calidad y valor como herramienta de la zona de estudio, asignando valores numéricos en escala geométrica en cada atributo bajo los siguientes criterios:

a) **Contribución:** Se evaluó la importancia del PNSAV con respecto a los ambientes coralinos de la plataforma continental sedimentaria del Golfo de México, respondiendo a la pregunta: ¿qué impacto causaría al conjunto de arrecifes de la plataforma sedimentaria del Golfo de México si el PNSAV desapareciera o fuera seriamente degradado?. La puntuación para valorar este criterio fue:

- 4 = una contribución muy importante
- 2 = una contribución importante
- 1 = poca contribución
- 0.5 = casi ninguna contribución

b) **Rareza.** En este atributo se evaluó la presencia de especies, grupos de especies, comunidades o tipos de arrecifes presentes en la zona que le confieran singularidades al PNSAV. De esta forma se consideraron las categorías de

“peligro de extinción o endémicas”, “amenazada” y “vulnerable”. Las escalas de valores fueron:

- 4 = presencia de especies en peligro de extinción o endémicas
- 2 = presencia de especies amenazadas
- 1 = presencia de especies vulnerables
- 0.5 = estado indeterminado

c) **Calidad.** Bajo este criterio se evaluó el estado de conservación del sistema. Los puntajes considerados fueron:

- 4 = El PNSAV es uno de los mejores o el único ejemplo de conservación en el Golfo de México
- 2 = El PNSAV es un buen ejemplo de este sistema en el Golfo de México
- 1 = El PNSAV es un ejemplo promedio de este sistema en el Golfo de México
- 0.5 = El PNSAV es un ejemplo no destacado de este tipo de sistemas en el Golfo de México

d) **Valor como herramienta o carisma.** Aquí se evaluó el valor potencial económico, político, ecoturístico y/o educacional, de influencia en decisiones de conservación, así como la presencia de especies o ambientes bandera (representativos). Los valores considerados son:

- 4 = el PNSAV es muy importante o potencialmente importante
- 2 = el PNSAV es útil o potencialmente útil
- 1 = el PNSAV es de valor limitado
- 0.5 = el PNSAV es de escaso valor

El promedio de los valores asignados para cada atributo en el área permite obtener de forma sintética una apreciación a macroescala de la importancia del sistema.

### **Mesoescala**

La apreciación a mesoescala del área fue realizada bajo dos enfoques:

#### ***Zona de Planeación y Zona de Regulación.***

Este concepto proviene de Sorensen *et al.* (1992), quienes definen dentro de las zonas costeras la existencia de dos subespacios con fines de manejo: la “zona regulación” y la “zona de planeación”. La primera hace referencia a la zona en la cual una misma autoridad gobierna las tierras bajas y las porciones del territorio con capacidad de influir en ellas, de modo que *tiene la capacidad de denegar permisos de uso de suelo que afecten negativamente a las tierras bajas*. En el segundo caso, las tierras bajas y las porciones del territorio con capacidad de influir funcionalmente en ellas están gobernadas por autoridades diferentes, de modo que la autoridad de las tierras bajas *no tiene capacidad de otorgar o denegar permisos de uso en las tierras altas*, y deberá necesariamente *planificar la negociación* para minimizar su influencia si esta fuera negativa (Escofet, 2004).

El PNSAV puede ser considerado como una zona en la cual la autoridad encargada de su administración no tiene la capacidad de otorgar o denegar permisos de uso en las partes altas de la cuenca que están ligadas funcionalmente al Parque, sino que solamente puede regular los usos al interior del área protegida. Los hábitats o tierras

ligadas funcionalmente con él son reguladas por otras autoridades, lo cual implica la existencia de una zona de planeación que debe ser definida si se quiere hacer operativo el manejo del Parque.

Para definir estas zonas, se reconoció en primera instancia y en términos cartográficos la Zona de Regulación del PNSAV como la poligonal que delimita el área protegida. En la legislación mexicana relacionada con las ANPs no existe en forma explícita el concepto de Zona de Planeación, pero este puede ser equiparable a lo que de acuerdo con el Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente en Materia de Áreas Naturales Protegidas (DOF, 2000) se conoce como *Zona de Influencia*, definida como aquellas superficies aledañas a la poligonal de un área natural protegida que mantienen una estrecha interacción social, económica y ecológica con ésta, lo cual se asemeja a la definición de Sorensen *et al.* (1992).

Esta última definición hace énfasis en las relaciones funcionales entre el territorio continental y la zona costera en sí, lo cual se ajusta a la visión planteada en la declaratoria de establecimiento del PNSAV (DOF, 1992) y en la Propuesta del Programa de Manejo del PNSAV (CEP, 2000) en donde se considera que la Zona de Influencia del PNSAV “*se extiende hacia la parte interna (W) del país, delimitada por el nacimiento de las cuencas hidrológicas que drenan por la planicie costera veracruzana y eventualmente descargan dentro del área natural protegida y en sus inmediaciones*”. Esta apreciación es coincidente con aproximaciones recientes para

el manejo de corrientes continentales (Dovciak y Perry, 2002) y con la consideración de los hábitats ligados funcionalmente (Salm, 1984).

La información utilizada en este apartado provino de diversas fuentes tanto bibliográficas como cartográficas. La cartografía fue obtenida de datos vectoriales de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), de la Comisión Nacional del Agua (CNA), del Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI), de la International Bathymetric Chart of the Caribbean Sea and the Gulf of Mexico, así como de imágenes de satélite LANDSAT de la National Air and Space Agency (NASA), del Gobierno de los Estados Unidos de América.

#### *Franjas paralelas a la línea de costa.*

Este análisis se realizó tomando como referencia la propuesta de Ray y Hayden (1992), bajo la perspectiva aplicada por Escofet (2004), quienes realizan una subdivisión estructural de la zona costera basada en la presencia de discontinuidades físicas perpendiculares a la línea costera asociadas con los flujos de materia y energía que a grandes rasgos son coincidentes con la presencia de provincias bióticas (Hayden *et al.*, 1984) y que a su vez definen una serie de ecotonos paralelos al litoral (Figura 3).

El análisis fue enriquecido con el trabajo de Proctor *et al.* (1980), con la finalidad de comprender los principales procesos que denotan la heterogeneidad física del espacio costero en estudio. Asimismo, se realizó la descripción de los límites antropogénicos

relacionados con el espacio costero con apoyo en el tratamiento dado en Escofet (2004) apoyando este análisis con los trabajos de Sorensen *et al.* (1992) y de Torres-Nachón (2003), con apoyo cartográfico de datos vectoriales del INEGI y CONABIO.

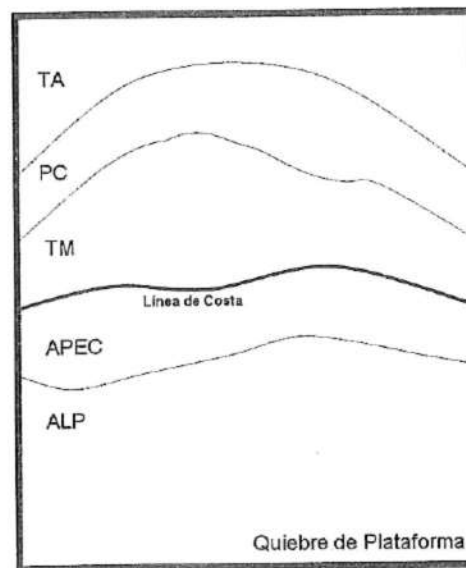


Figura 3. Ecotonos de la Zona Costera según Ray y Hayden, 1992. TA= Tierras Altas, PC= Planicie Costera, TM= Tierras de Marea, APEC= Aguas de Plataforma Encarriladas a la Costa (Plataforma Interna), ALP= Aguas Libres de Plataforma (Plataforma externa).

Con respecto a los límites basados en rasgos físicos, el espacio costero en el cual se halla inmerso el PNSAV fue analizado con base en los dos componentes principales que lo integran: el terrestre (territorio emergido) y el marino (territorio sumergido). Se consideraron como eje del análisis dos rasgos: en sentido paralelo a la línea de costa, la hipsometría, que es un rasgo permanente del territorio, y en sentido perpendicular se analizaron las cuencas hidrológicas, que denotan funcionalmente la exportación de energía hacia la parte del territorio sumergido (en este caso plataforma continental) (Proctor *et al.*, 1980) en donde se ubica el PNSAV.

En esta fase, los límites de la zona de estudio fueron establecidos de la siguiente forma. Al oeste, los límites de las cuencas de los ríos Antigua, Jamapa, Blanco y Papaloapan; al norte, la frontera norte de la cuenca del Río La Antigua; al este la franja litoral colindante con el Golfo de México y al sur la frontera sur de la cuenca del Río Papaloapan, delimitando con ello un área de captación del orden de las  $5.63 \times 10^6$  Ha. Estas cuatro cuencas son consideradas como la porción terrestre que influye sobre el SAV (CEP, 2000) (ver apartado de *Zonas de Planeación y Regulación*), lo cual apoya el modelo de Proctor *et al.* (1980) en donde el agua funge como el principal vector de intercambio de energía entre las tierras altas, las zonas costeras y el océano.

En sentido paralelo a la línea de costa, las cuencas hidrológicas fueron analizadas en forma individual y en conjunto con base en los **rasgos hipsométricos**, considerando dos categorías de isohipsas: aquellas con valores entre 0 y 200 msnm y las superiores a 200 msnm. Esto permitió diferenciar en el territorio dos componentes principales. Las planicies costeras, que son consideradas por algunos autores como el límite terrestre de la zona costera (Merino, 1987; Escofet, 2004) y las Tierras Altas, que representan las externalidades de dicha zona. Esta diferenciación permite distinguir a su vez dos tipos de ambientes: el representado por las tierras altas que se caracteriza por ser una zona con balance de materiales negativo (erosión), y la zona de planicies costeras cuyo balance generalmente positivo (depositación).

### **Escala local**

La apreciación a escala local del área de estudio descansa en dos enfoques:

*Principios de Heterogeneidad espacial.*

Los ambientes marinos como el PNSAV, pueden ser vistos de forma similar a los ambientes terrestres en el sentido de que representan mosaicos de diferentes calidades y cualidades ambientales determinadas por la variación espacial y temporal de las características físicas y biológicas a las que se enfrentan las poblaciones (Barry y Dayton, 1991), lo que los engloba de igual forma en la definición de Sistemas Complejos (Escofet, 2004).

Para identificar la heterogeneidad interna del PSAV se consideraron las características físicas propias del territorio que de forma general definen la estructura y función del ecosistema (Zacharias y Roff, 2000). Para ello se identificaron características fisonómicas y batimétricas del sistema que denotan la estructura del mismo, asociándolas con características hidrológicas que manifiestan los aspectos funcionales de éste. En este apartado se siguió como primer paso la identificación de rasgos fisonómicos que permitieran identificar características homogéneas y heterogéneas. Posteriormente se consideró la presencia de discontinuidades batimétricas que estuvieran asociadas con discontinuidades en el flujo de las masas de agua que transitan sobre el parque.

Este análisis se basó en un modelo batimétrico del área obtenido a partir de las cartas S.M. 822 (Veracruz a Puerto de Alvarado) y S.M. 823 (Veracruz y proximidades) de la Secretaría de Marina, así como cartografía digital generada por el CEP para la propuesta de Programa de Manejo del PNSAV. Esta información fue manejada con los programas SURFER y ARCGIS 9.

En una escala paisajística jerárquica (Arredondo, 2006), se identificaron los subsistemas que conforman al PNSAV, los paisajes y las unidades ambientales que integran a estos últimos.

A partir de la identificación de la heterogeneidad del PNSAV, se realizó una zonificación ambiental del mismo, la cual fue contrastada con la zonificación establecida en el decreto de creación del área natural, así como con la realizada en la Propuesta de Programa de Manejo del PNSAV (CEP, 2000) y con la del borrador del Programa de Manejo del PNSAV (CONANP, 2006a), con el fin de encontrar diferencias y similitudes que permitirían identificar aportaciones para hacer operativo el manejo del área.

#### *Modelo de límites.*

Con base en la propuesta de Schonewald-Cox y Bayless (1986), este modelo propone que los límites administrativos de una reserva natural deben ser vistos conceptualmente como un filtro que es activado por las regulaciones existentes, las cuales limitan el comportamiento humano hacia la reserva (Figura 4). Así, las respuestas humanas a la existencia de estos límites tienen el potencial de inducir cambios ecológicos al interior del área protegida, derivados de la interacción de fuerzas que se aproximan o cruzan el límite administrativo. Esta situación obliga a que tanto los aspectos internos como los externos relacionados con el límite deban ser integrados dentro del análisis del diseño y protección de la reserva.

Cualquier transición asociada con el límite y que lo intercepta en varios puntos a través de su longitud, le confiere segmentación, estando cada segmento definido como una unidad del límite que es homogénea para un atributo en particular. Este análisis permite contrastar las condiciones existentes fuera del límite de la reserva con las que prevalecen al interior del área, formaliza con ello la dinámica existente a través del límite, lo cual ofrece una aproximación a las relaciones funcionales entre el área protegida y su entorno local y regional e identifican las condiciones de permeabilidad del límite hacia los diferentes factores que lo colindan.

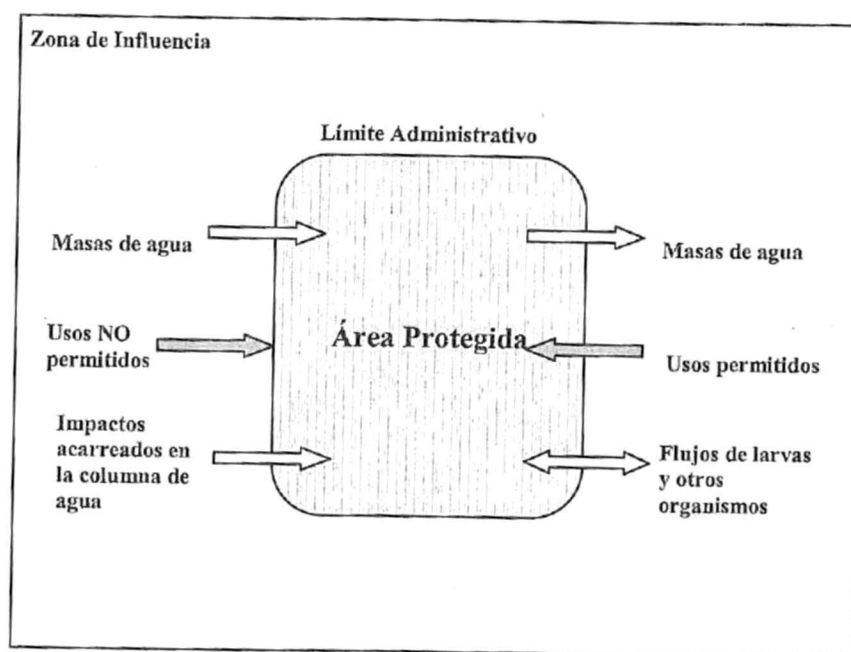


Figura 4. Modelo de límites. El límite administrativo del área protegida es permeable a los diferentes usos del área de acuerdo con las regulaciones y las acciones de vigilancia de la autoridad encargada (flechas oscuras). El límite es totalmente permeable a los flujos de masas de agua y a la energía que es acarreada por este medio, ya sea en forma de organismos vivos o como impactos ambientales (Modificado de Schonewald Cox y Bayless, 1986).

Una vez identificada la heterogeneidad interna del PNSAV, se generaron Esquemas de Colindancia para los componentes geográficos del límite administrativo del parque (norte, sur, este, oeste), se identificó la segmentación de cada uno y se analizó

la heterogeneidad en cada segmento con respecto a los diferentes ecotonos, de acuerdo con el esquema teórico del modelo de límites (Schonewald-Cox y Bayless, 1986) (Figura 5).

Los Esquemas de Colindancia consisten en la representación, por medio de gráficas de barras con segmentos proporcionales a la extensión de cada límite, de la calidad que presenta un atributo específico al exterior y al interior del límite administrativo del área protegida. Estos esquemas permiten apreciar de forma simplificada la complejidad geográfica de cada componente del límite, así como los atributos internos y externos a éste. Para obtenerlos se sobrepuso con ayuda de un Sistema de Información Geográfica (ARCGIS), la poligonal del PNSAV sobre la información de los atributos hipsobatimétricos y oceanográficos, midiendo a lo largo del límite la longitud que es colindante con una calidad específica de cada atributo tanto al exterior como al interior del área en una franja de 1 km en sentido perpendicular al límite. Cada segmento de los componentes del polígono fue definido como la unidad de longitud del límite que es homogénea para cada calidad particular (batimetría o hipsografía, bajo alguno de los tres casos mencionados en la figura 5) (Schonewald-Cox y Bayless, 1986).

Asimismo, se realizó este análisis para los atributos de vegetación y uso de suelo del componente terrestre del área de estudio y para las jurisdicciones administrativas (federal, estatal, municipal) y se consideró además, la presencia de las rutas de arribo y salida de embarcaciones de carga al Puerto de Veracruz.

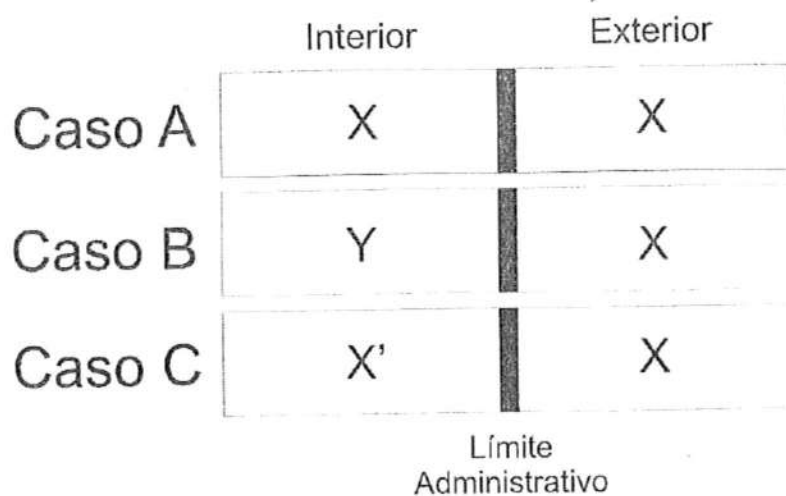


Figura 5. A lo largo de los límites de un área protegida pueden presentarse por lo menos tres situaciones: Caso A) Las características ecológicas al interior y al exterior del área son las mismas; esto es, existe homogeneidad. Caso B) Las características ecológicas al interior y al exterior del área son diferentes; esto es, son heterogéneas. Caso C) Las características ecológicas al interior del área en un tiempo "cero" (coincidente con el establecimiento del límite) se han modificado por la efectividad de las acciones de regulación, y se presenta una discontinuidad con respecto a las características al exterior del área (después de un tiempo x).

Esta aproximación se realizó desde una perspectiva estática y otra dinámica, reflejando con ello respectivamente la estructura y los procesos que definen a los ecosistemas marinos (Zacharias y Roff, 2000). La perspectiva estática hace referencia a las características permanentes del territorio, siendo en este caso la hipsografía y la batimetría. La perspectiva dinámica, referida como los procesos del ecosistema marino, consideró los movimientos de masas de agua debido a agentes de forzamiento como la marea y el viento, así como a la presencia de sistemas fluviales y sitios de descarga de aguas municipales.

**Objetivo 2. Profundizar el análisis de la problemática ambiental del PNSAV, identificada en la propuesta de Programa de Manejo, en términos de redes causales, haciendo énfasis en la vertiente continental.**

Para cumplir con este objetivo se siguió la propuesta metodológica de la *Guía para el análisis de impactos y sus fuentes en áreas naturales* (GAIFAN) de *The Nature Conservancy* (Andrade *et al.*, 1999) complementada con la “*Guía metodológica para la formulación e implementación de planes locales para el desarrollo de la acuicultura (PLANDAC) en áreas lagunares costeras de México*” (SEMARNAP y FAO, 1995) bajo el enfoque manejado por Ortiz-Lozano (2000).

La GAIFAN permite concebir una *relación causal* entre los impactos presentes en los subsistemas del área de interés y las fuentes que los generan, a través de diagramas de situación (Figura 6), en los cuales es posible el desarrollo y visualización de las relaciones entre los componentes biológicos y antropológicos, incluyendo impactos, fuentes de impactos y actores, de forma tal que detrás de toda problemática ambiental se percibe la existencia de una actividad que la origina, y detrás de dicha actividad existe un actor o conjunto de actores que realizan dicha actividad. Cabe mencionar que la técnica permite establecer las actividades generadoras de impactos y facilita el desglose de las maniobras específicas que los ocasionan (Ortiz-Lozano, 2000), lo cual es relevante para ubicar posibles arreglos de manejo entre sectores de tipo horizontal.

Por su parte, la PLANDAC permite ordenar la problemática ambiental y las fuentes que la generan de acuerdo a su origen (antropogénico o natural) y su ubicación espacial (externa o interna al sistema), lo cual servirá para reforzar el análisis efectuado a través del Modelo de Límites.

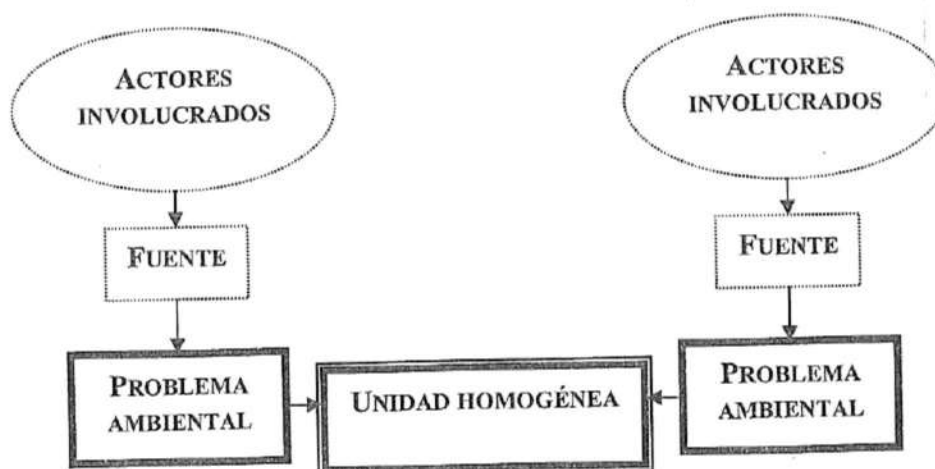


Figura 6. Diagrama de situación. (Modificado de Andrade *et al.*, 1999).

### Valoración de unidades

El primer paso en la aplicación de la GAIFAN consiste en la valoración de las unidades ambientales identificadas en la zona de estudio con base en cuatro atributos: contribución, rareza, calidad y valor como herramienta, de forma tal que se pueda obtener un parámetro que sirva para ponderar la importancia relativa tanto de las unidades como de los impactos y las fuentes de impacto relacionadas. Cada uno de estos atributos es evaluado en cada una de las unidades con base en una escala geométrica que denota diferentes rangos de importancia para el atributo:

- a) **Contribución.** Hace referencia a la aportación de la superficie arrecifal de la unidad analizada a la superficie arrecifal *total* del PNSAV. Para evaluarla se obtuvo la superficie de cada arrecife con ayuda de ortofotos y de datos vectoriales generados por el CEP.

Se calculó en cada unidad ambiental la superficie de los arrecifes que la conforman y se contrastó con el total de la superficie de todos los arrecifes que integran el PNSAV bajo la siguiente fórmula:

$$Cu_{ANP} = (SAU \times 100) / (SAT)$$

Donde:

$Cu_{ANP}$  = Contribución de la Unidad a la superficie arrecifal del ANP

SAU = Superficie Arrecifal en la Unidad

SAT = Superficie Arrecifal Total del ANP

El porcentaje de Contribución de la Unidad a la superficie arrecifal del ANP obtenido fue asignado a un valor en escala geométrica, de la siguiente forma:

$Cu_{ANP}$	VALOR	SIGNIFICADO VERBAL
0 a 8.3%	0.5	Área pequeña
8.4 a 25%	1	Área mediana
De 25.1 a 50%	2	Área grande
Más del 50%	4	Área muy grande

**b) Rareza.** Una de las singularidades del PNSAV radica en que es un sistema arrecifal que se encuentra sobre la plataforma sedimentaria del Golfo de México, toda vez que los principales sistemas arrecifales de este golfo se encuentran sobre plataformas continentales del tipo calcáreo. Además, en el PNSAV se ubican varios arrecifes de tipo bordeante, que presentan un alto valor de rareza para el Golfo de México, ya que estos arrecifes no se encuentran en otro sitio de la plataforma sedimentaria del golfo. Es por ello que en este trabajo se consideró la presencia de este tipo de arrecifes y la superficie que representan para asignar un valor al atributo de rareza.

La importancia de cada unidad con respecto a este atributo fue calculada de la siguiente forma:

$$SB_{ANP} = (SAB \times 100) / (STAB)$$

*Donde:*

$SB_{ANP}$  = Superficie relativa de arrecife Bordeante en la unidad

SAB = Superficie de Arrecife Bordeante en la Unidad

STAB = Superficie Total de Arrecifes Bordeantes en el ANP

El porcentaje de superficie de arrecife bordeante obtenido fue asignado a un valor en escala geométrica, de la siguiente forma:

$SB_{ANP}$	VALOR	SIGNIFICADO VERBAL
0 a 8.3%	0.5	Rareza baja o nula
8.4 a 25%	1	Medianamente raro
De 25.1 a 50%	2	Raro
Más del 50%	4	Muy raro

c) **Calidad.** Este atributo corresponde a la calidad biológica de la unidad. Para evaluarlo se consideró la información presente en la Propuesta de Programa de Manejo del PNSAV (CEP, 2000), en donde se realizó un panel de expertos del área para evaluar la calidad de los diferentes arrecifes del PNSAV. Dicha evaluación asigna tres categorías de calidad a los arrecifes: elevada, moderada y baja.

Para incorporar esta valoración dentro de la metodología del presente estudio, a cada categoría asignada en la Propuesta de Programa de Manejo se le asignó un valor numérico correspondiente, quedando de la siguiente forma:

VALOR	SIGNIFICADO VERBAL
4	Calidad Alta
2	Calidad Moderada
1	Calidad Baja

d) **Valor como herramienta.** Se refiere al valor económico, político, ecoturístico y/o educacional que tiene una unidad y que en el caso del PNSAV se relaciona directamente con los objetivos por los cuales fue decretada el área como Parque Nacional: su potencial científico, económico, educativo, pesquero, histórico, turístico y cultural (DOF, 1992).

Para asignar un valor a las unidades se consideraron los usos actuales que presenta el sistema arrecifal, toda vez que las iniciativas de manejo del área (programa de manejo) están encaminadas a regular estos usos y a aprovechar el potencial de las zonas utilizadas actualmente como herramienta para fomentar la conservación del área protegida.

En la evaluación se consideraron las estadísticas generadas por la oficina de Administración del PNSAV, de la Tercera Zona Naval de la Secretaría de Marina Armada de México, referentes al número de permisos expedidos por dicha oficina del año 2001 al 2004 para realizar actividades deportivas, culturales, docentes, de esparcimiento y de investigación científica en el área protegida.

Para cada unidad ambiental se sumaron el número total de permisos de todas las actividades registradas de 2001 a 2004. El valor numérico del atributo en la unidad se asignó de la siguiente forma:

NÚMERO TOTAL DE PERMISOS POR UNIDAD	VALOR	SIGNIFICADO VERBAL
Tres ordenes de magnitud	4	Muy importante
Dos ordenes de magnitud	2	Importante
Un orden de magnitud	1	Poco importante
Sin permisos	0.5	No es importante

Los valores obtenidos en cada atributo para las diferentes unidades sirvieron como insumo para realizar, por una parte, un análisis de agrupamiento por similitud y también para obtener un valor global para cada unidad que fue utilizado como ponderador para diferenciar y priorizar los impactos ambientales detectados.

### **Identificación de la problemática ambiental**

Para este análisis se obtuvo información sobre el área de estudio a partir de diversas fuentes. Por una parte, se realizó una búsqueda bibliográfica para identificar los trabajos disponibles que mencionaran algún tipo de impacto ambiental en la zona, encontrándose un total de 29 estudios. Así mismo, se realizaron entrevistas semiestructuradas (Ander-Egg, 1987) con 10 informantes clave<sup>1</sup> de la región, los cuales fueron elegidos por ser personas que conocen el área de estudio y/o están relacionados con la toma de decisiones en torno al PNSAV. En el Anexo 2 se puede

<sup>1</sup> Persona cuyo conocimiento de un tema, poder de influencia en un grupo, o prestigio social le convierten en un sujeto digno de confianza para la obtención de información muy relevante acerca de un tema específico (Robson, 1993)

consultar la lista de informantes así como el guión de la entrevista que les fue aplicada.

También se obtuvo información de imágenes aéreas, cartografía del siglo XVIII, y de datos del Sistema de Agua y Saneamiento de Veracruz (SAS).

Contando con estos insumos de información se identificaron los impactos reportados o mencionados para los diferentes arrecifes que integran al PNSAV, identificando las fuentes (causas) a que se atribuye la problemática. La información generada fue clasificada de acuerdo tipo de problema (ambiental o de repercusión social) y al tipo de fuente (natural, antropogénica) y origen del mismo (interno al PNSAV, externo al PNSAV).

Con ayuda de un Sistema de Información Geográfica se ubicaron espacialmente las causas de la problemática ambiental del PNSAV para definir aquellas zonas ligadas funcionalmente al área que se encuentran fuera de la capacidad regulatoria de las autoridades del Parque (zona de planeación).

Para cada uno de los problemas ambientales y con apoyo en las causas relacionadas con cada uno se identificaron los actores involucrados, obteniéndose con ello una lista de sectores sociales con los cuales será necesario realizar acciones de gestión con la finalidad de reducir el impacto sobre el PNSAV.

La aproximación al análisis de la problemática ambiental se realizó desde una perspectiva cuantitativa (Andrade *et al.*, 1999), la cual permitió de acuerdo con la GAIFAN reconocer la problemática y los factores que la originan y priorizar la relevancia tanto de los diferentes impactos como de sus fuentes. Cabe mencionar que para sustentar los resultados de este análisis, se recopilaron las evidencias acerca de la ocurrencia de la problemática observada y sus fuentes. Dichas evidencias pueden ser observaciones de campo, análisis cartográfico y/o datos generados por otras instancias (bibliografía e informantes clave).

**Objetivo 3. Organizar los resultados de los objetivos anteriores con base en el esquema de Presión-Estado-Respuesta.**

Los resultados obtenidos en los pasos anteriores, permitieron tener un esquema de redes causales que brinda una idea clara de las amenazas (impactos) en el PNSAV y las causas de éstas. Como una medida para que esta información pueda traducirse en una herramienta en la toma de decisiones, la información obtenida fue organizada de acuerdo al esquema de Presión-Estado-Respuesta (PER). Este esquema fue concebido a partir del modelo original de Presión-Respuesta de Friends y Raport, (1979) y posteriormente utilizado en el seno de la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE) a principios de los años 90 y ha sido utilizado ampliamente en la generación de sistemas de indicadores sobre calidad ambiental en todo el mundo (OCDE, 1993).

En general, este esquema se basa en relaciones causales entre las actividades humanas y el ambiente: las actividades humanas ejercen **presión** sobre el ambiente y cambian su calidad y la cantidad de recursos naturales (**estado**). La sociedad responde ante estos cambios (**respuesta**) creando políticas ambientales, sectoriales y económicas que a su vez modifican la presión de las actividades humanas. En conjunto, estos tres componentes forman parte de un ciclo en la generación de políticas ambientales en el cual se incluye la percepción de los problemas, la formulación de las políticas, el monitoreo y la evaluación de la efectividad de las políticas aplicadas.

Para los términos de este trabajo, el **estado** está representado por las condiciones de cada unidad ambiental y su problemática, mientras que la **presión** lo está por las causas (fuentes) que generan dicha problemática.

**Objetivo 4. Seleccionar indicadores de Presión, Estado y Respuesta que permitan evaluar las acciones de manejo en el PNSAV.**

El proceso de toma de decisiones y la formulación de políticas en materia de conservación y manejo de recursos naturales siempre ha tenido la necesidad de contar con información oportuna que permita orientar las acciones aplicadas. Dicha información ha sido y está siendo desarrollada en forma de indicadores (Villa y McLeod, 2002), los cuales pueden ser definidos como parámetros o valores derivados de parámetros, que proveen información acerca de un fenómeno. Los indicadores cuentan con propiedades que se extienden más allá de las asociadas

directamente con el valor del parámetro, poseen un significado sintético y son desarrollados para un propósito específico (OCDE, 1994).

Los análisis planteados en los objetivos anteriores fueron ajustados al esquema de indicadores de Presión Estado y Respuesta (OCDE, 1993), ordenando los resultados de acuerdo con estos tres grandes componentes, lo cual deriva en el siguiente paso, que es la selección de atributos y características que permitan conocer de forma sintética la efectividad de las acciones de manejo en el SAV para modificar o influir en cada uno de ellos (Brown, 1994). Para ello se aplicó la modificación al esquema PER planteada por Lourens *et al.* (1997) para la Zona Costera Europea y por Espejel *et al.* (2004) para Baja California (Figura 7).

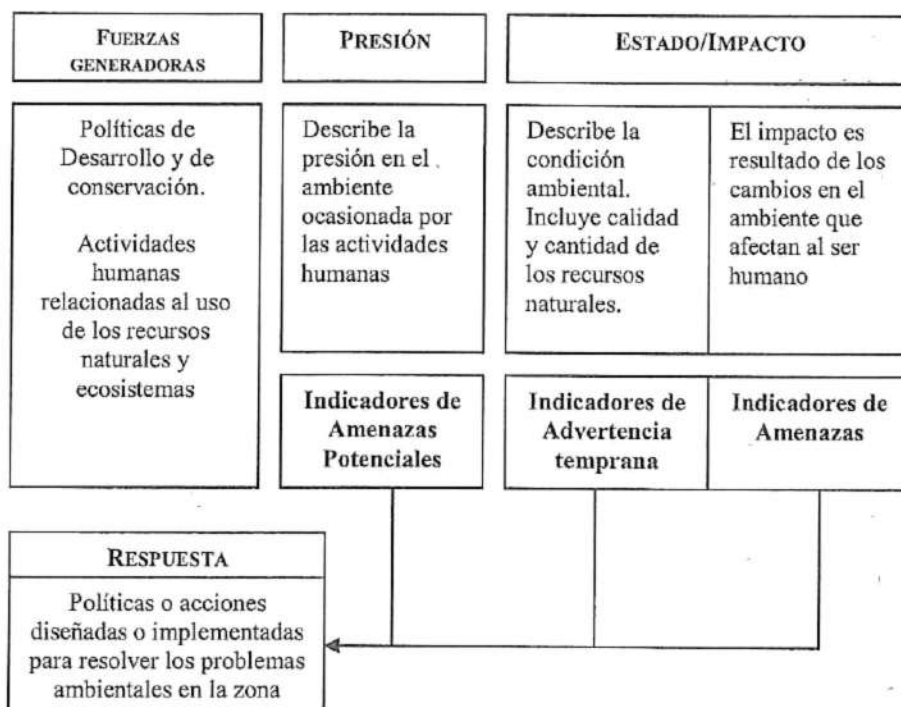


Figura 7. Esquema Presión-Estado-Respuesta (Lourens, *et al.*, 1997; Espejel *et al.*, 2004)

Se generaron dos grandes categorías de indicadores: macroindicadores e indicadores específicos. Los macroindicadores surgen a partir del valor sintético que posee la valoración de atributos de las unidades ambientales, de forma tal que es posible contar con un conjunto de indicadores de Estado/Impacto (contribución, rareza y calidad) y de Presión (valor como herramienta).

Los Indicadores específicos de Estado/Impacto surgen a partir de la problemática netamente ambiental, estando relacionados con las evidencias clave que permiten apreciar su presencia. Se definió para cada impacto encontrado, la forma en que este se manifiesta, identificando cuáles evidencias de los impactos pueden ser formalizadas a través de parámetros mesurables, considerando además el nivel en el cual repercute (ecosistémico, paisajístico, comunitario, poblacional, individual). Un tratamiento similar se aplicó a los indicadores de Presión, los cuales fueron generados a partir de las fuentes de la problemática ambiental detectadas. En el caso de los problemas ambientales con repercusiones sociales, estos fueron considerados como indicadores de Presión.

## 5. RESULTADOS

### 5.1 Enfoque a Macroescala

#### 5.1.1 La Gran Cuenca del Golfo de México.

Entender el funcionamiento y los factores que determinan la presencia y mantenimiento del Sistema Arrecifal Veracruzano exige una apreciación a macroescala del gran sistema que conforma el Golfo de México, considerándolo como el sistema de escala mayor que influye sobre el área de estudio (Brown, 1994; Nixon, 1996). Esta influencia se relaciona con los factores ambientales predominantes del golfo, mismos que moldean las características que lo distinguen como una gran cuenca oceánica.

Una figura establecida que permite abordar esta aproximación la constituye el esquema de Grandes Ecosistemas Marinos (GEM), propuesto por Sherman *et al.*, en 1993. Los GEMs son regiones del espacio oceánico rodeadas por áreas costeras las cuales van desde las cuencas hidrográficas hasta los límites oceánicos de la plataforma continental considerando los márgenes exteriores de grandes sistemas de corrientes; son regiones de 200,000 km<sup>2</sup> o más que se distinguen por sus características batimétricas, hidrográficas, de productividad y por contar con poblaciones asociadas tróficamente (Sherman *et al.*, 1993).

Dentro de este esquema, el Golfo de México es considerado como el GEM #5, colindante en su parte este con el GEM #12 Mar Caribe (Figura 8). Las penínsulas de

Florida y Yucatán, junto con la Isla de Cuba le confieren el carácter de mar semicerrado y determinan la entrada y salida de las masas de agua que lo conforman. A pesar de esta característica, el golfo se ha destacado como un sistema con capacidad de limpieza alta (Escofet, 2004).



Figura 8. Grandes Ecosistemas Marinos Golfo de México y Mar Caribe (tomado de NOAA, 2001)

#### 5.1.1.1 Cuencas hidrológicas

Enfocándolo con una perspectiva de macrocuenca, el Golfo de México es una provincia distributiva integrada por un área sedimentaria del orden de los  $5.40 \times 10^6$  km<sup>2</sup>; que incluye 159,890 km de ríos, entre los que sobresalen los dos mayores sistemas fluviales de Norteamérica: el Río Mississippi, en los Estados Unidos; y el Grijalva-Usumacinta, en México; y un área deposicional (el Golfo de México) de  $1.6 \times 10^6$  km<sup>2</sup> (Moody, 1967). Esta provincia comprende parte de cinco países: Canadá, Estados Unidos, México, Guatemala y Cuba. La región recibe más de las dos terceras partes de las depositaciones de la masa continental de los Estados Unidos a causa,

principalmente, de la gran extensión de las cuencas de drenaje del Sistema Mississippi-Atchafalaya, de los ríos de Texas y del Río Grande, que en conjunto constituyen el 75% del área de drenaje de la provincia.

La región de la vertiente del Río Mississippi tiene los registros de índices más altos de productividad primaria dentro del GEM del Golfo de México (Sklar y Turner, 1981; Lohrenz *et al.*, 1999). Los sistemas fluviales del territorio mexicano-guatemalteco aportan 11% del total del sistema distributivo de la provincia.

Proctor *et al.* (1980) señalan que la posición y elevación de la superficie terrestre intervienen en el tamaño y naturaleza de las cuencas de drenaje así como en los patrones de circulación, erosión, depositación y características de los sedimentos acarreados por los ríos. Donde las montañas se alejan de la costa, los ríos adquieren un gran potencial para el acarreo de sedimentos y materia así como para la formación de planicies aluviales. Comparativamente, esta capacidad de formación de tierras aluviales costeras de selvas y pantanos guatemaltecos y mexicanos del área de drenaje del sistema Grijalva-Usumacinta es seis veces mayor que la del sistema del Mississippi y más de diez veces mayor que la del Río Grande (Moody, 1967). El sistema Grijalva-Usumacinta junto con el Papaloapan, aportan el 55% de las descargas fluviales de la vertiente atlántica de México (Bassols, 1977). En total, 38 sistemas fluviales descargan alrededor de  $31.6 \times 10^6 \text{ kg s}^{-1}$  de agua dulce al Golfo de México acarrean 775 millones de toneladas de detritos y alrededor de 208 millones de toneladas de materiales disueltos.

### 5.1.1.2 Geología

Los procesos geológicos que determinan la distribución y el transporte de sedimentos se vinculan con las corrientes y descargas fluviales (ríos Mississippi, Pánuco, Papaloapan y Grijalva-Usumacinta), y con las corrientes de turbiedad asociadas a los cañones submarinos, principalmente el De Soto y el de Campeche (Bouma, 1972).

Estructuralmente y como área de depositación, el Golfo de México se divide en siete provincias geológicas: la Cuenca del Golfo, la Plataforma Carbonatada del Golfo Nororiental; la Plataforma Carbonatada del Sur de la Florida; la Plataforma de Yucatán y la Sonda de Campeche; la Zona Ístmica; la Plataforma Oriental Mexicana; y la Plataforma Noroccidental del Golfo (Antoine, 1972).

Desde una perspectiva morfotectónica, las costas del Golfo de México han sido clasificadas por Carranza *et al.* (1975) en cuatro grandes unidades continentales, aplicando los criterios de la clasificación tectónica de Inman y Nordstrom (1971) y la clasificación genética y geomorfológica de Shepard (1973). La primera de ellas, comprende una extensión de 700 km, desde la desembocadura del Río Bravo hasta Punta Delgada, Veracruz, tratándose de una costa de mar marginal. La segunda cubre 300 km y se extiende desde Punta Delgada hasta la desembocadura del Río Coatzacoalcos, Veracruz. También se trata de una costa de mar marginal, con depositaciones subaéreas que forman dunas cuyas proporciones secundarias están constituidas por algunas formaciones arrecifales. La tercera, se localiza entre el delta de la Laguna de Términos, Campeche. Tiene una extensión de 179 km y se caracteriza por la presencia de deltas, como los de Río Tonalá, el Grijalva-

Mezcalapa, el San Pedro y el San Pablo. La cuarta y última unidad comprende 1,100 Km., desde Isla Aguada, Campeche, hasta Chetumal, Quintana Roo. Al igual que las anteriores, es una costa de mar marginal que presenta numerosos cañones y sumideros, con depositaciones marinas que originan playas e islas de barrera que dan lugar a las principales formaciones arrecifales de México.

La plataforma continental del Golfo de México es compleja y diversa, incluyendo pendientes, acantilados, colinas, cuencas y cañones submarinos lo cual le confiere a éste características únicas permitiéndole flujos energéticos que generan y sostienen diversos sistemas ecológicos. Es amplia frente a las planicies costeras y relativamente estrecha a la altura de los sistemas montañosos que corren paralelos a la costa (Figura 9). Las extensiones extremas son de 260 Km. en la península de Yucatán, 180 Km. frente a Florida, y de 6 a 16 Km. frente a la región de los Tuxtlas (Linch, 1954; Lugo, 1985). La extensión de la plataforma continental permite fenómenos y procesos más numerosos que en el océano profundo estableciendo límites en el medio fluido en cuanto a la circulación superficial (Dietrich, 1975).

La extensión de las plataformas de tipo carbonatado es una característica singular del Golfo de México. Al oeste de la Península de la Florida y en la Sonda de Campeche, adquieren dimensiones muy amplias. Junto con la plataforma noroccidental frente a las costas de Louisiana y Texas y la estrecha plataforma terrígena frente a Veracruz, constituyen los ambientes que permiten las mayores formaciones arrecifales de la plataforma noroccidental de Cuba; los de Dry Tortugas y Rebecca, en Florida; los de West Flower Gardens y East Flower Gardens, en Texas-Louisiana; los de Blanquilla,

Isla Lobos y Enmedio, en el área Tampico-Tuxpan; La Gallega, La Galleguilla, Anegada de Adentro, Isla Verde, Pájaros y Sacrificios, en el área de Veracruz; Chopas, Enmedio, Anegada de Afuera, Cabezo y Rizo, en las cercanías de Antón Lizardo; y los de Arcas, Obispo, Triángulos, Banco Nuevo, Banco Inglés, Arenas y Alacrán, en la plataforma de Campeche (Logan, 1969; 1972; Wells, 1988).

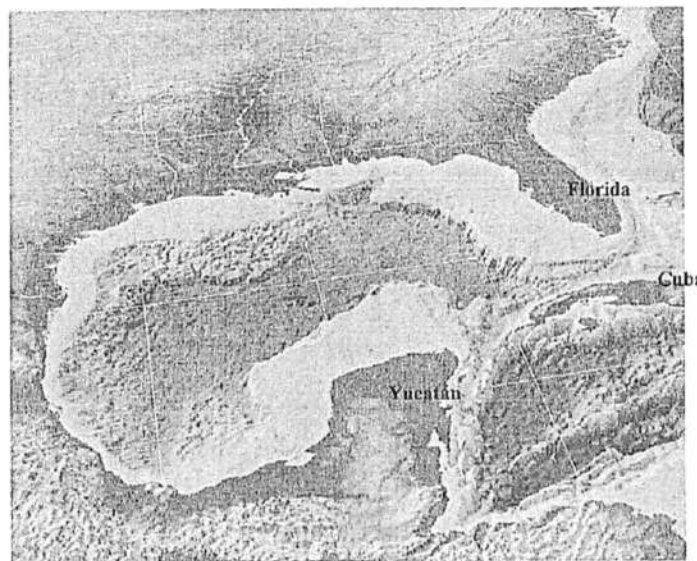


Figura 9. Batimetría e hipsometría del Golfo de México (tomado de <http://en.wikipedia.org/wiki/Image:GulfofMexico3D.png>)

### 5.1.1.3 Hidrología

Siete principales masas de agua se han identificado en el Golfo: Agua Común del Golfo (ACG), Agua Subtropical Subyacente (ASS), Agua de los 18°C del Mar de los Sargazos (AMS), Agua Central del Atlántico Tropical (ACAT), Agua Antártica Intermedia (AAI), Agua Profunda del Atlántico Norte (APAN) y Mezcla de Agua Intermedia del Caribe (AIC) con Agua Profunda del Atlántico Norte (APAN). Las

cuatro primeras constituyen la capa cálida superior (0 a 500 m) y las tres restantes integran la capa fría inferior (500 a 3,650 m) (Vidal *et al.*, 1990).

En el Golfo Oriental, las capas superficiales a profundidades entre los 150 y 250 m, presentan salinidades máximas entre 36.7 y 36.8, debido a la presencia de las ASS transportadas del Caribe por la Corriente de Lazo. Estas salinidades caracterizan a las aguas de la Corriente de Lazo, por lo que suelen llamarse "Aguas del Lazo", "Aguas Caribeñas" o "Aguas de Yucatán". En cambio, en el golfo occidental, las capas por encima de los 250 m presentan salinidades entre los 36.4 y 36.5. A profundidades superiores a los 600 m, las aguas del Golfo tienen características de temperatura y salinidad muy bien definidas. Entre los 700 y 800 m se presentan temperaturas alrededor de los 5°C y las salinidades mínimas de 34.88, que demuestran la presencia de las AAI. Por debajo de los 1,000 m las aguas manifiestan su estabilidad en las temperaturas, alrededor de los 5°C, mientras que las concentraciones de salinidad son prácticamente isohalinas: 34.97, lo que revela la presencia de las capas superiores de las APAN (Morrison *et al.*, 1983).

La dinámica de la circulación del Golfo occidental es el resultado de procesos generados por la Corriente de Lazo (Lewis y Kirwan, 1985 y 1987; Vidal *et al.*, 1985 y 1992), la cual junto con sus anillos ciclónicos y anticiclónicos asociados constituyen los mecanismos primarios que movilizan, distribuyen y dispersan las masas de agua en el Golfo de México (Elliot, 1982). Esto confiere a este mar semicerrado características similares a las grandes cuencas oceánicas (Sturges y Evans, 1983), ya que juegan un papel decisivo en la circulación, renovación y

balances térmicos y salinos de sus masas de agua superficiales; en la climatología e hidrografía de una vasta porción de sus regiones oriental, central y occidental; en la dinámica de los procesos costeros; en la generación de las tormentas tropicales que se desarrollan con gran frecuencia en su extremo noroccidental; y en las pesquerías de sus sistemas estuarinos (Lewis *et al.*, 1989; Lewis y Hsu, 1992; Fernández *et al.*, 1993).

La Corriente de Lazo, transporta volúmenes de agua del Caribe estimados alrededor de 35 Sv (Biggs *et al.*, 1998), y la cantidad de agua que circula a través del Estrecho de Florida es de 30 Sv (Sheinbaum *et al.*, 1997), en tanto que los anillos anticiclónicos que se desprenden de esta corriente movilizan hacia la región occidental (norte, centro y sur) del golfo volúmenes estimados entre 8-10 Sv (Elliot, 1982; Vidal *et al.*, 1992).

Cuando la Corriente de Lazo penetra la región oriental del golfo a la altura de los 27°N, se crean inestabilidades que terminan por formar anillos ciclónicos y anticiclónicos que se desprenden de la corriente y viajan comúnmente hacia el occidente, atravesando la región central y de aguas profundas del Golfo de México hasta chocar con la pendiente de la plataforma continental, al este de Tamaulipas. En esta zona de colisión, la circulación superficial se divide, una parte corre hacia el norte y otra hacia el sur, en paralelo a la costa occidental del Golfo. El primero de estos flujos transporta hacia el norte, volúmenes estimados en 7 Sv, a lo largo de la plataforma continental. Entre ambos movilizan flujos combinados de 18 Sv.,

equivalentes a más del 60% de los volúmenes que ingresan en el Golfo de México a través de la Corriente de Lazo (Vidal *et al.*, 1992).

Estos flujos, que duran generalmente de seis a ocho meses (tiempo que les lleva cruzar el Golfo de México) persisten 35 meses más después de interactuar con la batimetría de la plataforma occidental del golfo (mexicana y estadounidense). El tamaño de estos anillos (de radios aproximados de 150 Km.), la velocidad de sus desplazamientos ( $5,075 \text{ cm s}^{-1}$ ), la frecuencia de su separación (más de tres al año) y la complejidad de sus interacciones, entre ellos y la plataforma continental, los convierten en los principales responsables del transporte de las aguas cálidas y salinas caribeñas hacia el interior del golfo (Lewis *et al.*, 1989).

Los giros ciclónicos localizados en la cuenca central y sobre el talud continental, frente a Louisiana cerca de  $92^\circ \text{ W}$ , tienen un período de rotación de dos semanas, una vida media de seis meses, diámetros de 100 a 150 Km. y velocidades del flujo en la capa superior, que van de 30 a  $50 \text{ cm s}^{-1}$ , con movimientos de traslación más limitados que los giros anticiclónicos. En la Bahía de Campeche, situada en la región sur-oeste del Golfo de México, presenta una circulación ciclónica durante el otoño, con un transporte de 3 Sv (Molinari *et al.*, 1978).

Otro factor importante para la circulación de las aguas superficiales del Golfo es la presencia durante el otoño y el invierno de masas de aire polar con rachas violentas y huracanadas de dirección boreal conocidas como "nortes", que afectan sobre todo al noroeste del Golfo y que se presentan un promedio de 20 a 30 eventos anuales

(NOAA, 1983). En esta temporada los "nortes" se combinan con los anillos ciclónicos y anticiclónicos, para convertirse en los procesos primarios que dominan la circulación superficial en la región noroccidental del golfo (Cochrane y Kelly, 1986). Cuando estos aires fríos y secos pasan sobre el golfo, el calor de las capas superficiales se transfiere hacia arriba y es acarreado hacia la atmósfera por la turbulencia del aire. La Corriente de Lazo, y sus anillos anticiclónicos, se transforman así en una enorme y consolidada fuente de calor de la cual las tormentas tropicales extraen una gran parte de su energía (Lewis y Hsu, 1992), lo que convierte al Golfo de México en un mecanismo de transferencia de energía en el sistema océano-atmósfera (Fernández *et al.*, 1993), lo cual podría verse aumentado por la presencia de huracanes que sobrepasan los  $120 \text{ km h}^{-1}$  y ocasionan lluvias superiores a los 1,000 mm.

El estrés ejercido por estos vientos sobre las aguas superficiales del Golfo produce la mezcla de las capas superiores, y la dilución de las aguas cálidas y salinas caribeñas acarreadas por los anillos de la Corriente de Lazo hasta convertirlas en ACG (Vidal *et al.*, 1992).

En el invierno, en la región noroccidental estadounidense, la temperatura de las aguas superficiales desciende hasta los  $19^{\circ}\text{C}$  y a partir de este mínimo, localizado sólo en éste área, asciende hasta alcanzar los  $27^{\circ}\text{C}$  en la Plataforma de Yucatán. El campo de la salinidad superficial guarda un comportamiento similar al de la temperatura. En la misma temporada presenta oscilaciones entre un mínimo de

31.07, en el norte, hasta un máximo de 36.68, en el Banco de Campeche (Toledo-Ocampo, 1996).

En el verano, el calentamiento de las aguas superficiales alcanza sus niveles máximos y la temperatura superficial muestra un gradiente altitudinal. En esta temporada las aguas del norte alcanzan temperaturas superiores a los 28°C, casi las mismas de la parte central y suroriental, que alcanzan los 29.7°C y 28.9°C, respectivamente. Esta uniformidad en el comportamiento de la temperatura también se presenta en los niveles de la salinidad, que oscilan entre 36 y 36.7 (De la Lanza, 1991).

En la región noroccidental del Golfo la capa de mínimo oxígeno se denota por una concentración de 2.0 mL L<sup>-1</sup> entre los 200 y los 600 m de profundidad. En la región del sur, el mínimo de oxígeno es de 2,4 mL L<sup>-1</sup>, a partir de los 200 metros, afectado por los giros anticiclónicos. En la Plataforma de Yucatán, se registra un ligero aumento en el contenido de la capa de mínimo oxígeno, resultado de la dinámica de la Corriente de Yucatán. En esta zona se detectan surgencias de aguas ricas en nutrientes (Fernández *et al.*, 1993).

Salvo en las zonas de las plataformas de Florida y Texas-Louisiana, donde las mareas son mixtas, prácticamente todas las otras áreas del Golfo de México prevalecen las mareas diurnas cuyas oscilaciones no son mayores de 30 a 60 cm. (Marmer, 1954; Toledo-Ocampo, 1996).

#### ***5.1.1.4 Productividad primaria y aspectos biológicos***

La productividad primaria varía de acuerdo a las condiciones eutróficas en aguas costeras y a las oligotróficas en el océano profundo, sin embargo, el Golfo de México como GEM se considera clase II, es decir, moderadamente productivo ( $150-300 \text{ gC m}^{-2}$ ). La productividad de éste GEM es muy compleja, Lohrenz *et al.*, (1999) distinguen procesos a escala local, mesoescala y a escala sinóptica, donde los procesos a escala local incluyen el flujo de pequeños ríos y estuarios, el efecto del oleaje y la circulación cercana a la costa; los procesos a mesoescala incluyen mareas, efectos topográficos, flujos de grandes ríos, efectos de la circulación de la Corriente de Lazo, etc. Por su parte, los procesos a escala sinóptica incluyen variaciones estacionales en las condiciones solares y atmosféricas y las intrusiones de la Corriente de Lazo.

Se considera que al menos una parte de las aguas oceánicas del Golfo de México son áreas oligotróficas y biológicamente pobres (Toledo-Ocampo, 1996). Las cuantificaciones realizadas de clorofila, nitratos, productividad primaria y fosfatos en los centros de la Corriente del Lazo y sus anillos ciclónicos y anticiclónicos lo confirman (más del 50% del área total del golfo, durante más de seis meses al año). Las aguas superficiales de los centros de los anillos, a profundidades de más de 100 m muestran bajos niveles de nitratos y los "stocks" de clorofila son igualmente bajos ( $20 \text{ mg mL}^{-1}$ ) y la productividad primaria tiene registros de  $0.4 \text{ mg C m}^3 \text{ h}^{-1}$ . Los niveles de la biomasa zooplanctónica son de 4 mL por cada  $100 \text{ m}^3$  durante la noche en la capa superior (200 m) lo que, en general, revela cifras pobres (Biggs, 1992).

La zona del sudoeste de Cuba, Canal de Yucatán y Estrecho de Florida está muy influida por las aguas del Caribe occidental al sudoeste de la Isla de Cuba. Se caracteriza por aguas cálidas con alta estabilidad térmica, marcada estratificación vertical, corrientes de gran intensidad y densidad de pigmentos media anual de  $0.09 \text{ mg m}^{-3}$ . Presenta una moderada estacionalidad en la densidad de pigmentos superficiales con máximos en los meses de invierno entre octubre y marzo (valor promedio de  $0.16 \text{ mg m}^{-3}$ ) y mínimos en verano entre abril y septiembre (valor promedio de  $0.06 \text{ mg m}^{-3}$ ). Las aguas de esta región penetran en el Golfo de México por el Canal de Yucatán generando la antes citada corriente de Lazo, la cual tiene densidades medias de pigmentos inferiores al de las aguas interiores del Golfo. Al pasar por el Canal de Yucatán la Corriente del Caribe occidental recibe la influencia de las aguas del Golfo de México, pero conserva su identidad para generar la Corriente de la Florida y transformarse posteriormente en la Corriente del Golfo con densidad media anual de pigmentos ligeramente superior a las del Caribe occidental ( $0.12 \text{ mg m}^{-3}$ ). En el Canal de Yucatán y Estrecho de La Florida las variaciones estacionales de la intensidad de las corrientes se producen en fase (Maul y Vukovich, 1993), observándose mayor intensidad de la circulación superficial en los meses cálidos del año (Melo-González *et al.*, 2000).

En el sistema de corrientes del Canal de Yucatán, durante todo el año se produce un enriquecimiento en material biogénico que genera zonas de altas concentraciones de pigmentos de los organismos planctónicos. Esto también ocurre hacia la izquierda del flujo principal (Melo-González *et al.*, 2000).

El aumento de pigmentos de clorofila en invierno se produce debido al debilitamiento de la estabilidad térmica (Pérez *et al.*, 1990; Victoria *et al.*, 1990) y a un aumento en el régimen de nutrientes con respecto al verano (Fernández *et al.*, 1993). La tendencia a la disminución de la densidad de pigmentos hacia el mes de julio resalta el papel que representa la estabilidad térmica como determinante del contenido de clorofila en superficie (Melo-González *et al.*, 2000).

En la región central del Golfo de México, la densidad de pigmentos media anual es de  $0.12 \text{ mg m}^{-3}$ , mostrando una notable estacionalidad en la densidad de pigmentos superficiales con máximos en los meses de invierno (valor promedio de  $0.20 \text{ mg m}^{-3}$ ) y mínimos en verano (valor promedio de  $0.08 \text{ mg m}^{-3}$ ). Dentro de esta zona, se nota una mayor dispersión en el comportamiento de la densidad de pigmentos que en la zona del sudoeste de Cuba y los canales de Florida y Yucatán, lo que evidencia la influencia de otros factores presentes en el Golfo de México. En invierno se produce un notable aumento en la densidad de pigmentos superficiales debido a la intensa fertilización de las capas superficiales por el ingreso de nutrientes de las capas profundas inducido por la inestabilidad térmica que provoca el fuerte oleaje predominante (Victoria *et al.*, 1990). La mayor influencia continental en esta zona genera la incidencia más frecuente e intensa de frentes fríos y bajas extratropicales con fuertes vientos y precipitaciones (ACC, 1989).

En algunas regiones, como en las plumas de los ríos Mississippi y Grijalva-Usumacinta, en la Plataforma de Louisiana-Texas y en la de Yucatán, así como en las fronteras de la Corriente de Lazo y de sus anillos anticiclónicos, se presentan

elevadas concentraciones de nutrientes y la biomasa fitoplanctónica es muy alta (Melo-González *et al*, 2000; Toledo-Ocampo, 1996; Bogdanov *et al.*, 1968). Según Iverson (1977), los huracanes que afectan la región podrían incrementar la biomasa fitoplanctónica y producción primaria ya que incrementan la advección de nutrientes hacia aguas superficiales.

La riqueza biótica del Golfo de México está determinada por la amplitud de su plataforma continental (al sur y al oeste de la Florida, frente a Louisiana-Texas y en la Sonda de Campeche tiene mas de 150 km); las enormes descargas de algunos de sus sistemas fluviales (sobre todo de los Ríos Mississippi y Grijalva-Usumacinta); los movimientos de las masas de agua (cuyos desplazamientos ondulatorios y verticales permiten la formación de amplias zonas de surgencias); la calidez de sus aguas superficiales (cuya estabilidad, superior a los 20°C prácticamente todo el año es extremadamente importante para las especies que la habitan: la mayoría de los peces de valor alimenticio y pesquero viven entre los 20 y 50 m de profundidad); las condiciones particularmente favorables de luminosidad para la vida marina (su zona eufótica abarca hasta el fondo de sus productivas plataformas carbonatadas); la estabilidad de sus salinidades superficiales; el comportamiento del oxígeno disuelto y la densidad de sus masas de agua así como por la distribución de sus nutrientes particularmente de los fosfatos. La conjunción de estos factores, hacen al Golfo de México una de las mayores fuentes de energía y una de las regiones biológicamente más productivas del Atlántico tropical (Toledo-Ocampo, 1996).

La distribución de las larvas de algunas de las pesquerías más importantes del Golfo ha sido asociada con los bordes de la Corriente de Lazo (Toledo-Ocampo, 1996). En esa área, Richards *et al.* (1989) registraron el desplazamiento de altos volúmenes de plancton con promedios de 87 ml x 1,000 m<sup>-3</sup> y altas densidades de larvas con promedios de 458 ml x 1,000 m<sup>-3</sup>.

#### *5.1.1.5 Patrones biogeográficos*

Briggs (1994) plantea un esquema biogeográfico del Golfo de México que se basa en patrones de distribución faunística del Reino Bentónico, acoplado con la temperatura. Propone una subdivisión en dos provincias: una que pertenece a la Región del Atlántico Tropical Occidental (RATO) y otra a la Región Carolinense (RC).

La RATO está conformada por tres provincias zoogeográficas: la Caribeña, la Brasileña y la Antillana (Figura 10). (Briggs, 1974; 1994). La provincia Caribeña, que es la que atañe a este trabajo, tiene su límite norte en la Península de Florida. En la costa Atlántica, este límite se fija a la altura de Cabo Cañaveral, mientras que en la costa del Golfo de México se sitúa a la altura de Cabo Romano. La porción sur de esta provincia es la más larga y se extiende desde Cabo Rojo (al sur de Tampico), siguiendo la costa del sur del Golfo de México, de América Central y de Sur América hasta la delta del Río Orinoco en la parte oriental de la costa venezolana.



**Figura 10. Provincias zoogeográficas en la región del Golfo de México y Mar Caribe (tomado de Briggs, 1994)**

La Corriente de la Florida es considerada una importante barrera geográfica que aísla esta provincia de la porción norte de la Provincia Caribeña (Florida). De igual manera, se considera que las fuertes corrientes en el estrecho de Yucatán y el paso entre Granada y Trinidad constituyen también importantes barreras geográficas (Briggs, 1974,1994).

La sección norteña del Golfo de México pertenece a la RC (Figura 10) (Briggs, 1994) la cual se encuentra expuesta a aguas cálidas acarreadas al norte por el sistema de corrientes del golfo. La corriente del Mar Caribe entra al Golfo de México a través del Canal de Yucatán y la Corriente de Florida transporta el flujo a través del Estrecho de Florida en dirección norte, a lo largo de toda la costa este de Florida. La

RC se divide en dos partes, una dentro del Golfo de México y otra en las costas occidentales del Atlántico. Dentro del Golfo de México, la fauna templada-cálida ocupa el norte de los límites o fronteras tropicales en Cabo Romano, Florida y Cabo Rojo, México. La sección en el Atlántico se encuentra entre Cabo Cañaveral y Cabo Aterras. La RC es considerada por otros autores como una subprovincia dentro de la RATO (Ekman, 1953; Díaz-Merlano y Puyana-Hegedus, 1994; Salazar-Vallejo, 2000).

Salazar-Vallejo (2000), considera a la totalidad del Golfo de México y Mar Caribe, Bermuda y el litoral norte Brasileño (hasta el delta del Río Amazonas) como una sola provincia: El Gran Caribe.

Díaz-Merlano y Puyana-Hegedus (1994) y un trabajo posterior de Díaz-Merlano (1995) establecen una regionalización más detallada utilizando la distribución de gasterópodos, proponiendo la división del Gran Caribe en 9 subprovincias: Carolinense, Golfo de México, Floridana, Antillas Mayores, Antillas Menores, Nica-Colombiana, Colombo-Venezolana, Guyanense y Brasileña.

En esta propuesta del Gran Caribe, se menciona la separación de la subprovincia Carolineana en el Golfo de México, en dos zonas: una llamada Lusitana, que tiene mayor afinidad con aguas templadas o frías y la Floridana, basada en las diferencias genéticas encontradas en los organismos que viven a cada lado de la península. La parte sur de la provincia del Gran Caribe se divide en las subprovincias Nica-Colombiana, por lo reducido de la plataforma continental; Colombo-Venezolana,

delimitada por las surgencias de la zona; Antillas Menores, definida por el efecto de aislamiento resultado de la influencia del aporte del Orinoco; Guyanense, delimitada por los aportes del Amazonas y el Orinoco; y la extensa plataforma continental de fondos blandos de la subprovincia Brasileña (Salazar-Vallejo, 2000).

Engle y Summers (2000), apoyan esta división del norte del Golfo de México y el oeste del Atlántico basándose en análisis de especies bénticas endémicas y análisis de clusters. Proponen una provincia Virginiana que va de Cabo Cod, Massachussets a Wilmington, en Carolina del Norte; la provincia Golfo de México a partir de Río Grande en Texas en el oeste del Golfo de México y Cabo Romano, Florida al este y la provincia de Florida del Sur, a 26° N. La región que comprende Carolina del Sur, Georgia y el norte de la Florida representa un área transicional entre las provincias templadas y las tropicales.

#### **5.1.1.6 Socioeconomía del Golfo**

Tanto México como los Estados Unidos de Norteamérica poseen una franja de doce millas náuticas de amplitud, medidas a partir de la línea de costa, de mar territorial. Sus zonas económicas exclusivas tienen una amplitud de 200 millas náuticas.

La economía humana del Golfo de México está basada en la extracción, procesamiento y distribución de hidrocarburos; en la actividad de los complejos portuarios industriales y comerciales, las pesquerías y en las actividades agropecuarias y turísticas (Botello *et al.*, 1996).

En el Golfo de México, se localizan algunas de las mayores provincias petroleras en producción del hemisferio occidental, East Texas, Gulf Coast y Delta Mississippi, en Estados Unidos; Reforma-Tabasco y Sonda de Campeche, en México (Botello *et al.*, 1996). El Golfo de México no es sólo la región de mayor importancia en la producción y procesamiento de hidrocarburos en Estados Unidos y México, sino que también se trata de la mayor área de perforaciones petroleras marinas en el mundo. Los 80 complejos de refinación y petroquímicos instalados en las costas estadounidenses (Texas y Louisiana, principalmente), representan el 45% de la capacidad total de procesamiento de crudo y el 80% de gas natural que consumen en Estados Unidos. La zona marina de Campeche, por su parte aporta el 80% de la producción petrolera de México y cuenta con el 90% de las instalaciones para el procesamiento del petróleo crudo y el gas natural que hay en las costas del Golfo (Botello *et al.*, 1996).

#### **5.1.1.6.1 Puertos**

Existe un intenso tráfico marítimo entre los puertos del Golfo de México, los de la costa del Pacífico de ambos países, los de Europa y los del sureste asiático. Las mayores complejos portuarios en el Golfo son: Brownsville, Corpus Christi, Houston, Galveston y Nueva Orleans, en la costa estadounidense, y en México el de Tampico-Madero, Veracruz, Coatzacoalcos-Minatitlán, Dos Bocas y Cayo Arcas (Botello *et al.*, 1996; Ortiz-Lozano *et al.*, 2005).

#### 5.1.1.6.2 Pesquerías

Aunque las grandes pesquerías de la costa atlántica estadounidense datan de hace por lo menos dos siglos, las que se llevan a cabo en el norte del Golfo de México sólo alcanzaron importancia después de la Segunda Guerra Mundial. De estas las del camarón (café, blanco y rosado) son, sin duda, las más valiosas (Botello *et al.*, 1996, Botello *et al.*, 2005). En el mar territorial y en las costas mexicanas se practica la pesquería de algunas especies de escama (mojarra, huachinango, pargo, mero y sierra), crustáceos (camarón y jaiba) y moluscos (ostión, principalmente). En la Sonda de Campeche se localiza más de la mitad de los peces demersales, el 30% del camarón, el 40% de los moluscos y el 20% de los túnidos existentes en las aguas costeras de México (Botello *et al.*, 1996; Botello *et al.*, 2005). Esta actividad se ha incrementado notablemente en el Golfo de México y representa más del 40% de la captura nacional (Ortiz-Lozano *et al.*, 2005)

Los puertos pesqueros más importantes dentro del Golfo de México para los Estados Unidos son: Pascagoula-Moss Point, Mississippi; Empire Vence, Cameron, Intercoastal City, y Dulac-Chauvin en Louisiana; y Brownsville-Port Isabel en Texas (Weber *et al.*, 1992). Más de 20 puertos pesqueros se localizan a lo largo del litoral mexicano, entre éstos sobresalen, por su importancia: Tampico, Tamiahua, Tecolutla, Veracruz, Alvarado, Sánchez Magallanes, Frontera, Ciudad del Carmen, Lerma y Yucalpetén. En conjunto estos puertos contribuyen a la captura del 35% de la producción pesquera nacional (SEPESCA, 1988).

### 5.1.1.6.3 Ciudades costeras

Cinco de los estados que conforman los Estados Unidos de América limitan con el Golfo de México: Florida, Alabama, Mississippi, Louisiana y Texas. Las ciudades costeras más importantes en Florida son: Saint Augustin, Daytona Beach, West Palm Beach, Fort Lauderdale, Miami, Tampa, Saint Petesburgh, Clear Water, Panama City y Pensacola; en el estado de Alabama, la ciudad costera de mayor importancia es Mobile; Bilvi en el Mississippi; Nueva Orleáns en Louisiana y Texas City, Galveston, Corpus Christi y Port Arthur en Texas.

De las 32 entidades federativas que conforman la república mexicana, seis estados limitan con el Golfo de México y el Mar Caribe: Tamaulipas, Veracruz, Tabasco, Campeche, Yucatán y Quintana Roo (INEGI, 1995). Las ciudades costeras más importantes en estos estados son: para Tamaulipas: Tampico y Ciudad Madero; en Veracruz, Tamiahua, Tuxpan, Nautla, Veracruz, Boca del Río, Alvarado y Coatzacoalcos; en Tabasco: Encrucijada, Paraíso y Frontera; Campeche: Ciudad del Carmen, Champotón, Seybaplaya y Campeche; en Yucatán: Celestún, Progreso, Telchac Puerto, Dzilam de Bravo, Cuyo y Holbox; y en Quintana Roo: Cancún, Pamul, Felipe Carrillo Puerto y Chetumal (Ortiz-Lozano *et al.*, 2005; Enciclopedia de México 2000, 2000).

#### **5.1.1.6 Áreas Naturales Protegidas (ANP)**

Las áreas marinas protegidas que pertenecen a los Estados Unidos de América dentro del Golfo de México son: Florida Keys y Flower Garden Banks, Dry tortugas, Everglades, Cañaveral, Gulf Islands, Padre Island y Bisayne (Bortman *et al.*, 2003).

De las Áreas Naturales Protegidas (ANP) que existen en México los Parques Nacionales corresponden a playas y zonas marítimo-terrestres contiguas en las cuales se permiten los aprovechamientos y usos establecidos en la declaratoria correspondiente. Como ANP incorporadas desde 1996 a la categoría de Parque Nacional, dentro del Golfo de México y Mar Caribe encontramos: Arrecife Alacranes (Yucatán), Arrecifes de Cozumel (Quintana Roo), Isla Mujeres, Punta Cancún y Punta Nizuc (Quintana Roo), Sistema Arrecifal Veracruzano (Veracruz).

Bajo otras categorías, en la zona costera del Golfo de México y Mar Caribe se ubican las siguientes ANP: Laguna de Términos (Campeche), Uaymil, Tulum, Banco Chinchorro e Isla Contoy (Quintana Roo) y Ría Lagartos (Yucatán) (INEGI, 1997).

#### **5.1.2 Valoración Regional del PNSAV.**

La presencia de arrecifes coralinos sobre la plataforma continental sedimentaria del Golfo de México es poco común, debido principalmente al fuerte aporte de sedimentos de los ríos que desembocan en ella. EL PNSAV representa el sistema arrecifal más grande sobre esta plataforma, por lo cual se le asignó un puntaje de 4 en la escala de valoración del atributo de contribución (Tabla 2).

Este sistema arrecifal presenta especies coralinas sujetas a protección especial por la NOM-059-SEMARNAT-2001 (*Acropora palmata*, *A. cervicornis*, *Plexaura homomalla*) además de especies en peligro de extinción como las tortugas marinas *Chelonia mydas* y *Careta careta*. Además, en él se encuentran los únicos arrecifes bordeantes litorales de la porción occidental del Golfo de México. Estas características permitieron asignarle un valor de Rareza de 4 (Tabla 2).

*Tabla 2 Valoración Regional del PNSAV.*

CRITERIO	PUNTAJE
<b>Contribución</b> al sistema de arrecifes de plataforma sedimentaria del Golfo de México	4
<b>Rareza.</b> Presencia de especies coralinas bajo protección y sitios de anidación de tortugas marinas. Presencia de los únicos arrecifes bordeantes litorales del Golfo de México.	4
<b>Calidad.</b> Es un buen ejemplo de este tipo de sistemas en el Golfo de México	2
<b>Valor como herramienta.</b> Es uno de los principales sitios de pesca de la región, es un sitio turístico y en él se desarrollan actividades educativas y de investigación.	4
<b>Promedio</b>	3.5

En el atributo Calidad se consideró que bajo el esquema de presión antropogénica que se aprecia en escala regional sobre el PNSAV, el sistema es un buen ejemplo de este tipo de ambientes en el Golfo de México, lo cual corresponde al valor de 2. El valor como herramienta del PNSAV fue evaluado con 4 debido a la relevancia económica local y regional del área protegida, además de su importancia turística y de la utilidad que representa para actividades académicas.

El promedio de la valoración de los atributos del PNSAV fue de 3.5, que en la escala de la GAIFAN correspondería a un valor de importante-muy importante, lo cual es coincidente con los motivos de protección del área manifiestos en la Declaratoria Oficial: “*se requiere preservar el ambiente natural del “Sistema Arrecifal Veracruzano”, a fin de asegurar el equilibrio y la continuidad de sus procesos ecológicos, salvaguardar la diversidad genética de las especies existentes, asegurar el aprovechamiento racional de los recursos y proporcionar un campo propicio para la investigación científica y el estudio del ecosistema y su equilibrio*” (DOF, 1992).

## 5.2 Enfoque a mesoescala

### 5.2.1. Zona de Regulación

La Zona de Regulación del PNSAV se encuentra definida en el decreto presidencial del 25 de agosto de 1992, donde se confiere al Sistema Arrecifal Veracruzano el carácter de Parque Marino Nacional, estatus que se modificó en 1996 por las reformas a la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA), en las cuales desaparece la figura de Parques Marinos siendo recatalogados únicamente como Parques Nacionales, siendo aplicado al PNSAV en el año 2000 (DOF, 2000). En esta declaratoria se especifican las coordenadas que marcan los diferentes puntos del polígono del Parque, delimitando un área de 52,238 Ha (DOF, 1992) (Figura 11).

El objetivo primordial del establecimiento del PNSAV es brindar un estatus de protección legal a los 23 arrecifes que lo conforman, considerándolos como los objetos de protección debido a su *potencial científico, económico, educativo, pesquero, histórico, turístico y cultural* (DOF, 1992).

En la declaratoria del Parque se realiza una subdivisión del sistema en 12 “zonas” de arrecifes y una considerada para el tránsito de buques (fondeadero) (Figura 12), aunque no se especifica el motivo de esta subdivisión.

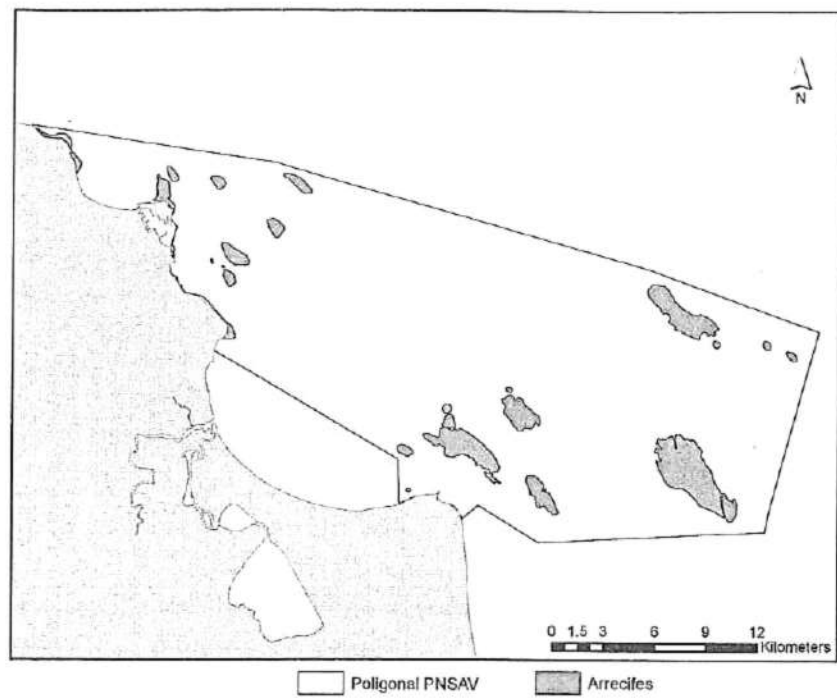


Figura 11. Límites oficiales del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano.

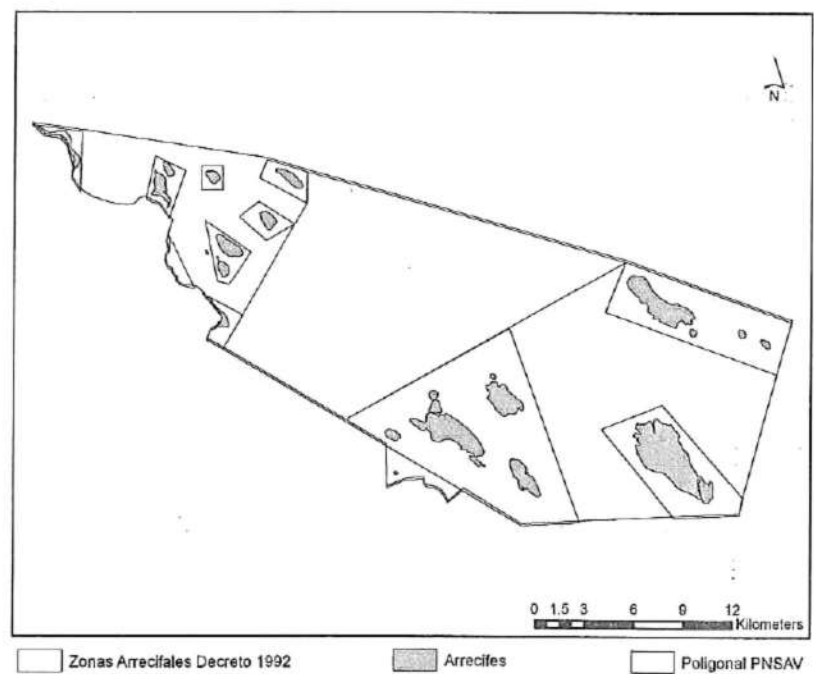
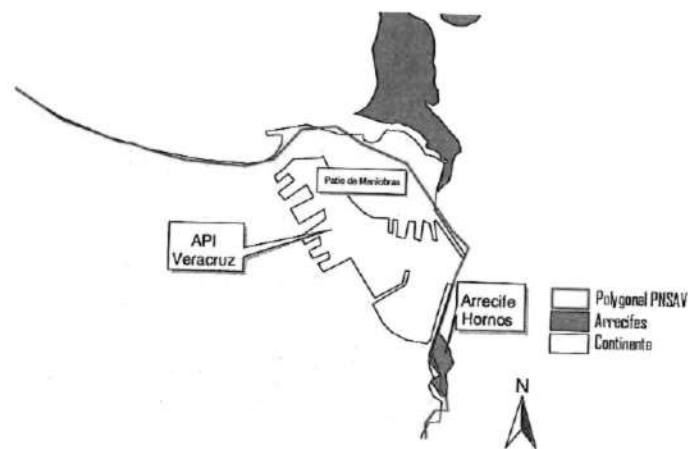


Figura 12. Zonas del polígono del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano (tomado de CEP, 2000)

Los hábitats ligados a estos arrecifes solamente son incluidos dentro de la iniciativa de protección de forma incidental, siendo considerados dentro del polígono del Parque parte de los fondos marinos en los cuales se desarrollan las formaciones arrecifales, dejando fuera de protección a hábitats relevantes como playas, manglares y dunas (Salm, 1984).



**Figura 13. Inconsistencias en la Poligonal del PNSAV (tomado de CEP, 2000)**

Es necesario acotar la existencia de algunas inconsistencias en la poligonal del Parque que principalmente se observan en los límites de la zona marina y la terrestre. Cuando se sobrepone cartografía escala 1:250 000 de las costas del estado de Veracruz con las coordenadas proporcionadas en el decreto se aprecia que, en varios puntos, la poligonal se solapa con la parte terrestre, quedando, por ejemplo, parte de los patios de manejo de contenedores del Puerto de Veracruz dentro del Parque. Por el contrario, en el caso del Arrecife Punta Gorda, ubicado al norte del Puerto, la

poligonal deja fuera de protección la porción sureña del macizo arrecifal, ocurriendo lo mismo en el Arrecife Hornos al sur del puerto (Figura 13). Estas inconsistencias han sido acotadas a la CONANP (Juan Manuel Vargas, CEP, *com. pers.*) pero no han sido oficialmente rectificadas al momento de elaborar este trabajo.

De acuerdo con el decreto de establecimiento, existen dos autoridades de carácter federal que tienen atribuciones para emitir medidas regulatorias y de vigilancia dentro de este Parque Nacional: La Secretaría de Marina (SEMAR) y la Secretaría de Pesca, (ahora una subsecretaría de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, SAGARPA). La LGEEPA atribuye estas funciones a la SEMAR y a la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) a través de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), cada una de acuerdo con sus atribuciones (Tabla 3).

Actualmente, la administración del PNSAV descansa en la SEMARNAT a través de la CONANP (DOF, 2003), la cual cuenta con una Dirección Administrativa ubicada en la Ciudad de Veracruz.

En la declaratoria, se considera también a las secretarías de Desarrollo Social y de Comunicaciones y Transportes junto con los gobiernos del Estado de Veracruz Llave y de los municipios de Veracruz, Boca del Río y Alvarado como participantes en la elaboración coordinada del Programa de Manejo del Parque.

*Tabla 3. Atribuciones de las Secretarías Federales que tienen jurisdicción sobre el Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano (modificado de Torres-Nachón, 2003) (en negrillas las atribuciones mas relacionadas).*

SECRETARÍA	ATRIBUCIONES DE ACUERDO A SU REGLAMENTO INTERNO
<i>SECRETARÍA DE MARINA</i>	Ejerce la soberanía en las aguas territoriales, vigila las costas, las vías navegables de comunicación, las islas y la zona económica exclusiva. Puede construir, reconstruir y conservar obra portuarias para la Armada. También realiza actividades vinculadas con la investigación científica y tecnológica que incluye realizar trabajos topo hidrográficos, organizar cartas marinas, realizar investigación oceanográfica e integrar archivo de información oceanografía nacional. Interviene en el otorgamiento de permisos a expediciones científicas extranjeras en aguas nacionales. En materia de agua, da las autorizaciones para hacer vertimientos de aguas residuales al mar.
<i>SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES</i>	Fomenta la protección, restauración y conservación de ecosistemas, recursos naturales, bienes y servicios ambientales. Otorga autorizaciones y permisos para el uso de la zona federal marítimo terrestre, para el aprovechamiento de recursos forestales, de flora y fauna, <b>administra las áreas naturales protegidas federales</b> , promueve el ordenamiento ecológico del territorio, evalúa y dictamina sobre las manifestaciones de impacto ambiental, controla y reglamenta el aprovechamiento de cuencas hidráulicas, autoriza el vertimiento de aguas residuales a aguas nacionales, interviene en cuestiones sobre calidad del agua y en general su aprovechamiento y conservación.
<i>SECRETARÍA DE AGRICULTURA, GANADERÍA, DESARROLLO RURAL, PESCA Y ALIMENTACIÓN</i>	Atiende aspectos productivos en lo que ganadería, pesca y agricultura se refiere, participa en la conservación de suelos, pastizales y bosques. <b>Fomenta la actividad pesquera</b> , realiza y autoriza la acuicultura, <b>regula y organiza a la flota pesquera</b> , construye obras de infraestructura para el sector pesquero y de acuicultura y promueve la creación de <b>zonas portuarias dedicadas a la pesca</b> .
<i>SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTE</i>	Esta dependencia interviene directamente en el establecimiento de zonas de desarrollo portuario y administra la marina mercante. <b>Regula las vías de comunicación por agua</b> y construye las obras marítimas portuarias.

Los usos que se le confieren al parque son diversos y ponen de manifiesto la injerencia de diversos actores dentro del mismo. Los usos permitidos son textualmente: *Conservación de ecosistemas acuáticos y sus elementos, la investigación, recreación y educación ecológica y el aprovechamiento de recursos naturales aprobados por las autoridades competentes de acuerdo con el programa de manejo y las disposiciones jurídicas aplicables* (DÓF, 1992)

Inicialmente se permitió la extracción de especies fcticas comerciales, prohibiéndose la captura o recolección de corales, algas coralinas y especies malacológicas (DOF, 1992), pero en 1994 se modificaron las restricciones permitiéndose la captura de especies malacológicas, sustentando la decisión en *estudios científicos y técnicos* realizados por la Secretaría de Desarrollo Social (DOF, 1994).

El Programa de Manejo del PNSAV no ha sido establecido de forma oficial, existen dos propuestas (SEMAR, 1991 y CEP, 2000). Al momento de elaboración de este escrito existen esfuerzos por crear una tercera versión a cargo de la Administración del Parque y se tiene planeado concluirlo en el año 2005 (Biol. Elvira Carvajal, Directora del PNSAV, *com. pers.*).

### 5.2.2 Zona de Planeación

La Zona de Planeación del PNSAV en su **porción terrestre** incluye las cuencas de los ríos La Antigua, Jamapa y Papaloapan (DOF, 1992), mismos que desembocan al norte, centro y sur del Parque respectivamente. Esta amplia zona de influencia está determinada por las repercusiones del uso del agua, del suelo y de la cobertura vegetal en las vertientes y cuencas que eventualmente llegan al área arrecifal (CEP, 2000).

En términos cartográficos, estas tres cuencas cubren un área total de 5,633,562 Ha, siendo la de mayor envergadura la correspondiente al Río Papaloapan (que en este

estudio será considerada como Papaloapan-Río Blanco), la cual representa el 87% de la Zona de Influencia (Figuras 14 y 15).

Superficie de Cuencas de Influencia del PNSAV

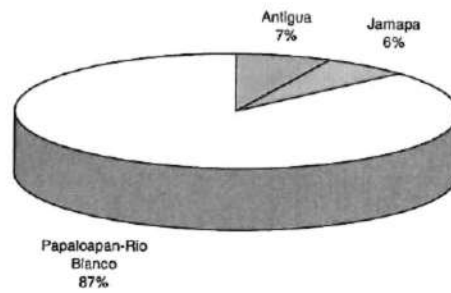
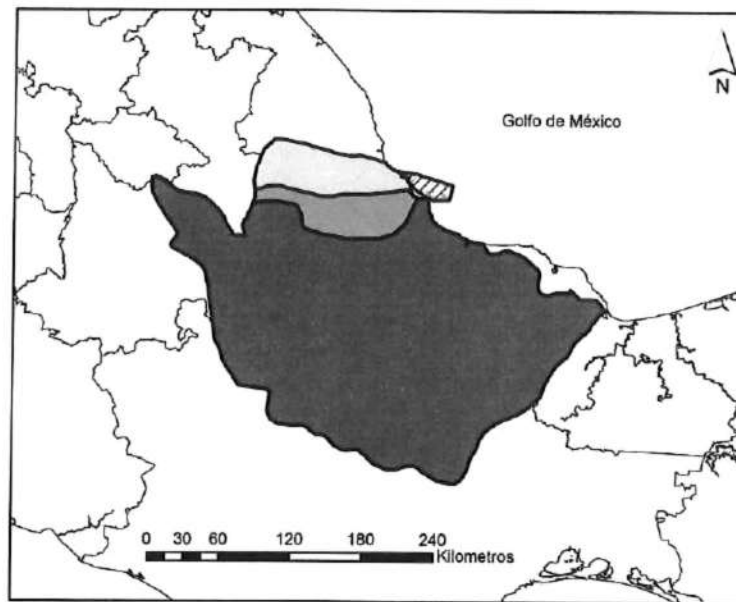


Figura 14. Superficie de las cuencas en la zona de influencia del PNSAV.



**Cuencas de Influencia**



Figura 15. Cuencas en la zona de influencia del PNSAV.

Al analizar las características biológicas y geológicas de esta zona de influencia, se puede apreciar la heterogeneidad inherente a la misma. Por una parte, (Figura 16) se observa que desde el punto de vista Fisiográfico, la Zona de planeación implica a nueve provincias (CONABIO, 2000), donde predomina la Planicie Costera Veracruzana y la de Sierras Orientales. Biológicamente, dentro de las regionalizaciones existentes, se consideró la de Provincias Bióticas con base en rasgos morfotectónicos (Ferrusquía-Villafranca, 1990; CONABIO, 2000), encontrándose seis provincias en la zona de influencia, de las cuales la Campechano-Petenense y la Oaxaqueña representan más del 70% de la superficie.

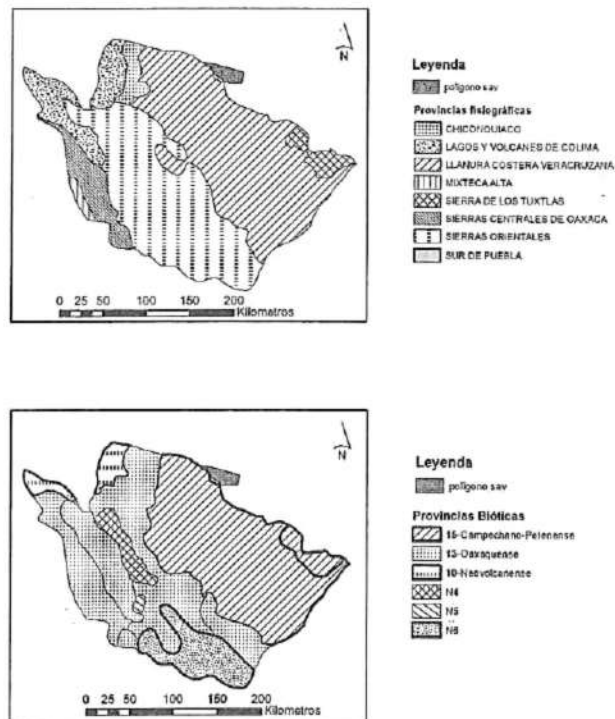


Figura 16. División de Provincias Fisiográficas y Bióticas en la zona de influencia del PNSAV (modificado de CONABIO, 2000 y Ferrusquía-Villafranca, 1990).

En términos biogeográficos relacionados con plantas vasculares, anfibios, reptiles y mamíferos (CONABIO, 1997), la porción terrestre de la zona de influencia abarca parte de cinco provincias, siendo la planicie costera dominada por la Provincia Golfo de México y las tierras altas por las provincias Oaxaca, Sierra Madre del Sur, Eje Neovolcánico y Sierra Madre Oriental (Figura 17).

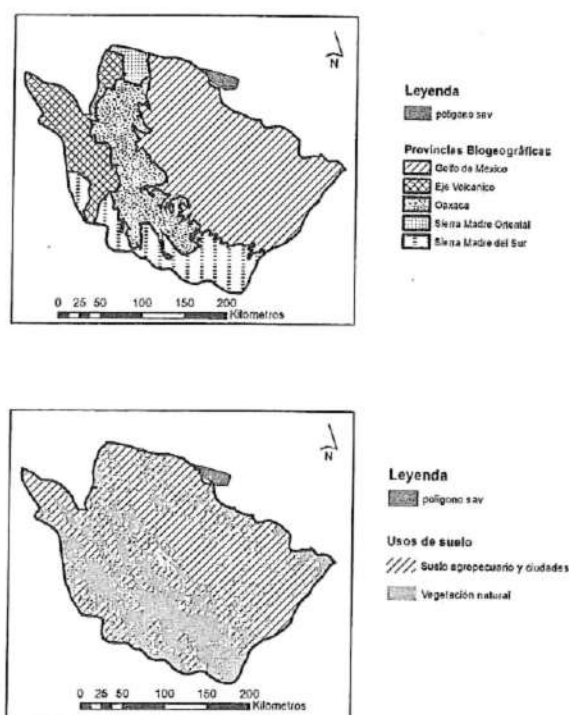


Figura 17 División de Provincias Biogeográficas y uso de suelo y vegetación en la zona de influencia del PNSAV (modificado de CONABIO, 1997 y CONABIO, 1999).

La cobertura vegetal y el uso de suelo de la Zona de Influencia presenta una predominancia del suelo dedicado al manejo agrícola, pecuario y forestal (plantaciones) (CONABIO, 1999), que abarca cerca del 53% del área en estudio, mientras que el 47% restante está representado por diferentes asociaciones vegetales

como Selva Baja, Selva Alta Perennifolia y Bosque Mesófilo de Montaña (Figura 17).

Los ambientes ligados funcionalmente al sistema arrecifal incluyen la totalidad de la cuenca hidrológica, resaltan los hábitats contiguos al sistema como lo son los ecosistemas de manglar, playas, dunas y fondos marinos aledaños a las formaciones arrecifales (Salm, 1984; Moreno-Casasola *et al.*, 2002a, Sánchez y Portilla, 2002).

Si se consideran los ecosistemas de manglar como zonas de cría de especies de peces que habitan las zonas arrecifales y que forman parte de sus redes tróficas (Nagelkerken *et al.*, 2000; Nagelkerken *et al.*, 2001; Cocheret de la Morinière *et al.*, 2003), la zona de planeación del PNSAV podría extenderse a este tipo de ambientes que se ubican en las cercanías del Parque. De acuerdo con Moreno-Casasola *et al.*, (2002a y 2002b), este tipo de ambientes se manifiestan de forma intensa en el sistema lagunar de Alvarado (con más de 14 Ha de mangle), en la desembocadura de los ríos Blanco y Papaloapan, aunque existen también en las riveras del Río Jamapa y en la laguna de Mandinga (observación personal; Gobierno del Estado de Veracruz, S/F).

Debido a que el término de Zona de Planeación surge de una visión administrativa de los recursos costeros, en este estudio se consideró necesario incluir en su identificación los límites administrativos de la **porción terrestre** que, a escala estatal, influyen en las tres cuencas en mención. Derivado de este análisis se aprecia que la Zona de Planeación abarca tres entidades federativas (Figura 18): Veracruz, Puebla y Oaxaca, siendo la primera y la última las responsables de más del 80% de la superficie de la zona. Asimismo, al desglosar a escala municipal la zona de

Planeación, se obtiene que al menos 358 municipios están dentro del área. La parte perteneciente al estado de Oaxaca representa 166 municipios, la de Puebla 59 y la de Veracruz 133.

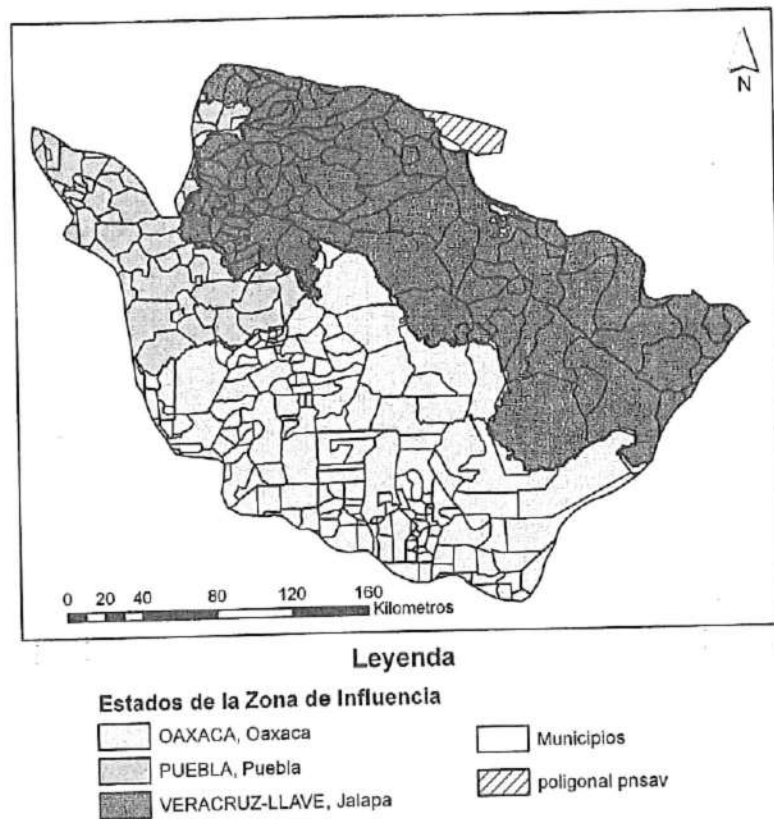


Figura 18. Estados y municipios en la zona de influencia del PNSAV.

En lo que se refiere a la **porción marina** de la zona de influencia del Parque, es necesario considerar dos factores: el ambiental y el antropogénico. Desde la perspectiva ambiental, podría considerarse como la zona de influencia (y por lo tanto de *planeación*) la ubicación espacial de las diferentes variables que tienen una influencia significativa sobre el sistema arrecifal y que determinan su estado de conservación. Así, es necesario referirse a estudios sobre la conectividad funcional del Parque con otros ambientes.

Hasta la fecha de este escrito son pocos los datos que manifiestan la conectividad del Sistema Arrecifal Veracruzano con otros ambientes similares en el Golfo de México o Mar Caribe, con excepción de los arrecifes de la zona de Tuxpan (Isla Lobos), al norte de Veracruz.

Si bien se ha planteado la hipótesis de que el SAV es un “puente” de dispersión de larvas entre el Caribe y la Florida (Vargas-Hernández *et al.*, 1993), las evidencias que lo comprueben son pocas, con excepción de las regionalizaciones biogeográficas que se han hecho sobre el Golfo de México y Gran Caribe y los estudios regionales de corrientes (Zavala-Hidalgo *et al.*, 2003). Existen aportaciones científicas sobre estudios de dispersión de larvas coralinas desde los cayos de Florida que proponen cierta conectividad entre ambas zonas, siguiendo un flujo inverso al establecido, es decir, de los arrecifes de Florida hacia los arrecifes del oeste del Golfo de México y no viceversa (Lugo-Fernández *et al.*, 2001)

En un estudio sobre el grado de perturbación de la comunidad de arrecifes coralinos del PNSAV (Vargas-Hernández y Lozano Aburto, 2004), encuentran que existe poco reclutamiento en la mayoría de los arrecifes del sistema con excepción del Arrecife Blanca, en las inmediaciones de Antón Lizardo en la parte sur del sistema, a pesar de existir alta disposición de sustrato para el asentamiento de larvas. Concluyen que la permanencia de los corales se debe principalmente a la reproducción asexual, lo cual evidencia la fragilidad del ecosistema.

Por su parte, en un análisis sobre la distribución de especies de corales blandos (gorgonáceos) entre el Caribe y el Golfo de México, Jordán-Dahlgren (2002) identifica dos patrones en cuanto a abundancia y composición supraespecífica y específica de especies en los arrecifes del golfo: una disminución de la diversidad y abundancia de estos organismos desde la península de Yucatán hasta el Sistema Arrecifal Veracruzano y también un declive en abundancia y diversidad desde el SAV hasta los arrecifes de Isla Lobos. Atribuye esta situación a una limitada conectividad ecológica a *mesoescala* del SAV con los arrecifes de la plataforma yucateca, principalmente a causa de la dinámica de las corrientes oceánicas y costeras, así como por efectos continentales y locales (ver capítulo 1). Estos últimos factores, junto con la temperatura de las aguas, han sido citados por otros autores (Horta-Puga y Carricart-Ganivet, 1993; Carricart-Ganivet y Horta-Puga, 1993; Vargas-Hernández *et al.*, 1993; Salazar-Vallejo, 2000) como limitantes del asentamiento de sistemas de arrecifes duros en la zona suroeste del Golfo de México.

Sin embargo, si es posible mencionar que de acuerdo con estudios regionales de la costa oeste del Golfo de México (Zavala-Hidalgo *et al.*, 2003; Morey *et al.*, 2003; Lugo-Fernández *et al.*, 2001) existe una conectividad de masas de agua entre la región de la Sonda de Campeche y de las plataformas continentales de Tamaulipas y Texas e incluso de Florida con la plataforma de Veracruz, relacionado principalmente con variaciones temporales (con un marcado patrón estacional) y con la ocurrencia de fenómenos meteorológicos como nortes (Zavala-Hidalgo *et al.*, 2003) y huracanes (Lugo-Fernández *et al.*, 2001), de forma tal que bajo este criterio sería necesario considerar a estas zonas como parte de la Zona de Influencia del

PNSAV, lo cual incluye no solo al Gobierno de los Estados Unidos de América, sino también a las autoridades estatales y municipales encargadas de administrar las porciones del territorio emergido que influyen sobre estas masas de agua.

#### ***5.2.2.1 El caso del Puerto de Veracruz***

La presencia del Puerto de Veracruz le confiere un carácter especial al PNSAV, y es por ello que se decidió crear este apartado. La ubicación del puerto y su límite con el polígono de protección del Parque es una situación poco común ya que si bien este puerto no se encuentra dentro del polígono de protección, todo movimiento de entrada o salida por la parte marina del mismo tiene que desarrollarse a través del PNSAV, lo cual lo convierte en parte obligada de la zona de planeación. De esta manera, el movimiento de buques y embarcaciones en general que entran o salen de puerto se da a través de las rutas de navegación planteadas por la Secretaría de Marina y la Administración Portuaria Integral de Veracruz (APIVER), existiendo una zona claramente definida en la poligonal del Parque para fondeo de embarcaciones en espera de maniobras portuarias. Esta situación “*transfiere*” al PNSAV la zona de influencia del puerto, la cual se extiende a las rutas comerciales de las cuatro principales empresas de transporte marino del mundo que incluyen varios puertos de Europa, Norteamérica, el Caribe y Sudamérica (Martner, 2002; Tabla 4) sin dejar de considerar el transporte por otras compañías que tienen conexiones con puertos en Cuba, Argentina, España, Rusia y Bélgica entre otros (APIVER, 2004).

La zona de influencia territorial o *hinterland* (Martner, 2002) del puerto, que está definida por la conexión comercial entre el Puerto de Veracruz y el continente, está determinada por las principales vías de comunicación y por la presencia de zonas industriales y comerciales que importan o exportan productos a través del puerto. Este *hinterland* se clasifica en primario o secundario de acuerdo con la importancia de las transacciones comerciales efectuadas e incluye en el primer caso al Distrito Federal, Estado de México, Puebla y Veracruz, mientras que en el segundo considera a Jalisco, Guanajuato, Hidalgo, Querétaro, Michoacán, Morelos, Tlaxcala, Oaxaca, Tabasco y Chiapas (Figura 18)

*Tabla 4. Rutas de servicios directos de contenedores en puertos del Golfo de México (Martner, 2002). TEU=twenty equivalent unit, unidad de equivalencia a un contenedor de 20 pies de largo.*

NAVIERA O ALIANZA	RUTA	FRECUENCIA	BUQUES (EN TEU)
Hapag Lloyd/ TMM /Lykes/ Evergreen/ CMA- CGM	Veracruz - Altamira - Charleston - Amberes - Thamesport - Bremerhaven - Le Havre - Houston - Veracruz	Semanal en día fijo	2 800 a 2 400
Mediterranean Shipping Co.	Veracruz - Altamira - Houston - Nola - Miami - Freeport - Charleston - Amberes - Hamburgo - Bremerhaven - Felixtowe - Le Havre	Semanal en día fijo	2 700
TMM / Lykes / Contships	Veracruz - Altamira - Houston - Nueva Orleans - Valencia - Barcelona - Gioia Tauro - La Spezia - Miami- Veracruz	Cada 9 días	2 400 a 2 100
Melbrige C.L/ H. Stinnes	Veracruz - Tampico - La Guaira - Pto. Cabello - Río Haina - San Juan - Amberes - Hamburgo - Bilbao - San Juan - Río Haina - Veracruz	Cada 15 días	1 100

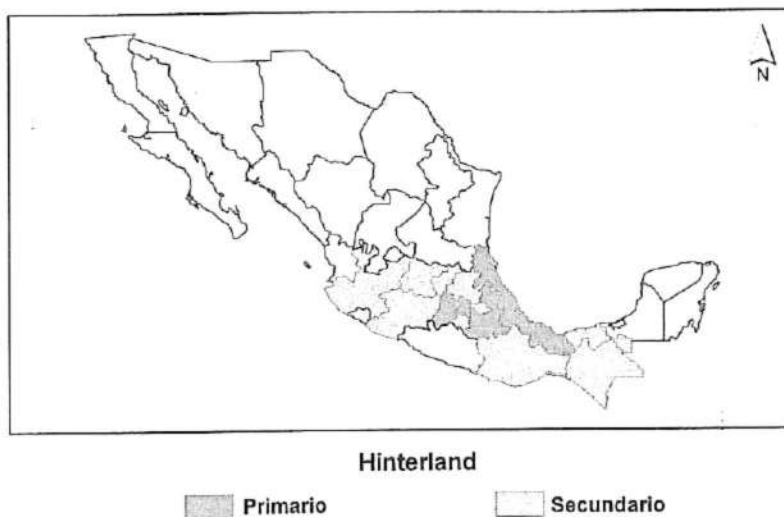


Figura 18. Zona de influencia o *Hinterland* Primario y Secundario del Puerto de Veracruz. El punto representa la ubicación del Puerto (Modificado de APIVER, 2004)

### 5.2.3. Franjas paralelas a la línea de costa: rasgos físicos del territorio

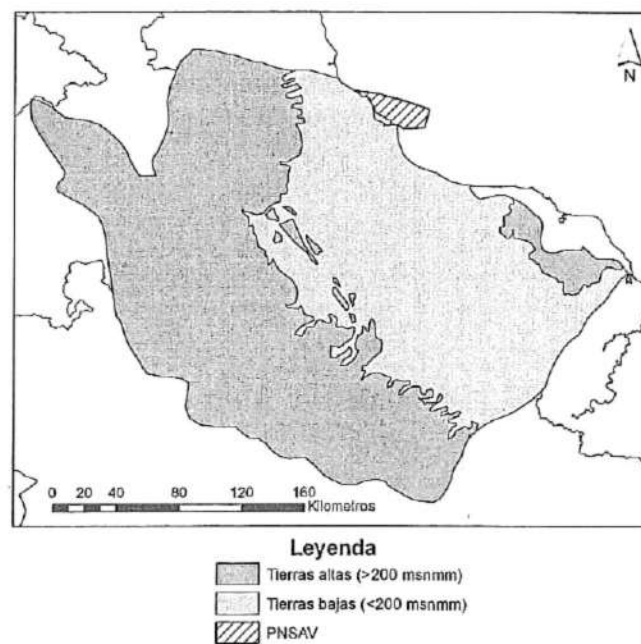
#### 5.2.3.1. Territorio emergido

De forma global, el territorio emergido con altura menor a los 200 msnm de las tres cuencas que influyen sobre el SAV representa poco más de  $2.35 \times 10^6$  Ha de planicie costera. (Figura 19).

El ancho de estas planicies costeras varía entre los 24 Km a la altura del Río La Antigua hasta cerca de los 130 Km en la cuenca del Río Papaloapan, en la cual se localizan las lagunas costeras de mayor tamaño en la zona de estudio.

Las tierras bajas constituyen más del 50% de la Provincia Fisiográfica denominada Planicie Costera Veracruzana (Cervantes-Zamora *et al.*, 1990) o Planicie Costera del Golfo de México (Ferrusquía Villafranca, 1993), la cual comienza 22 Km al norte de la cuenca del Río La Antigua en la estribación oriental del eje neovolcánico

transversal y llega hacia el sur sureste casi hasta los límites estatales de Tabasco (Figura 20).



**Figura 19. Rasgos hipsométricos de la Zona de Influencia del PNSAV**

De forma individual, las tierras bajas de la cuenca de los ríos Papaloapan-Blanco significan el 88% de la planicie costera en mención. Las correspondientes a los ríos La Antigua y Jamapa representan el 5% y el 7% respectivamente.

Las tierras altas de la zona de influencia tienen una superficie de  $3.28 \times 10^6$  Ha en donde las cuencas de los ríos Blanco y Papaloapan representan poco más del 86% de la superficie (Figura 19). El ancho de estas tierras varía de entre 60 Km en la cuenca del Río La Antigua hasta poco más de 140 Km en la cuenca del Papaloapan, resaltando una pequeña porción de 15 Km de ancho (Este-Oeste) por 70 Km de largo

(NorteOeste-SurEste) en la región de Los Tuxtlas, al este de la cuenca del Papaloapan.

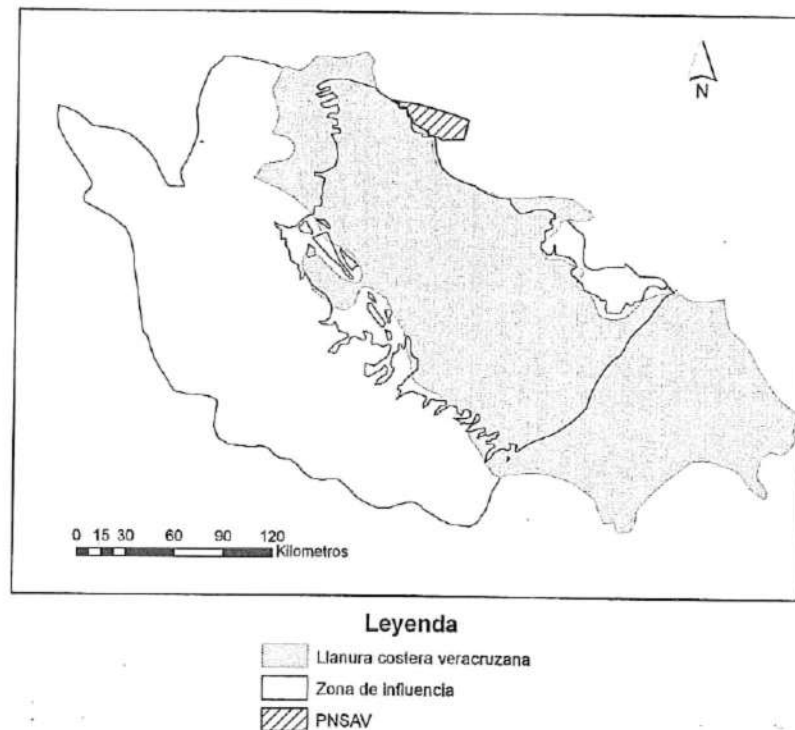


Figura 20. La Planicie Costera Veracruzana en el marco de la zona de influencia del PNSAV. (Modificada de Cervantes-Zamora *et al.*, 1990)

Estas tierras altas presentan una marcada heterogeneidad apreciable en las divisiones de Provincias Fisiográficas (Cervantes-Zamora *et al.*, 1990, proporcionado por CONABIO) (Figura 21), en donde se observa que las conforman cuatro provincias. La mayoría pertenecen a la Provincia de *Sierras Orientales*, que incluye gran parte de la Cuenca del Papaloapan. Esta última cuenca también está formada por las provincias *Mixteca Alta*, *Chiconquiaco* y *Lagos y Volcanes de Anáhuac*. Por su parte, las tierras altas de las cuencas de La Antigua y Jamapa únicamente contienen porciones de las Provincias *Chiconquiaco* y *Lagos y Volcanes de Anahuac*. Hay que

resaltar que de acuerdo con la cartografía proporcionada por CONABIO, parte de las tierras altas de las cuatro cuencas incluyen a fragmentos de la provincia de la Llanura Costera Veracruzana, aunque esto puede atribuirse a la escala cartográfica empleada (1:4,000,000).

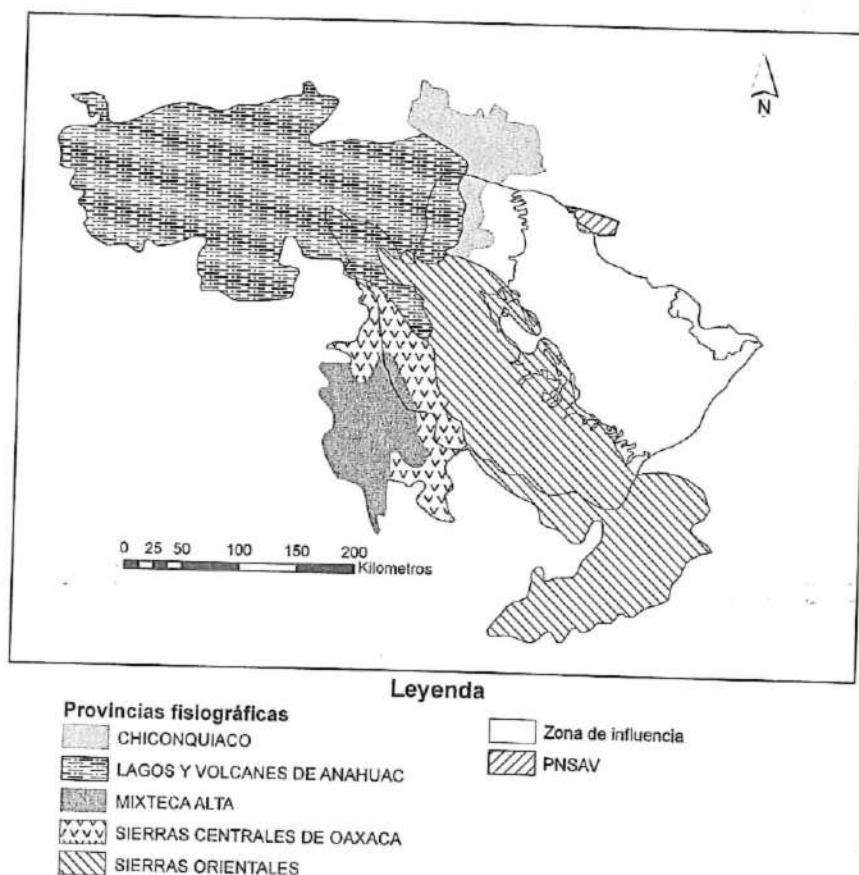
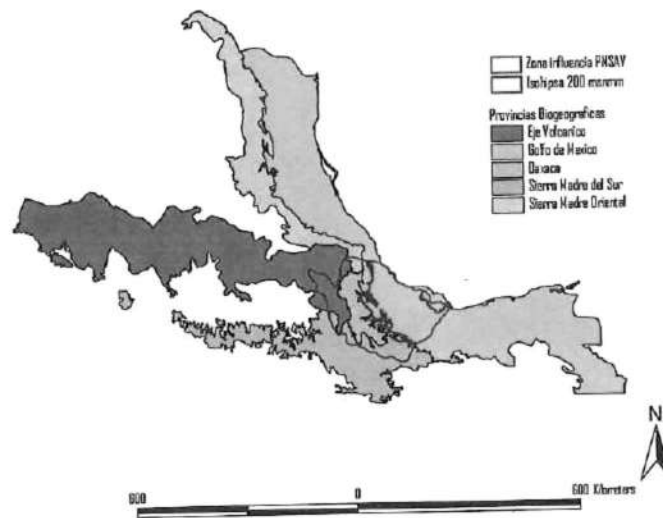


Figura 21. Provincias fisiográficas de las tierras altas de la zona de influencia del PNSAV (modificado de Cervantes-Zamora *et al.*, 1990).

Esta heterogeneidad fisiográfica tanto en las tierras altas como en las bajas no es trivial. Son precisamente los aspectos de la topografía y de la geología los que determinan en gran medida, junto con los aspectos climáticos, la presencia o ausencia de biotas y a su vez ayudan a la definición de las regiones o provincias

biogeográficas (Garza-Cuevas y Contreras-Balderas, 1997), manifestando la presencia de diferentes ecotonos a lo largo de la cuenca de captación (Holland *et al.*, 1990).

En la figura 22 se presentan las diferentes provincias biogeográficas con base en la distribución de plantas vasculares, anfibios y reptiles, mamíferos y rasgos morfotectónicos (CONABIO, 1997). Se aprecia que en forma coincidente con la fisiografía, las tierras con alturas menores de los 200 msnm son más homogéneas por presentar solamente una provincia biogeográfica, mientras que las tierras altas se tornan complejas, con una heterogeneidad biogeográfica marcada por la presencia de cuatro provincias.



**Figura 22. Provincias Biogeográficas relacionadas con la zona de influencia del PNSAV (modificado de CONABIO, 1997).**

### 5.2.3.2 La transición entre el territorio emergido y el territorio sumergido

Para relacionar funcionalmente al territorio emergido con el territorio netamente sumergido (marino), es necesario destacar la forma en que las cuencas mencionadas arriba toman contacto con la parte marina a través de las planicies costeras y desembocaduras de los ríos que las representan. Este "contacto" o ecotono está representado por la parte salobre de las planicies costeras en las cuales la mezcla de aguas provenientes de las tierras altas y las aguas marinas genera un gradiente salino creando condiciones estuarinas. De acuerdo con Pritchard (1967) un estuario es un cuerpo costero que tiene una conexión libre con el mar abierto y en el cual el agua de mar es considerablemente diluida con agua dulce proveniente de escurrimientos continentales (ríos).

Esta mezcla de aguas es ocasionada por tres fuerzas principales: 1) las mareas oceánicas, 2) el acarreo de agua dulce proveniente de las tierras altas y 3) el viento (Proctor *et al.*, 1980). Esta condición de mezcla de aguas dulces y saladas influye en las condiciones biológicas, físicas y químicas, confiriendo a los estuarios una abundancia de organismos única para este tipo de ambientes (Bauer, 1975 y Wilsey y Ham, 1974 en Proctor *et al.*, 1980). En la zona de interés de este estudio no existe información suficiente para evaluar geográficamente la extensión de estos ecotonos, pero conceptualmente se puede deducir su presencia por los elementos paisajísticos ya descritos y por la forma en que los ríos se comunican con la parte marina (Figura 23) (ver Holland *et al.*, 1990).

En la Figura 23 se observa la forma de la desembocadura de los ríos de las cuencas de influencia del PNSAV. El Río La Antigua es el único de los cuatro ríos principales de la zona que desemboca de forma directa al mar, sin estar ligado a lagunas costeras. El Río Jamapa, si bien desemboca de forma directa igual que La Antigua, está asociado a un afluente cercano a la boca que conecta a la laguna de Mandinga con el mismo. Por su parte, los ríos Blanco y Papaloapan representan un sistema complejo de humedales y lagunas costeras, y no desembocan directamente al mar, sino que lo hacen a través de las lagunas costeras de Alvarado y Camaronera. El gasto de cada río es variable, pero es el Papaloapan el que mayor volumen de agua descarga hacia la plataforma del Golfo de México cercana a la zona de estudio.

Considerando la franja costera como el punto de contacto entre la parte emergida y la sumergida, se considera prudente hacer una descripción de las características geológicas de esta costa.

De acuerdo con Carranza *et al.* (1975), la zona de estudio se encuentra en la **unidad costera II**, la cual se extiende desde Punta Delgada, Veracruz, hasta las inmediaciones de Coatzacoalcos, Ver., con un desarrollo aproximado de 300 km. Incluye al norte parte del extremo oriental de la Cordillera Neovolcánica y, en sus porciones central y sur, a la Planicie Costera de Sotavento. Fisiográficamente comprende la parte central de la zona de Veracruz (Álvarez, 1962). En esta unidad, la llanura costera es angosta y en parte señala actividad volcánica desde el Plioceno en el área de los Tuxtlas (López-Ramos, 1974).

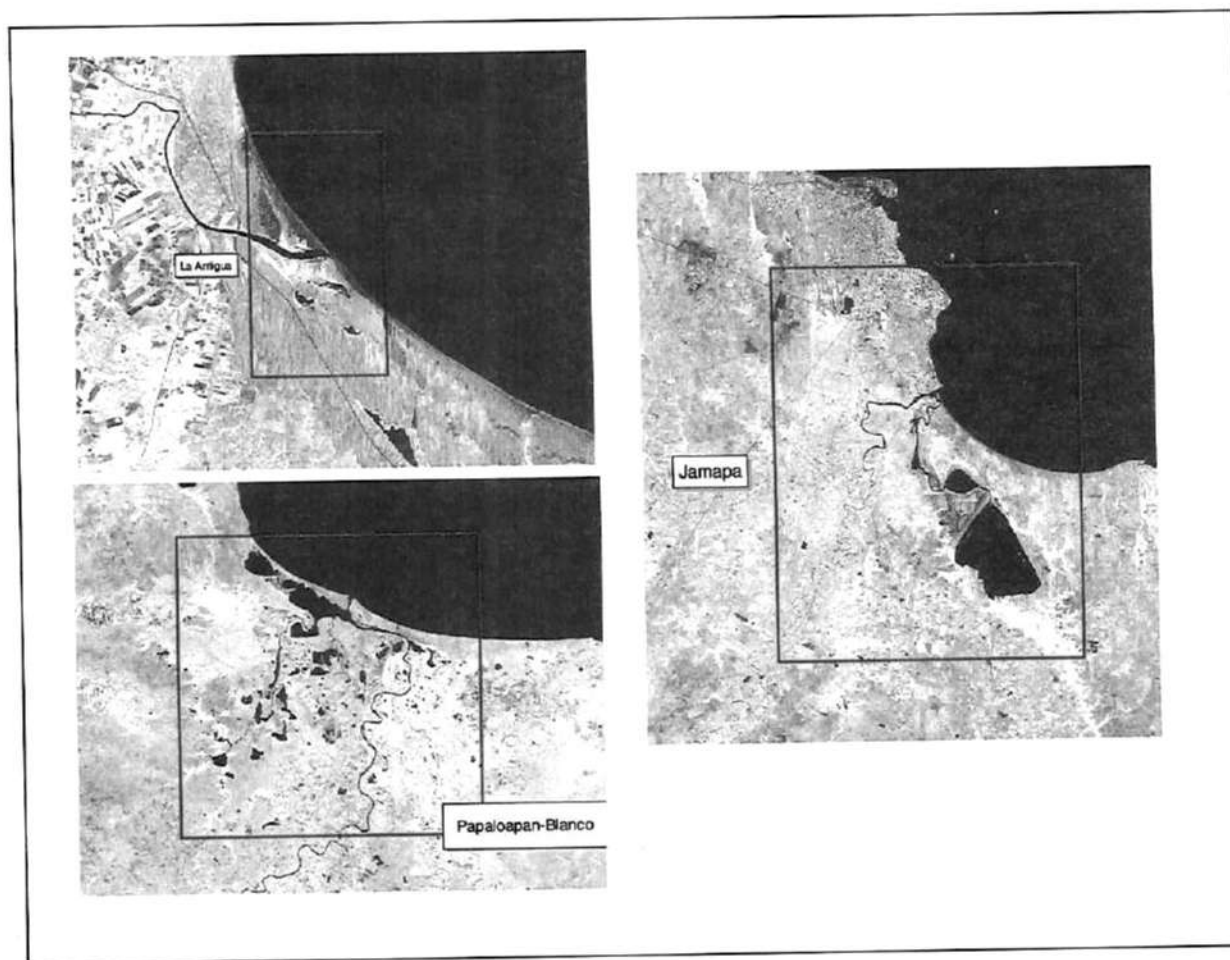


Figura 23. Tipos de desembocaduras de los ríos de la zona de influencia del SAV (Tomado de imagen de Satélite Landsat 2000, proporcionada por la NOAA)

La plataforma continental es, asimismo, angosta e influida parcialmente por crecimientos arrecifales en las vecindades de Veracruz, Ver. Los sedimentos más abundantes en la llanura costera son plio-pleitocénicos constituidos esencialmente por piroclásticos derivados posiblemente del área volcánica de los Tuxtlas o del Pico de Orizaba (Álvarez, 1962).

Desde el punto de vista tectónico (Carranza *et al.*, 1975) se clasifica a esta unidad como costas de mares marginales (Inman y Nordstrom, 1971) y de acuerdo con la clasificación de Shepard (1973), se pueden tener costas de tres tipos dentro de esta unidad:

- Costas primarias, volcánicas de flujo de lava y de tefra (*v. gr.* Los Tuxtlas, Ver.).
- Costas secundarias, construidas por organismos, arrecifes coralinos, costas de arrecifes bordeantes (*ej.* arrecifes frente a Veracruz, Ver.).
- Costas primarias, de depositación subaérea, por viento, costas con dunas (*v. gr.* al Norte de Veracruz, Ver.).

### ***5.2.3.3 Territorio sumergido***

El análisis de este territorio es complejo por dos circunstancias. La carencia de información a la escala del estudio y la heterogeneidad tridimensional del ambiente marino, que incluye rasgos longitudinales paralelos a la costa, rasgos latitudinales perpendiculares a la costa y un tercer factor altitudinal que representa a la columna de agua.

Para abordar este apartado, se utilizaron tres criterios. En sentido paralelo a la costa se consideraron las características batimétricas que manifiestan la extensión de la plataforma continental y el talud; asimismo se utilizó la información sobre las corrientes sobre la plataforma en cuestión, y el carácter altitudinal de la columna de agua. A partir de ello se define a esta escala la ubicación del PNSAV en el territorio sumergido.

**Batimetría.** En sentido paralelo a la costa, el PNSAV está ubicado netamente sobre la plataforma continental occidental del Golfo de México (Figura 24) en una de las regiones en donde esta plataforma alcanza sus partes más angostas (Lecuanda y Ramos, 1998). El ancho de plataforma en donde se ubica el SAV va de los 37 Km en la parte norte a los 43 Km en la parte sur, siendo los arrecifes Anegada de Afuera, Santiagillo, Anegadilla y Topatillo, pertenecientes a la parte austral del PNSAV, los más alejados de la costa, a 18 km de ésta y a 22 km del quiebre de la plataforma, que se manifiesta por un cambio abrupto en la pendiente manifiesto en el área en la isobata de los 80 m (de acuerdo con datos generados por el INEGI para la Carta Batimétrica Internacional del Golfo de México y Mar Caribe).

El Sistema Arrecifal Veracruzano se encuentra dividido de forma natural en dos subsistemas separados por la desembocadura del río Jamapa (Krutak *et al.*, 1980). La profundidad máxima que existe en el sistema es de 45 m aproximadamente (Caballero, 1990).

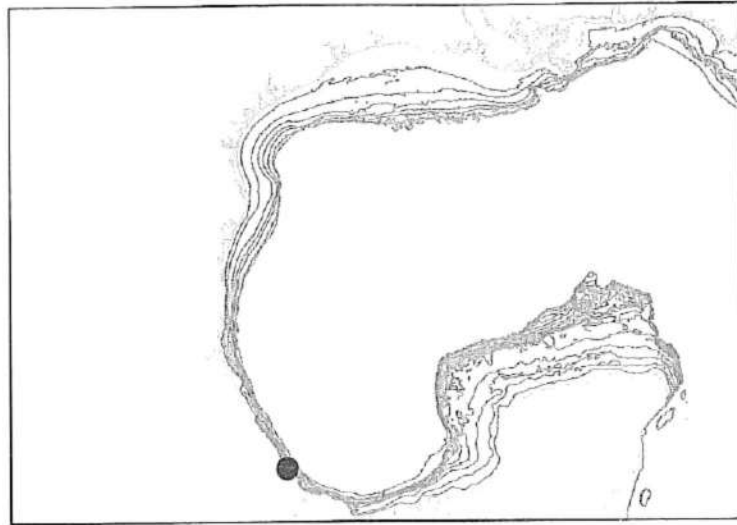


Figura 24. Batimetría hasta 200m del territorio sumergido del Golfo de México. El punto negro representa la ubicación del PNSAV (tomado de la Carta Batimétrica del Golfo de México y Mar Caribe, INEGI).

**Columna de agua.** Teóricamente, por encontrarse sobre la plataforma continental, las aguas en las que se encuentra el PNSAV son aguas de mezcla, las cuales carecen de una estratificación definida (Escofet, 2004), aunque en la zona de plataforma que va de Tamaulipas hasta Veracruz se ha reportado una marcada estacionalidad en la cual las aguas de plataforma presentan un carácter de mezcla en los meses de invierno y de estratificación en Veranos (Soto y Escobar, 1995).

Las aguas de la plataforma están en contacto con el ecotono de las aguas de plataforma con las aguas del talud continental, el cual, por el carácter pasivo del borde continental se extiende por una longitud de 130 Km. en sentido perpendicular a la costa antes de entrar en contacto con las aguas oceánicas, que por el carácter de Mar Semicerrado del Golfo del México y su formación geológica, pueden ser consideradas como *aguas de océano abierto de mar marginal* (Escofet, 2004)

**Corrientes.** En lo que a movimiento de masas de agua se trata, Zavala-Hidalgo *et al.* (2003), con base en datos de campañas oceanográficas y un modelo de simulación numérica con promedios mensuales de un lapso de siete años, manifiestan que las corrientes de plataforma de la zona oeste del Golfo de México presentan una marcada estacionalidad, siendo de norte a sur entre los meses de septiembre y marzo, revirtiendo su dirección (sur a norte) entre mayo y agosto, con ciclos de transición en los meses de marzo a abril y de agosto a septiembre (Figura 25). El promedio de la velocidad de dichas corrientes oscila en los  $0.70 \text{ m s}^{-1}$ .

Estos datos son corroborados por observaciones particulares en el área del Puerto de Veracruz y zonas adyacentes por Caballero (1990), Hernández-Rosario (1982) y Herrera-Cervantes (1982).

Como se observa en la figura mencionada, existe una comunicación estacional de las aguas de la zona de la plataforma en donde se ubica en SAV con las provenientes de la plataforma de Texas (otoño-invierno) y con la Sonda de Campeche (verano).

#### **5.2.4. Franjas paralelas a la línea de costa: límites antropogénicos**

La evaluación de los límites antropogénicos en el presente esquema, permite relacionar las franjas paralelas a la línea de costa con el concepto de zona de planeación y de regulación en el caso del PNSAV. Primeramente se hizo un acercamiento a los rasgos

del territorio emergido. Como ya se observó en los apartados 5.2.1 y 5.2.2, la zona caracterizada por las cuencas hidrológicas de influencia en el Parque comprende a tres estados (Veracruz, Puebla y Oaxaca) con por lo menos 358 municipios en total.

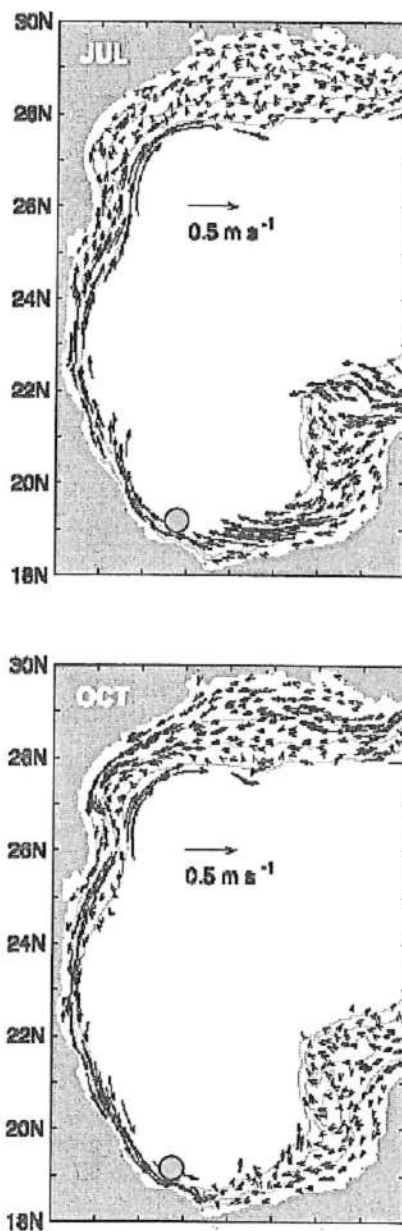


Figura 25. Patrones de circulación superficial en la plataforma oeste del Golfo de México. Arriba la circulación promedio de siete años en julio y abajo el promedio para el mes de octubre (Zavala-Hidalgo *et al.*, 2003). El punto representa la ubicación del PNSAV.

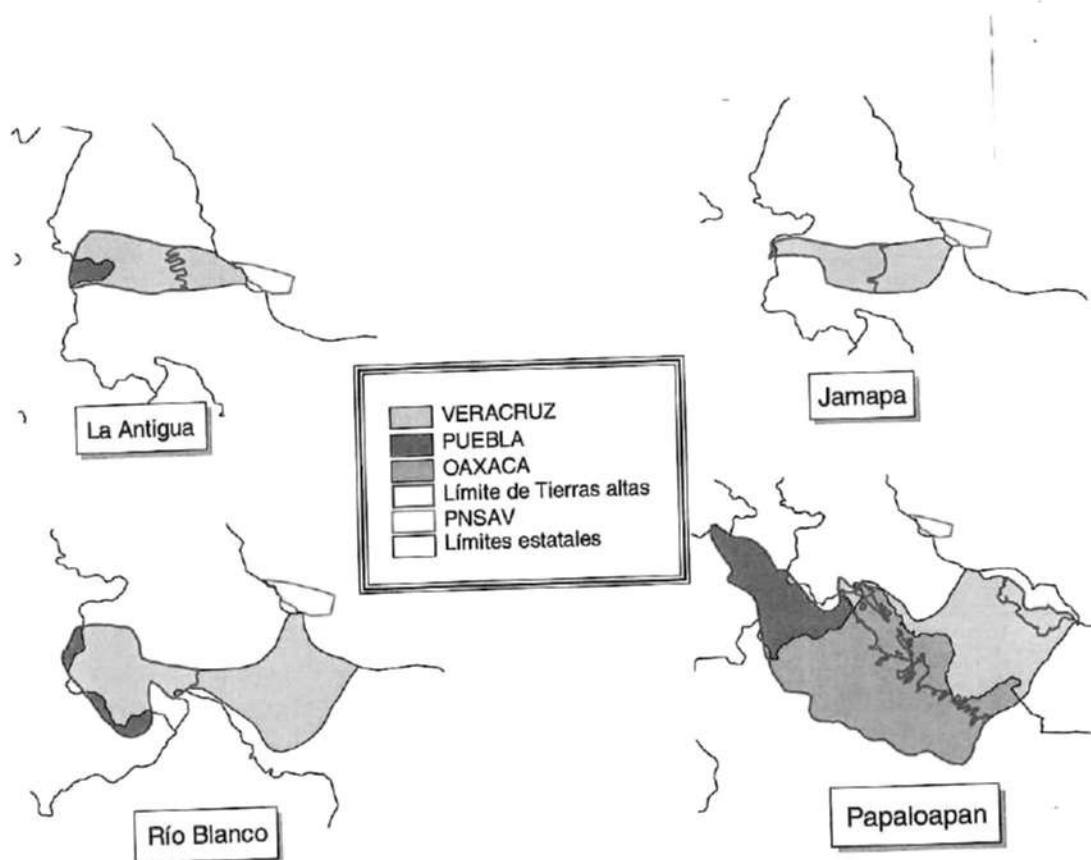
Con el objetivo de profundizar en este análisis, se hizo la evaluación de cada una de las cuencas tomando en cuenta los atributos de hipsometría, relacionándolos con los límites administrativos, con base en la hipótesis de que existe una influencia diferenciada de cada cuenca en el PNSAV (CEP, 2000).

Cabe mencionar que en este apartado se analizaron independientemente las cuencas de los ríos Papaloapan y Río Blanco, que confluyen hacia la región de Alvarado, por existir evidencia previa de la importancia del segundo como cuenca generadora de importantes impactos ambientales a la región (CNA, 2004)

#### *5.2.4.1 Territorio emergido*

Desde la perspectiva de la cuenca hidrológica en su totalidad, se puede apreciar que ninguna de las cuatro cuencas de influencia es exclusiva de una sola entidad administrativa (Figura 26). La cuenca de La Antigua pertenece en parte de sus tierras altas al estado de Puebla, situación similar a la del Río Jamapa. Los ríos Blanco y Papaloapan son compartidos por Puebla, Oaxaca y Veracruz.

Desglosando con base en las características hipsográficas, (Figura 26) se aprecia que la planicie costera de La Antigua, Jamapa y Blanco son exclusivas del estado de Veracruz, mientras que la del Papaloapan está bajo la jurisdicción tanto de Veracruz como de Oaxaca, existiendo una pequeña porción perteneciente a Puebla.



**Figura 26. Diferentes entidades federales dentro de las cuencas de influencia del PNSAV. Nótese la presencia de la isohipsa de los 200 msnmm que divide las tierras altas de las bajas.**

Esta situación origina que la zona que está ligada funcionalmente con el PNSAV no esté bajo las disposiciones de una sola autoridad, al implicar diferentes gobiernos, lo cual permite vislumbrar algunas repercusiones administrativas en la aplicación de medidas de manejo en la zona de planeación del parque.

Es posible afinar este análisis a escala municipal, por una parte considerando los municipios que han sido identificados como las unidades de manejo costero (INE, 2000) y que son los municipios que presentan frontera con la franja litoral, y por otra

considerando todos los municipios que están contenidos completa o parcialmente dentro de la zona de influencia (para este último análisis revisar el apartado 5.2.2)

En lo referente a los municipios costeros, se observa que son 12 los municipios que se incluyen dentro de la zona de influencia (Figura 27). De éstos, solamente cuatro tienen jurisdicción tanto en tierras bajas como en tierras altas (Angel R. Cabadas, San Andrés Tuxtla, Mecayapan y Pajapan), y se ubican en la cuenca del Papaloapan, lo cual genera de forma parcial un límite antropogénico en el cual los elementos *funcionales* (tierras altas y bajas) están contenidos dentro del espacio administrativo (Escofet, 2004). Sin embargo, la amplitud de la cuenca en mención reduce la trascendencia de esta situación, ya que dichos municipios representan una pequeña parte de la zona de influencia. El resto de los municipios costeros solamente ejercen su jurisdicción sobre la parte baja de las cuencas, estando los elementos funcionales de la zona de influencia por fuera de los límites administrativos.

Esta complejidad administrativa en lo que se refiere a gobiernos estatales y municipales involucrados en la porción terrestre de la zona de influencia del PNSAV, alcanza su máxima expresión si se considera además la jurisdicción del gobierno federal en la zona en mención. De acuerdo con Torres-Nachón (2003), oficialmente en México existen por lo menos 12 de 19 dependencias federales que a través de 51 áreas administrativas atienden asuntos relacionados con la zona costera (Tabla 5) y por consiguiente en la zona de influencia del PNSAV.

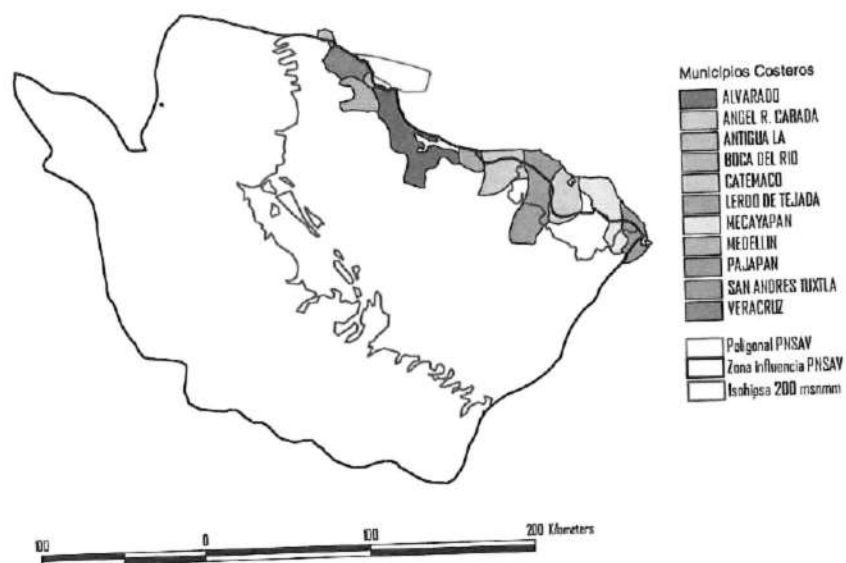


Figura 26. Municipios con límites costeros en la zona de influencia del PNSAV

Tabla 5. Dependencias federales con injerencia en la zona costera (modificado de Torres-Nachón, 2003)

1. Secretaría de Gobierno.
2. Secretaría de Relaciones Exteriores.
3. Secretaría de Marina.
4. Secretaría de Desarrollo Social.
5. Secretaría de Medio Ambiente Recursos Naturales.
6. Procuraduría federal de Protección al Ambiente.
7. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas.
8. Secretaría de Energía.
9. Secretaría de Economía.
10. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural Pesca y Alimentación.
11. Secretaría de Comunicaciones y Transportes.
12. Secretaría de Reforma Agraria.
13. Secretaría de Turismo.

#### ***5.2.4.2 La transición entre el territorio emergido y el territorio sumergido***

En la zona de contacto entre el territorio emergido y el sumergido se presenta una figura administrativa federal de alta relevancia en asuntos costeros: la Zona Federal Marítimo Terrestre (ZOFEMAT). Esta franja administrativa paralela a la línea de costa está definida en el artículo 49 de la Ley General de Bienes Nacionales (DOF, 2004) como la franja de 20 metros hacia tierra adentro a partir de la línea de marea más alta anual. Considerando la longitud de costa que abarca la zona de influencia del PNSAV, la longitud de la zona federal involucrada es de aproximadamente 119 Km.

En lo que se refiera a las zonas de contacto entre los cuerpos de agua y el mar, la citada ley menciona que en el caso de lagos, lagunas, esteros o depósitos naturales de agua marina que se comuniquen directa o indirectamente con el mar, la franja de veinte metros de zona federal marítimo terrestre se contará a partir del punto a donde llegue el mayor embalse anual o límite de la pleamar.

Cabe destacar que la definición de Zona Federal Marítimo Terrestre incluye también a las islas y la totalidad de cayos y arrecifes.

Administrativamente esta zona es controlada por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales a través de la *Dirección General de Zona Federal Marítimo Terrestre y Ambientes Costeros* y es vigilada por la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA), teniendo la Secretaría de Comunicaciones y Transportes la atribución para otorgar permisos de aprovechamiento cuando esta zona esté dentro de

puertos o se utilicen como astilleros, varaderos, diques para talleres de reparación naval, muelles y otras instalaciones (Torres-Nachón, 2003).

#### **5.2.4.3 El Territorio sumergido**

Haciendo mención a la variación de corrientes de plataforma en el oeste del Golfo de México (ver arriba), y a la posible conectividad que existe al menos en invierno entre las aguas de plataforma de Texas con las aguas de plataforma de Tamaulipas y Veracruz (Zavala-Hidalgo *et al.*, 2003), en la definición de los límites antropogénicos marinos de la zona de estudio debe considerarse la presencia de aguas de jurisdicción tanto mexicanas como estadounidenses. En términos prácticos, en esta escala de apreciación la figura de Mares Territoriales y de la Zona Económica Exclusiva contribuyen a definir estos límites, de forma tal que estáticamente las aguas de plataforma enfrente de Veracruz son jurisdicción del Gobierno Federal Mexicano, existiendo una *externalidad temporal* que corresponde a aguas provenientes de otro país.

### **5.3 Enfoque a escala local**

#### **5.3.1 Heterogeneidad ambiental del PNSAV.**

Los criterios para la división jerárquica del PNSAV se observan en la tabla 6. El principal rasgo fisonómico distinguible del PNSAV en una apreciación de mayor escala es la división natural del Sistema en dos subsistemas separados por la desembocadura del río Jamapa y que corresponden a los arrecifes de Veracruz (al norte) y los de Antón Lizardo (al sur) (Vargas-Hernández *et al.*, 1993; Lara *et al.*, 1992).

*Tabla 6. Características que definen los paisajes del PNSAV dentro del proceso de regionalización*

PAISAJES	CARACTERÍSTICAS BATIMÉTRICAS	CARACTERÍSTICAS HIDROLÓGICAS
1. Plataforma Interna Litoral	Desde cero hasta 10m de profundidad	Corriente litoral, con desplazamiento paralelo a la costa y con variaciones geográficas y estacionales en su dirección (SEMAR, 1990)
2. Plataforma Interna	De 10 a 25 metros	Corriente de aguas encarriladas a la costa, con variaciones estacionales en su dirección <sup>(1)</sup> (Zavala-Hidalgo et al., 2003)
3. Plataforma Externa	Más de 25 metros	Corrientes de aguas libres de plataforma, su desplazamiento promedio no es paralelo a la costa y presenta fuertes variaciones estacionales y geográficas (Caballero, 1990; Zavala-Hidalgo et al., 2003)

<sup>1</sup> Datos no publicados para el mes de noviembre del 2004 del Proyecto "Trayectoria de Masas de Agua sobre el Sistema Arrecifal Veracruzano", proporcionados por el Dr. José de Jesús Salas (CEP)

Desde una perspectiva batimétrica que permitiera identificar diferentes paisajes en el PNSAV, este se dividió en dos grandes ecotonos: plataforma interna y plataforma externa. El primero de ellos, la plataforma interna, a su vez fue dividido en dos ecotonos (Figura 27). La primera división, denominada franja litoral (FL), corresponde al área ubicada entre la zona de pleamar y la zona de rompiente de olas, donde existen gradientes de amplitud. En el área de estudio, esta área se ubica comúnmente sobre la isobata de los 10 metros (Secretaría de Marina, 1990) y sobre ella se encuentran las corrientes litorales. El desplazamiento de estas corrientes es paralelo a la costa y presenta variaciones latitudinales y estacionales (Secretaría de Marina, 1990) (Tabla 6).

La segunda división, denominada plataforma interna (PI), fue definida por la presencia de corrientes marinas que presentan un desplazamiento paralelo a la costa, las cuales son referidas en estudios costeros como Aguas de Plataforma Encarriladas a la Costa (Escofet, 2004) o como Shoreface Entrainment Volume (Ray y Hayden, 1992). En la zona de estudio, estas corrientes se desplazan de forma general sobre la franja ubicada entre la zona de rompientes y la isobata de los 25 metros, y presentan variaciones estacionales (Caballero, 1990).

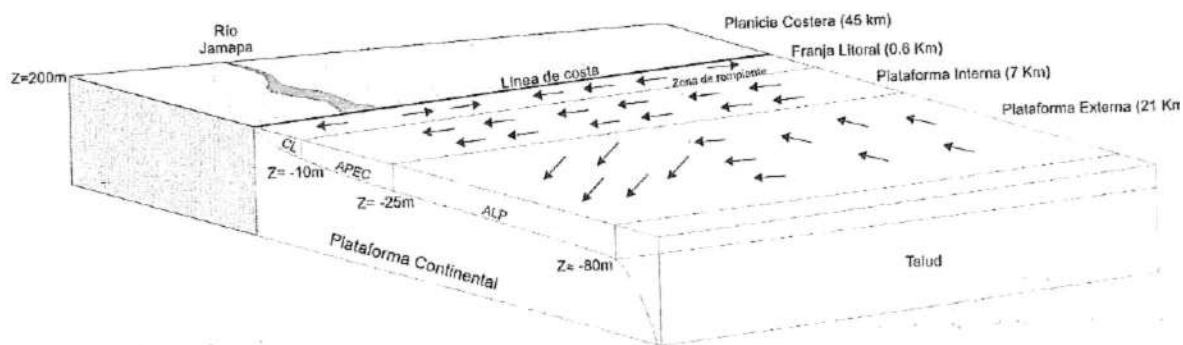


Figura 27. Ecotonos presentes en la zona del PNSAV. CL: corrientes litorales, APEC: aguas de plataforma encarriladas a la costa, ALP: aguas libres de plataforma, Z: altitud/profundidad (-).

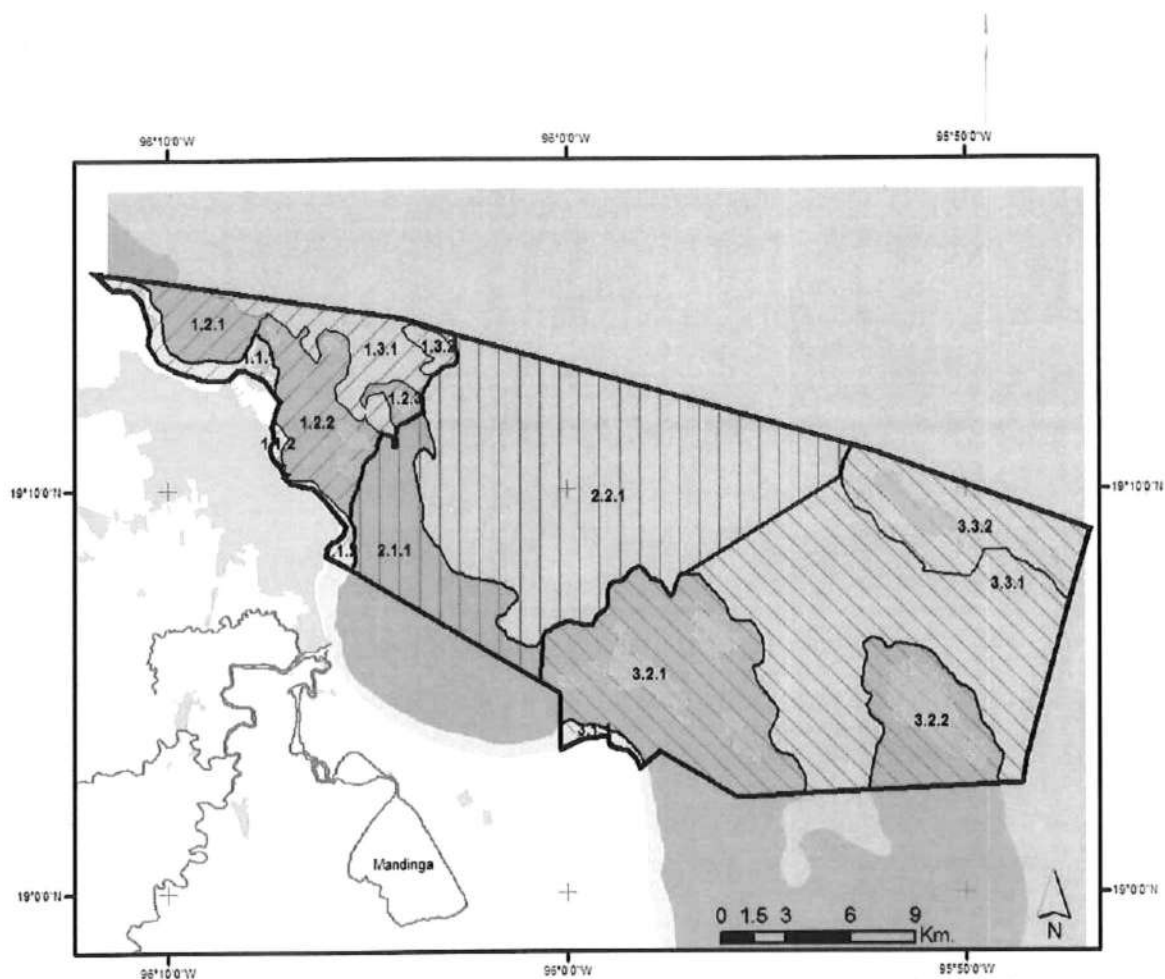
El ecotono de plataforma externa (PE), abarca la extensión de las aguas libres de plataforma (Escofet, 2004) o el *offshore entrainment volume* (Ray y Hayden, 1992). A diferencia de las otras divisiones, en el área de estudio existe una zona en donde las corrientes de agua presentan un movimiento local que no es paralelo a la costa, y de forma general se desplazan sobre profundidades mayores a los 25 metros, hasta el límite de la plataforma continental, y presentan variaciones estacionales (Caballero, 1990; Zavala-Hidalgo *et al.*, 2003; Salas, 2005).

En la siguiente escala jerárquica, la de unidades ambientales, se consideró la presencia de edificios arrecifales dentro de cada paisaje, se identificó en cada uno, a los edificios arrecifales aislados (individuales) o contiguos a otros (coalescentes).

Bajo estos criterios, en forma integral se identificaron tres subsistemas, ocho paisajes y 14 unidades ambientales (Figura 28).

### **5.3.2 Evaluación de los límites administrativos**

Se analizaron de forma independiente cada uno de los componentes geográficos del polígono de protección del PNSAV (Figuras 29 a 32), encontrándose que el límite oeste, colindante con el territorio emergido, es el que presenta mayor complejidad en su segmentación (Tabla 7), debido primordialmente a que es el único componente que presenta una colindancia entre el espacio costero terrestre y el marino (29). Esta colindancia representa una discontinuidad sólido-líquido coincidente con el límite administrativo (planicie costera en la porción terrestre y franja litoral en la marina), que puede ser denotada como un caso de heterogeneidad tipo B, en donde las características ecológicas al interior y al exterior del área son diferentes.



**Generales**

- Poligonal PNSAV
- Arrecifes
- Continente
- Zonas urbanas
- Río

**Franjas Paralelas a la Costa**

- Plataforma interna
  - Plataforma Interna Litoral (0-10 m)
  - Plataforma interna (10 a 25 m)
  - Plataforma externa (> 25 m)

**Zonificación**

- 1. Subsistema Veracruz

**Paisajes y Unidades**

- 1.1 Paisaje Litoral Veracruz
  - 1.1.1 Litoral vergara
  - 1.1.2 Litoral Puerto-Mocambo
- 1.2 Paisaje PI Veracruz
  - 1.2.1 Bahía Vergara
  - 1.2.2 PI Veracruz
  - 1.2.3 PI Verde
- 1.3 Paisaje PE Veracruz
  - 1.3.1 PE Fondos Marinos Veracruz
  - 1.3.2 PE Anegada de Adentro

- 2. Subsistema Jamapa

**Paisajes y Unidades**

- 2.1 Paisaje PI Jamapa
  - 2.1.1 PI Fondos Marinos Jamapa
- 2.2 Paisaje PE Jamapa
  - 2.2.1 PE Fondos Marinos Jamapa

- 3. Subsistema Anton Lizardo

**Paisajes y Unidades**

- 3.1 Paisaje Litoral Antón Lizardo
  - 3.1.1 Litoral Antón Lizardo
- 3.2 Paisaje PIA Antón Lizardo
  - 3.2.1 PIA Antón
  - 3.2.2 PI Cabezo
- 3.3 Paisaje PE Antón Lizardo
  - 3.3.1 PE Fondos Marinos Antón
  - 3.3.2 PE Anegada de Afuera

Figura 28. Zonificación ambiental del PNSAV.

*Tabla 7. Número de segmentos por componente geográfico del límite administrativo, bajo los casos de heterogeneidad.*

LÍMITE ADMINISTRATIVO	CASO A (X-X)	CASO B (Y-X)	TOTAL DE SEGMENTOS
Norte	3	0	3
Sur	3	1	4
Este	1	0	1
Oeste	5	4	9
Total	12	5	17

En su parte media, el límite oeste intersecta a la bahía de Jamapa, por lo cual presenta en esta porción una heterogeneidad del tipo A, donde tanto al interior como al exterior del área existe agua perteneciente a la franja de plataforma interna. Es en este segmento en donde se puede presentar la mezcla de las aguas de plataforma encarriladas a la costa con los aportes pluviales del Río Jamapa, lo cual representa el sitio por el cual ingresan al área protegida los aportes de la cuenca del río en mención.

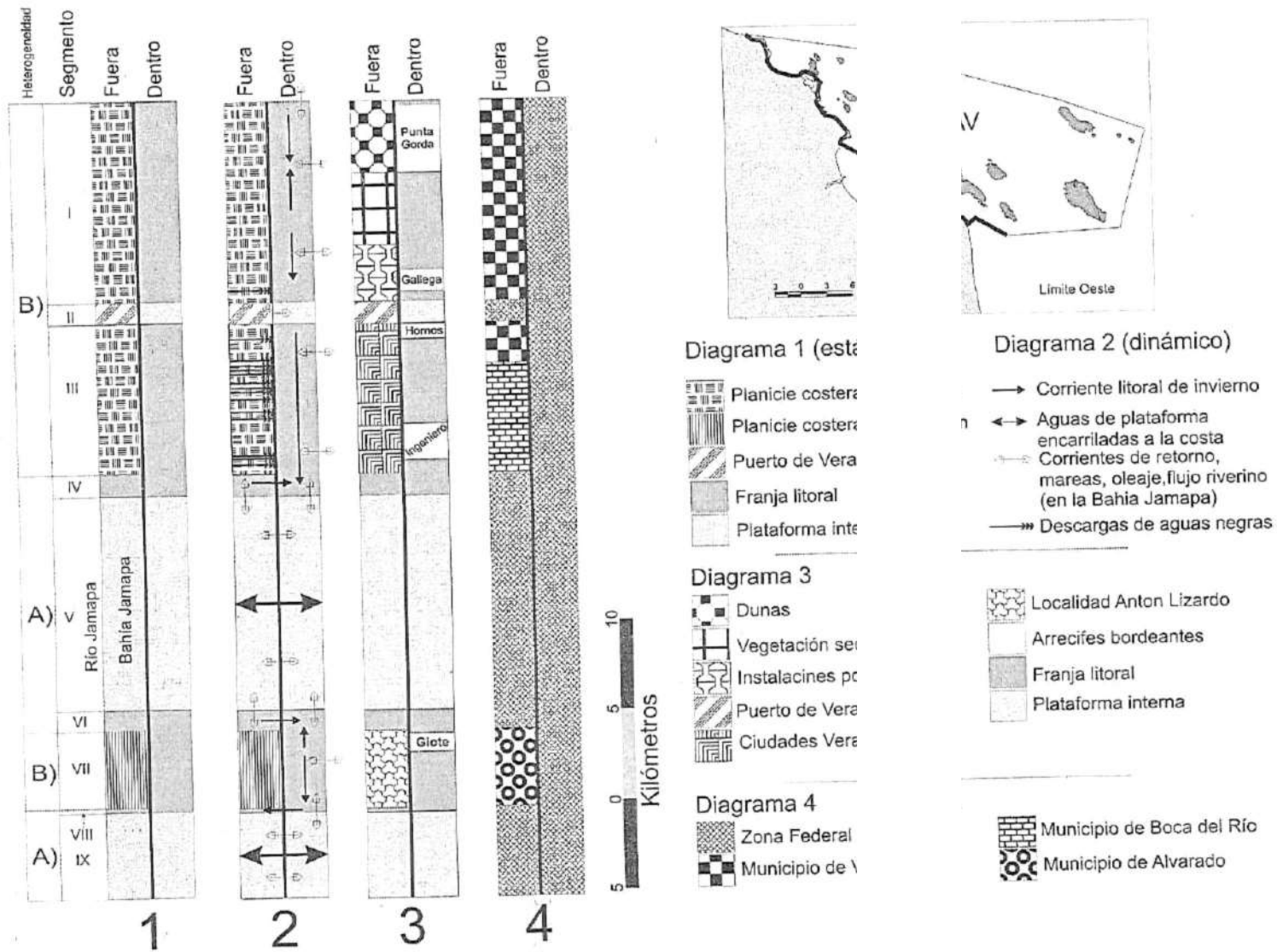


Figura 29. Límite oeste.



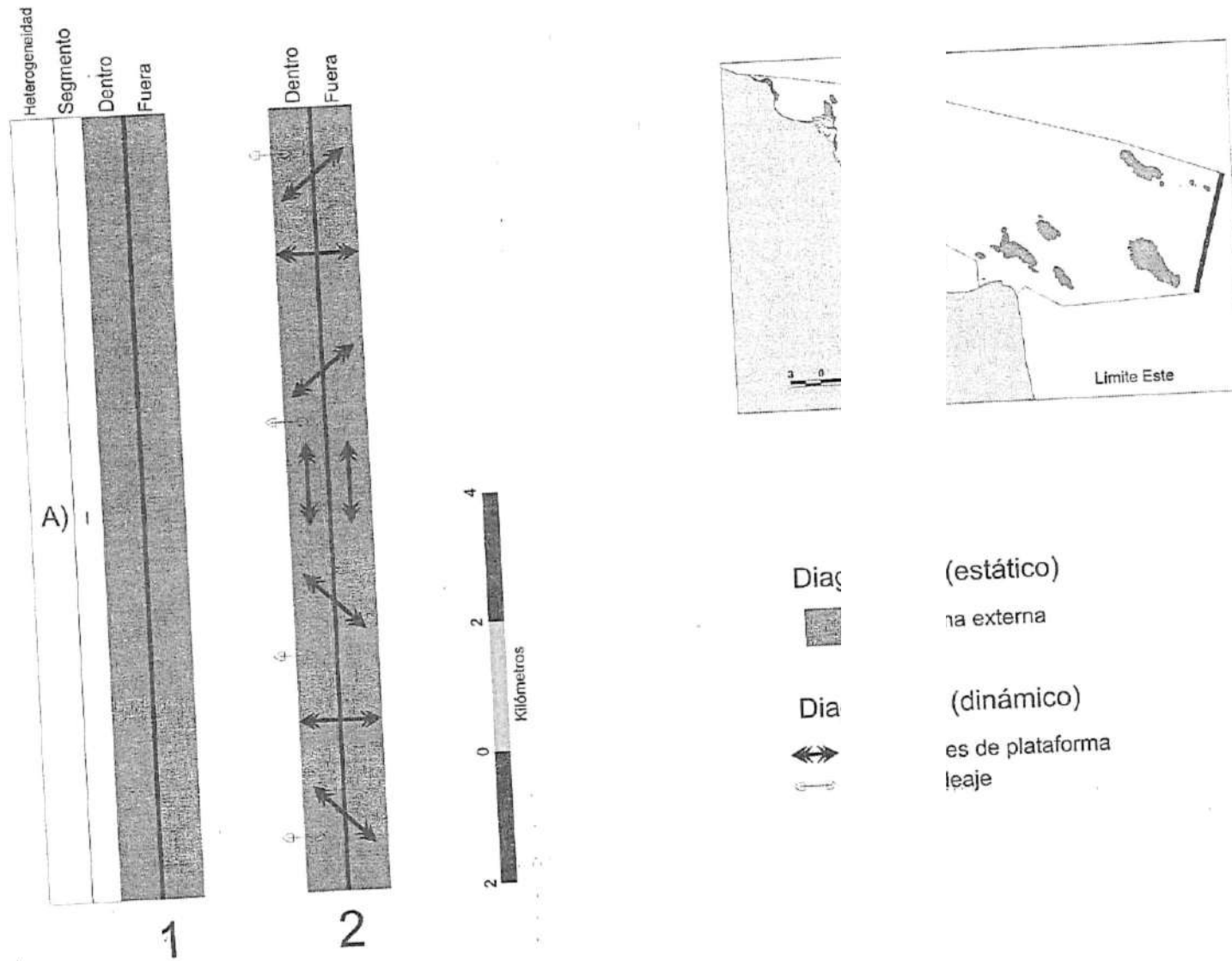


Figura 31. Límite este

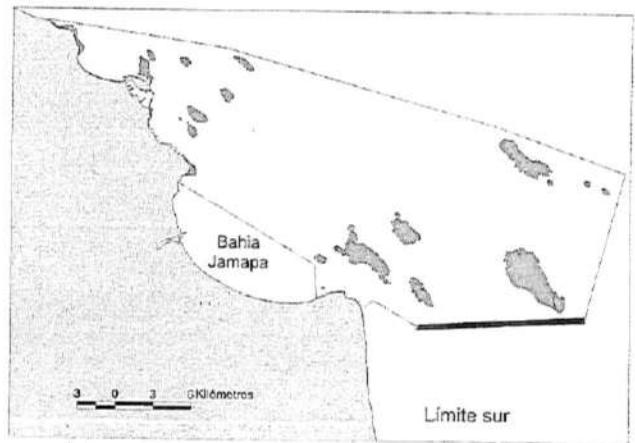
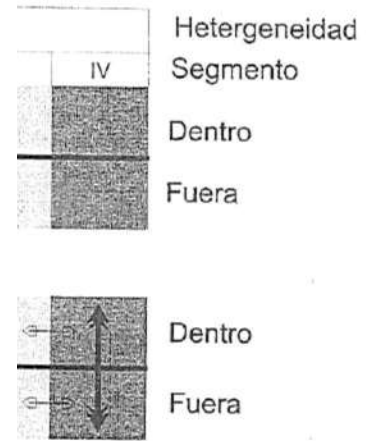
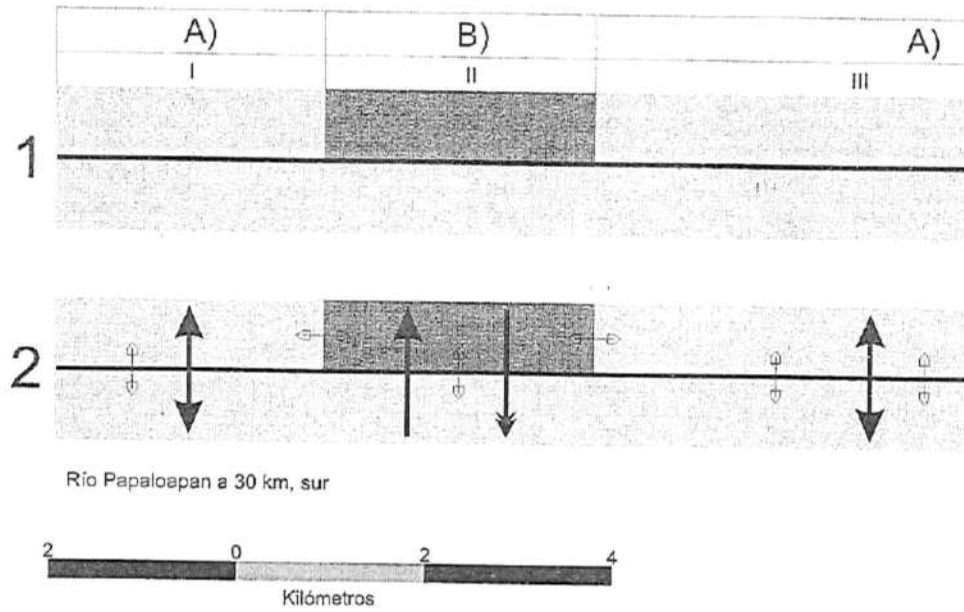
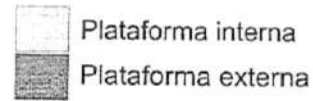


Diagrama 1 (estático)



rama 2 (dinámico)

Aguas de plataforma encarriladas a la costa  
 Aguas libres de plataforma  
 Mareas, oleaje, flujo riverino (Papaloapan)

Figura 32. Límite sur

En cuanto a la apreciación de la dinámica relacionada con este límite, se puede observar que la entrada de agua al interior del área se puede dar de cuatro formas, las cuales pueden ser bidireccionales (entran y salen del sistema) o unidireccionales (solamente entran al sistema). Las bidireccionales son: 1) la corriente litoral que se presenta en la franja litoral, que acarrea agua de la parte norte del PNSAV o de la parte sur, dependiendo de la temporada del año, 2) la descarga de agua dulce del río Jamapa que ingresa al PNSAV por la parte media del límite oeste y 3) fenómenos como la marea, que puede favorecer el intercambio de aguas de las partes norte y sur del PNSAV y en la bahía del Jamapa. La cuarta forma, de carácter unidireccional, consiste en la presencia de 52 descargas de aguas municipales que se ubican a lo largo de la frontera entre la interfase sólido-líquido en las ciudades de Veracruz y Boca del Río.

Analizando el uso de suelo y cobertura vegetal (Figura 29, diagrama 3), se observa que la mayor parte del límite colindante con tierra es contiguo a zonas urbanas, y que desde la perspectiva administrativa estas porciones terrestres son de jurisdicción municipal, mientras que las componentes marinas lo son de carácter federal (Figura 29, diagrama 4).

El límite norte presenta una segmentación caracterizada por la presencia de las tres franjas paralelas a la costa en la parte marina (Figura 30). La calidad del atributo de batimetría es similar en cada uno de sus tres segmentos tanto al interior como al exterior del área, lo cual lo ubica en el caso A. En este límite la dinámica de las tres corrientes de

agua que caracterizan a la zona de estudio favorece la entrada de aguas provenientes del río La Antigua, a 11 kilómetros al norte de este límite, a través de las corrientes litorales (SEMAR, 1990), así como por las aguas de plataforma encarriladas a la costa en los meses de invierno (Caballero, 1990).

Tanto para este límite como para los límites sur y este no se realizó el análisis de condiciones de vegetación, uso de suelo y jurisdicciones administrativas debido al carácter marino del área y a que en México todas las zonas marinas son de jurisdicción federal.

Por su parte, el límite este no presenta segmentación, ya que tanto al interior como al exterior del área se ubica la plataforma externa, con profundidades mayores a 25 metros, y presenta las aguas libres de plataforma (Figura 31). Por este límite se da la entrada y salida de corrientes de plataforma regionales que de forma general se desplazan al norte en verano y al sur en invierno (Zavala-Hidalgo *et al.*, 2003; Caballero, 1990).

El límite sur es el segundo componente con mayor complejidad en su segmentación (Tabla 7; Figura 32) con cuatro segmentos: tres en el caso A y uno en el caso B. Dinámicamente, este límite presenta la entrada de aguas de plataforma encarriladas a la costa y aguas libres de plataforma en verano (Zavala-Hidalgo *et al.*, 2003; Caballero, 1990), así como de la corriente litoral en invierno a través de la franja litoral (SEMAR, 1990). Por este límite se puede dar la entrada de aguas provenientes del Río Papaloapan, a 30 Km. al sur-suroeste del límite. Resalta en este caso la colindancia entre la franja de

plataforma interna con la plataforma externa en la parte media del límite, siendo este un sitio en donde se puede presentar la mezcla de las aguas que se desplazan en ambas franjas.

### 5.3.2.1 Colindancia con las rutas de navegación

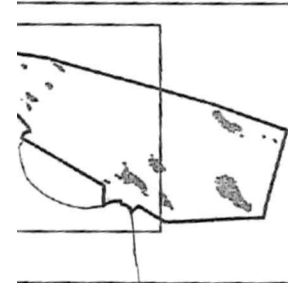
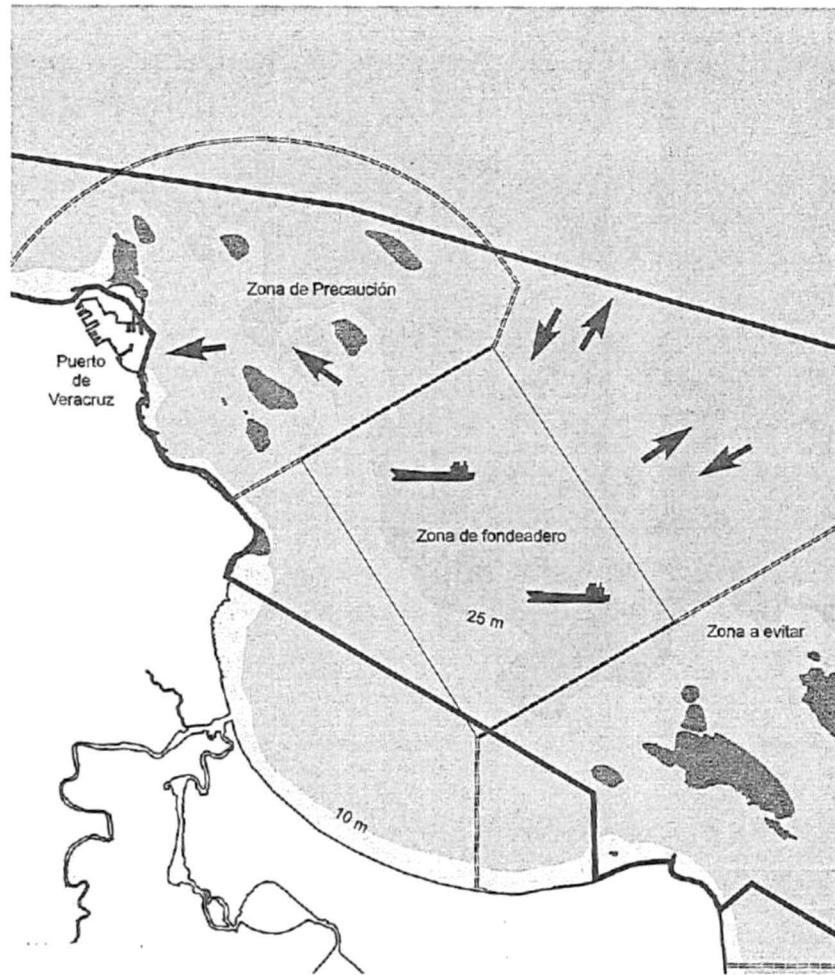
El tráfico marítimo que ingresa y egresa del puerto de Veracruz lo hace a través del PNSAV en una amplia zona de fondos marinos ubicada entre los arrecifes del norte y del sur del Parque, sobre las plataformas interna y externa (Figura 33) (DOF, 1998). En esta zona se ubica la zona de fondeadero, en la cual las embarcaciones esperan a los pilotos de puerto para ingresar a la rada portuaria, acceso que se realiza entre los arrecifes de Pájaros y Verde.

*Tabla 8. Relación de buques que han sufrido accidentes marítimos de grandes consecuencias en el puerto de Veracruz, a partir del año 1990.*

NOMBRE DEL BUQUE	FECHA	LUGAR	OBSERVACIONES
Morgan	02/01/90	Anegada de Adentro	Pérdida total, deshueso en sitio
New Hope	22/10/90	Chopas, A. Lizardo	Reflotó y se remolcó a Tampico
Shetidesyatiletie	24/09/92	Anegada de Adentro	Pérdida total deshueso en sitio
Nika II	14/02/96	Playa Mandinga	Reflotó y Remolcó a Tuxpan, Ver.
Profetis Elias	12/12/97	Blanca, A. Lizardo	Reflotó y remolcó a Tuxpan, Ver.
Virgo	15/01/98	Escollera Norte	Hundido (sin deshuesar)
Rubín	28/02/01	Pájaros	Reflotó y Remolcó a puerto

En este punto, la ocurrencia de fenómenos meteorológicos como los frentes fríos (conocidos localmente como “nortes”), las tormentas tropicales, los huracanes y los

vientos provenientes del sur (“suradas”), todos ellos generados en diferentes temporadas del año, propician que esta ruta marítima interactúe con los cuerpos arrecifales al aumentar el riesgo de encallamientos por arrastre (Tabla 8). A esta situación se añaden los errores en las maniobras de entrada o salida del puerto que aumentan la vulnerabilidad del PNSAV, toda vez que han existido encallamientos en los arrecifes colindantes con la ruta de maniobras de entrada a puerto.



**Marino**

na de fondeadero  
 rutas de tráfico  
 embarcaciones

**paralelas a la costa**

ral  
 taforma interna  
 taforma externa

**les**

igonal PNSAV  
 ecifes

Figura 33. Rutas de tráfico marítimo a través del P.

## 5.4 Problemática ambiental del PNSAV

### 5.4.1 Valoración de unidades ambientales.

La valoración de las unidades ambientales de acuerdo con los atributos de contribución, rareza, calidad y valor como herramienta, así como el valor global se puede apreciar en la tabla 9.

*Tabla 9. Valoración de atributos por unidad ambiental.*

Unidad ambiental	Atributos				Valor Global
	Contribución	Rareza	Calidad	Valor Como Herramienta	
1.1.1 Litoral Vergara	0.5	4.0	1.0	1	2
1.1.2 Litoral Puerto-Mocambo	0.5	2.0	1.0	1	1
1.2.1 Bahía Vergara	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
1.2.2 PI Veracruz	0.5	0.5	2.0	4	2
1.2.3 PI Verde	0.5	0.5	2.0	4	2
1.3.1 PE Fondos Marinos Veracruz	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
1.3.2 PE A. Adentro	0.5	0.5	4.0	1	2
2.1.1 PI Fondos Marinos Jamapa	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
2.2.1 PI Fondos Marinos Jamapa	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
3.1.1 Litoral Antón Lizardo	0.5	0.5	1.0	1	0.5
3.2.1 PI Antón	2	0.5	2.0	4	2
3.2.2 PI Cabezo	2	0.5	2.0	1	1
3.3.1 PE Fondos Marinos Antón	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
3.3.2 PE A. Afuera	1	0.5	4.0	2	2

A partir de esta valoración, se observa que las unidades ambientales que contribuyen de forma importante a la superficie arrecifal total del PNSAV son la de Plataforma Interna Cabezo y Antón Lizardo, seguidas por la unidad de la Anegada de Afuera, lo cual convierte al subsistema Antón Lizardo en la zona de mayor contribución. Por el

contrario, en el atributo de rareza son las unidades Litoral Vergara y Puerto-Mocambo, del subsistema Veracruz, las que aportan la mayor rareza al PNSAV.

En lo referente al atributo de calidad, las unidades ambientales pertenecientes a los paisajes de plataforma externa en los subsistemas Veracruz y Antón Lizardo son las que presentan una calidad alta, las que se encuentran en la plataforma interna presentan una calidad moderada y las ubicadas en la plataforma interna litoral son las que cuentan con una calidad ambiental baja.

El valor como herramienta de las unidades varía de acuerdo a su localización, siendo las que se encuentran dentro de la plataforma interna las que tienen un uso más intensivo, lo cual está asociado con la presencia de islas y del bajo del arrecife Pájaros denominado "Cancuncito" (Cap. Jorge Juárez, *com. pers.*).

De acuerdo con el valor global obtenido para cada unidad, sólo las unidades Litoral Puerto-Mocambo y PI Cabezo tienen un valor medio, Litoral Antón Lizardo tiene un valor bajo y las restantes tienen un valor alto.

#### **5.4.2. Impactos y sus fuentes**

Con base en la información analizada se identificó un total de 21 impactos (Anexo 3), de los cuales 17 son netamente ambientales y cuatro son de repercusiones sociales directas

(Tabla 10). Dos de los problemas identificados son exclusivos de una unidad ambiental y dos son comunes para todo el sistema Arrecifal.

*Tabla 10. Problemas ambientales identificados para el área de estudio*

PROBLEMA	UNIDADES AMBIENTALES AFECTADAS	TIPO DE PROBLEMA
Ruptura, fragmentación y destrucción parcial de arrecifes	7	
Reducción de la cobertura neta de la superficie arrecifal	4	
Pérdida de bancos de almeja (reducción de los fondos aptos para el crecimiento de almejas; disminución del efectivo poblacional del recurso)	3	
Destrucción de pastos marinos (daños físicos directos y daños funcionales indirectos a los pastos marinos)	6	
Muerte de coral (Muerte, blanqueamiento; enfermedades de corales; desaparición de especies de coral)	9	
Dominancia de algas (Aumento de la cobertura relativa de algas)	5	Netamente Ambiental
Desaparición de especies féticas de ornato	3	
Contaminación por hidrocarburos y derivados del petróleo	7	
Contaminación por coliformes fecales	9	
Contaminación por agroquímicos	2	
Contaminación por residuos sólidos (basura y otros)	8	
Contaminación por materia orgánica	9	
Contaminación por desechos industriales	8	
Contaminación por metales pesados	Se presenta en todo el sistema	
Asolvamiento de estructuras arrecifales	9	
Marea roja	Se presenta en todo el sistema	
Invasión de especies exóticas	1	
Desplazamiento de pescadores a nuevas zonas	1	
Reconversión de pescadores a otras actividades	No aplica	
Baja del rendimiento de la pesca comercial	6	Con repercusiones sociales directas
Disminución de la talla de peces capturados en la pesca comercial	Se presenta en todo el sistema	

*Tabla 11. Número y tipo de problemas ambientales por unidad*

UNIDAD AMBIENTAL	PROBLEMAS NETAMENTE AMBIENTALES	PROBLEMAS AMBIENTALES CON REPERCUSIONES SOCIALES DIRECTAS	NÚMERO TOTAL DE PROBLEMAS AMBIENTALES
1.1.1 Litoral Vergara	11	2	13
1.1.2 Litoral Puerto-Mocambo	12	1	13
1.2.1 Bahía Vergara	1	0	1
1.2.2 PI Veracruz	11	1	12
1.2.3 PI Verde	8	1	9
1.3.1 PE Fondos Marinos Veracruz	0	0	0
1.3.2 PE A. Adentro	6	0	6
2.1.1 PI Fondos Marinos Jamapa	0	0	0
2.2.1 PE Fondos Marinos Jamapa	0	0	0
3.1.1 Litoral Antón Lizardo	12	1	13
3.2.1 PI Antón	12	1	13
3.2.2 PI Cabezo	9	0	9
3.3.1 PE Fondos Marinos Antón	0	0	0
3.3.2 PE A. Afuera	8	0	8

Las unidades ambientales con mayor número de problemas ambientales son las ubicadas en la franja plataforma interna litoral (1.1.1, 1.1.2, 3.2.1) y las que se encuentran en la franja de plataforma interna (1.2.2 y 3.2.1). Nótese que las unidades correspondientes a fondos marinos carecen de impactos reportados, con excepción de Bahía Vergara (Tabla 11).

Los problemas ambientales se distribuyen de forma modulada en el sistema arrecifal. Únicamente la unidad 1.2.2 *Plataforma Interna Veracruz*, cuenta con un impacto exclusivo que es la “*Invasión de especies exóticas*”, mientras que los restantes se presentan en dos o más unidades. En la figura 34 se presenta un análisis de agrupamiento basado en la presencia de los problemas en las diferentes unidades ambientales del PNSAV (similitud de bray-curtis).

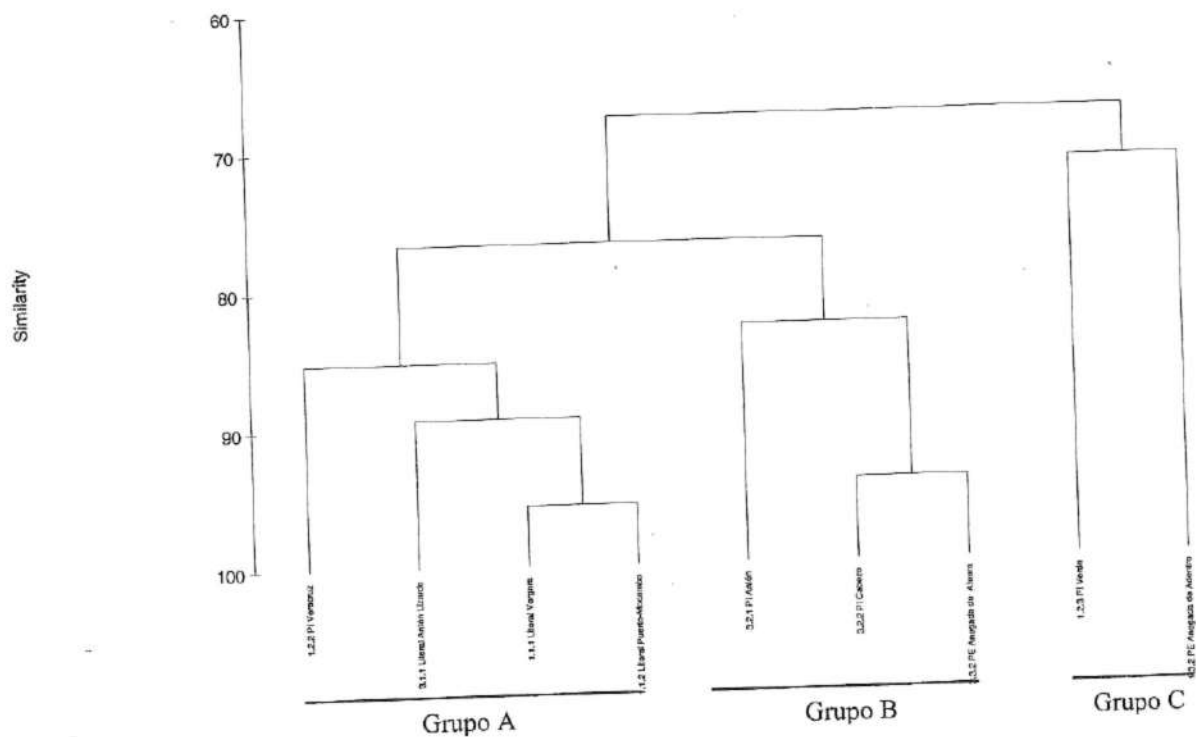


Figura 34. Agrupamiento de unidades ambientales con base en la presencia de 21 problemas.

Se observa la presencia de tres grupos principales. El grupo C corresponde a dos unidades del subsistema Veracruz, en la porción norte del PNSAV, que son las unidades más alejadas de la costa. El grupo B incluye tres unidades ambientales del subsistema Antón Lizardo ubicadas en la plataforma interna, y el Grupo A incluye todas las unidades litorales del PNSAV más la unidad de arrecifes de plataforma interna del subsistema Veracruz.

Los impactos encontrados están relacionados con 77 fuentes que pueden ser naturales o antropogénicas y se originan tanto al interior como al exterior del área (Anexo 3, Tabla

12). El mayor número de fuentes lo presentan los impactos: *ruptura, fragmentación y destrucción parcial de arrecifes* (14), *asolvamiento de estructuras arrecifales* por sólidos suspendidos (8), *contaminación por residuos sólidos* (7), *muerte de coral* (7) y la *baja del rendimiento de la pesca comercial* (7).

Del total de fuentes antropogénicas, 41 se generan en el interior del PNSAV y 31 en la zona de influencia. De las fuentes naturales, 10 son externas al PNSAV y solamente 2 se generan al interior del área protegida (Tabla 12).

Setenta de las fuentes son exclusivas de un problema ambiental, mientras que siete de ellas son responsables de más de un problema ambiental, siendo la fuente externa antropogénica "*descarga de aguas negras sin tratamiento o con tratamiento incompleto de la zona conurbada Veracruz-Boca del Río*" y la fuente externa natural "*oleaje de tormenta*" las que generan mas problemas ambientales (tres cada una) (Tabla 13).

Tabla 12. Origen y tipos de fuentes por problema

PROBLEMA	FUENTES ANTROPOGÉNICAS (I=INTERNAS/E=EXTERNAS)	FUENTES NATURALES (I=INTERNAS/E=EXTERNAS)	NÚMERO TOTAL DE FUENTES
Ruptura, fragmentación y destrucción parcial de arrecifes	13 (I)	1 (E)	14
Reducción de la cobertura neta de la superficie arrecifal	3 (I)	---	3
Pérdida de bancos de almeja (reducción de los fondos aptos para el crecimiento de almejas; disminución del efectivo poblacional del recurso)	3 (I)	---	3
Destrucción de pastos marinos (daños físicos directos y daños funcionales indirectos a los pastos marinos)	1 (I)	2 (I) 1 (E)	4
Muerte de coral (Muerte, blanqueamiento; enfermedades de corales; desaparición de especies de coral)	4 (E)	3 (E)	7
Dominancia de algas (Aumento de la cobertura relativa de algas)	3 (I) 1 (E)	1 (E)	5
Desaparición de especies ícticas de ornato	2 (I)	---	2
Contaminación por hidrocarburos y derivados del petróleo	2 (I) 3 (E)	---	5
Contaminación por coliformes fecales	1 (I) 3 (E)	---	4
Contaminación por agroquímicos	1 (E)	---	1
Contaminación por residuos sólidos (basura y otros)	3 (I) 4 (E)	---	7
Contaminación por materia orgánica	1 (I) 3 (E)	---	4
Contaminación por desechos industriales	5 (E)	---	5
Contaminación por metales pesados	1 (E)	---	1
Asolvamiento de estructuras arrecifales	5 (E)	3 (E)	8
Marea roja	Fuente desconocida	Fuente desconocida	---
Invasión de especies exóticas	1 (I)	---	1
Desplazamiento de pescadores a nuevas zonas	1 (I)	---	1
Reconversión de pescadores a otras actividades	1 (E)	---	1
Baja del rendimiento de la pesca comercial	6 (I)	1 (E)	7
Disminución de la talla de peces capturados en la pesca comercial	1 (I)	---	1
<b>TOTAL</b>	<b>41 (I)</b> <b>31 (E)</b>	<b>2 (I)</b> <b>10 (E)</b>	

*Tabla 13. Fuentes generadoras de más de un problema ambiental.*

FUENTE	TIPO Y ORIGEN DE LA FUENTE	PROBLEMAS AMBIENTALES
Aporte de aguas municipales de la zona conurbada Veracruz-Boca del Río a través del sistema de drenaje pluvial (52 descargas a lo largo de la línea de costa)	Antropogénica Externa	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Contaminación por coliformes fecales</li> <li>• Contaminación por materia orgánica</li> </ul>
Descarga de aguas negras sin tratamiento o con tratamiento incompleto de la zona conurbada Veracruz-Boca del Río	Antropogénica Externa	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Contaminación por coliformes fecales</li> <li>• Contaminación por materia orgánica</li> <li>• Muerte de coral (Muerte, blanqueamiento; enfermedades de corales; desaparición de especies de coral)</li> </ul>
Falta de regulación de la pesca	Antropogénica Interna	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Baja del rendimiento de la pesca comercial</li> <li>• Desaparición de especies ícticas de ornato</li> </ul>
Descarga de aguas de sentinas de buques	Antropogénica Interna	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Contaminación por coliformes fecales</li> <li>• Contaminación por materia orgánica</li> </ul>
Rellenos para ganar terreno al mar	Antropogénica Interna	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pérdida de bancos de almeja (reducción de los fondos aptos para el crecimiento de almejas; disminución del efectivo poblacional del recurso)</li> <li>• Desplazamiento de pescadores a nuevas zonas</li> </ul>
Oleaje de tormenta	Natural Externa	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Asolvamiento de estructuras arrecifales</li> <li>• Destrucción de pastos marinos (daños físicos directos y daños funcionales indirectos a los pastos marinos)</li> <li>• Ruptura, fragmentación y destrucción parcial de arrecifes</li> </ul>
Desconocida	-----	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Marca roja</li> <li>• Muerte de coral (Muerte, blanqueamiento; enfermedades de corales; desaparición de especies de coral)</li> </ul>

#### **5.4.3. Definición de la zona de influencia del PNSAV a partir de la problemática ambiental y sus fuentes**

La definición de la zona de influencia del PNSAV se obtuvo a partir de la ubicación espacial de las fuentes antropogénicas externas al sistema. Estas fuentes están representadas por diferentes actividades humanas que pueden dividirse en dos tipos (SEMARNAP y FAO, 1995): a) Aledañas, que son las relacionadas con la colindancia de los límites administrativos del PNSAV con la zona conurbada de Veracruz-Boca del Río, b) Lejanas, que son las relacionadas con las cuencas de los ríos que afectan al parque y las relacionadas con la porción marina del Golfo de México.

En la tabla 14 se observa que el mayor número de fuentes son aledañas (14), seguidas por las relacionadas con las cuencas de los ríos (10) y solamente dos se relacionan con la porción marina.

*Tabla 14. Ubicación de las fuentes antropogénicas externas relacionadas con la problemática ambiental del PNSAV (de acuerdo con la clasificación de SEMARNAP y FAO, 1995)*

NÚMERO DE FUENTES	ALEDAÑAS	LEJANAS	
		CUENCAS DEL ANTIGUA, JAMAPA Y PAPALOAPAN	GOLFO DE MÉXICO
1	Aporte de aguas municipales de a zona conurbada Veracruz-Boca del Río a través del sistema de drenaje pluvial (52 descargas a lo largo de la línea de costa)	Agroquímicos provenientes de los ríos Jamapa y Papaloapan	Derrame de petróleo en el pozo IXTOC
2	Aporte de aguas negras sin tratar al Arroyo Moreno	Aporte de cenizas provenientes de la quema de caña	Hidrocarburos transportados por las corrientes del Golfo provenientes de instalaciones petroleras
3	Basura generada en el puerto	Aporte de nutrientes por el Río Jamada	
4	Basura generada en la zona litoral del área metropolitana	Basura acarreada por los ríos incluyendo La Antigua	
5	Contaminación Industrial y Urbana	Deforestación en las cuencas altas de los ríos que influyen al SAV	
6	Crecimiento de las instalaciones portuarias	Derivados del petróleo provenientes de los ríos Jamapa y Papaloapan	
7	Descarga de aguas de la industria metal mecánica al Arroyo El Grande (al norte de Punta Gorda)	Descarga de aguas de la industria azucarera (ingenios) en la cuenca del río Papaloapan	
8	Descarga de aguas de tipo industrial de la zona conurbada Veracruz-Boca del Río	Descargas de aguas de la industria papelera en la cuenca del río Papaloapan	
9	Descarga de aguas negras sin tratamiento o con tratamiento incompleto de la zona conurbada Veracruz-Boca del Río	Descargas de aguas industriales a través del río Jamada	
10	Desmonte de vegetación para construcción de fraccionamientos en Veracruz, Boca del Río y Medellín	Vertido de aguas municipales a los ríos que afectan al SAV (incluyendo descargas de aguas negras al río Jamapa y arroyo moreno)	
11	Dragados en la rada portuaria y al interior del puerto		
12	Expansión de la zona urbana de Veracruz-Boca del Río		
13	Tala de manglar en la boca del Río Jamapa		
14	Vertido de hidrocarburos en las instalaciones portuarias		

## 5.5 Equiparación de los resultados con el esquema de Presión Estado

### Respuesta

En primera instancia, es posible relacionar los atributos de la valoración del área con el esquema PER de la siguiente forma:

*Tabla 15. Relación de los atributos de valoración del PNSAV con el esquema de indicadores de Presión Estado Respuesta de la OCDE.*

ATRIBUTO	UBICACIÓN DENTRO DEL ESQUEMA PER
Contribución: superficie arrecifal relativa	Hace referencia a una condición del PNSAV relacionada con el ESTADO del mismo
Rareza: superficie de arrecifes bordeantes	Hace referencia a una condición del PNSAV relacionada con el ESTADO del mismo
Calidad: condiciones biológicas	Hace referencia a una condición del PNSAV relacionada con el ESTADO del mismo
Valor como herramienta: se refiere directamente al uso que se hace del sistema y puede ser un indicador	Está relacionado con la PRESION que existe sobre los recursos del sistema

En este caso, los atributos relacionados con el Estado pueden actuar como indicadores de *advertencia temprana* y los relacionados con la Presión como indicadores de *amenazas potenciales* (Lourens *et al.*, 1997; Espejel *et al.*, 2004).

En lo que se refiere a la problemática ambiental y las fuentes relacionadas con ella, los impactos son correspondientes con el Estado/Impacto del PNSAV y las fuentes lo son con la Presión que existe sobre el mismo. En el caso de problemas ambientales de repercusión social (Tabla 10), estos se relacionan directamente con la Presión. Esto se aborda de forma más extensa en el siguiente apartado.

## 5.6 Selección de indicadores de Estado y Presión

A partir de los datos de valoración de las unidades ambientales, se seleccionaron indicadores macro que permitieran conocer de forma sintética el estado y la presión sobre el PNSAV. Estos indicadores son:

*Tabla 16. Indicadores macro para el PNSAV*

ATRIBUTO	QUÉ Y COMO SE MIDE	TIPO DE INDICADOR
Contribución	Superficie arrecifal relativa, se mide con teledetección	ESTADO
Calidad	Condiciones biológicas de los arrecifes, se puede medir usando videatransectos	ESTADO
Valor como herramienta	Se refiere a la intensidad de uso del sistema, se mide con base en el número de permisos para hacer actividades en el área y con el número de visitantes por unidad	PRESION

### 5.6.1 Indicadores de Estado/Impacto

Se seleccionaron 17 indicadores de Estado-Impacto relacionados con las evidencias clave de los problemas detectados. Estos indicadores abarcan diferentes niveles de apreciación (ecosistémico, paisajístico, comunitario, poblacional o individual) de forma tal que los indicadores que aportan mayor información sobre el estado del PNSAV son aquellos que se aprecian a nivel de ecosistema.

Tabla 17. Indicadores de Estado/Impacto para

PROBLEMA	EVIDENCIA CLAVE	INDICADOR
Ruptura, fragmentación y destrucción parcial de arrecifes	Superficie coralina con rupturas, fragmentada o destruida	Superficie coralina afectada/superficie coralina
Reducción de la cobertura neta de la superficie arrecifal	Desaparición de áreas coralinas	Superficie arrecifal tiempo "X" x 100/Superficie tiempo "0"
Pérdida de bancos de almeja (reducción de los fondos aptos para el crecimiento de almejas; disminución del efectivo poblacional del recurso)	Desaparición de bancos almejeros y cambios en abundancia	Bancos tiempo "X" x 100/bancos tiempo "0" Abundancia tiempo "X" x 100/abundancia tiempo "0"
Destrucción de pastos marinos (daños físicos directos y daños funcionales indirectos a los pastos marinos)	Disminución de superficie cubierta por praderas de pastos marinos	Superficie de pastos marinos tiempo "X" x 100/pastos marinos tiempo "0"
Muerte de coral (Muerte, blanqueamiento; enfermedades de corales; desaparición de especies de coral)	Presencia de coral muerto y enfermo	Superficie coralina muerta/superficie coralina estado Superficie coralina enferma/superficie coralina estado
Dominancia de algas (Aumento de la cobertura relativa de algas)	Extensión de superficie arrecifal cubierta por algas	Superficie arrecifal cubierta por algas/superficie sin algas
Desaparición de especies ícticas de ornato	Disminución en la riqueza y abundancia de especies ícticas de ornato	Abundancia de especies ícticas tiempo "X" x 100/abundancia de especies ícticas tiempo "0" Riqueza de especies ícticas tiempo "X" x 100/especies ícticas tiempo "0"
Contaminación por hidrocarburos y derivados del petróleo	Presencia de hidrocarburos en la columna de agua, sedimentos y en organismos	Concentración de hidrocarburos en columna de agua Concentración de hidrocarburos en sedimentos Concentración de hidrocarburos en organismos

## SAV

	TIPO DE INDICADOR	FORMA DE EVALUARLO	NIVEL DE APRECIACIÓN
a	Específico	Videotransectos	Paisaje
arrecifal	Macro	Teledetección	Ecosistema
"	Específico	Muestreo directo	Población
ficie de	Específico	Muestreo directo Videotransectos Teledetección	Comunidad Poblacional
n	Específico	Videotransectos	Comunidad Población
en			
cifal	Específico	Videotransectos	Comunidad
"	Específico	Muestreo directo Observación	Comunidad
i de	Específico	Muestreo directo	Ecosistema

*Tabla 17. Indicadores de Estado/Impacto para el PNSAV*

PROBLEMA	EVIDENCIA CLAVE	INDICADOR
Contaminación por agroquímicos	Presencia de agroquímicos en la columna de agua, sedimentos y organismos	Concentración de agroquímicos en la columna de
		Concentración de agroquímicos en sedimentos
		Concentración de agroquímicos en organismos
Contaminación por residuos sólidos (basura y otros)	Presencia de residuos sólidos en la columna de agua, arrecifes, fondos marinos, playas e islas	Volumen de residuos sólidos colectados en playas
		Volumen de residuos sólidos colectados en islas
		Superficie de fondos marinos cubierta por residuos
Contaminación por materia orgánica	Presencia de materia orgánica en la columna de agua y en sedimentos	Concentración de materia orgánica en la columna
		Concentración de materia orgánica en sedimentos
Contaminación por desechos industriales	Presencia de residuos industriales en la columna de agua y en organismos (es necesario identificar el tipo de residuos)	Concentración de residuos industriales en la columna de agua
		Concentración de residuos industriales en organismos
Contaminación por metales pesados	Presencia de metales pesados en la columna de agua, sedimentos y organismos	Concentración de metales pesados en la columna
		Concentración de metales pesados en sedimentos
		Concentración de metales pesados en organismos
Asolvamiento de estructuras arrecifales	Superficie arrecifal cubierta con sedimentos	Superficie arrecifal cubierta por sedimentos/superficie
		Superficie arrecifal libre de sedimentos
Marea roja	Afectación por mareas rojas	Eventos de marea roja/año
		Superficie del PNSAV cubierta por marea roja/año
		Número y tipo de organismos muertos por efecto marea roja/evento
Invasión de especies exóticas	Presencia de especies exóticas	Tipo de especies exóticas
		Abundancia y riqueza de especies exóticas tiempo/Abundancia y riqueza de especies exóticas tiempo

TIPO DE INDICADOR	FORMA DE EVALUARLO	NIVEL DE APRECIACIÓN
Específico	Muestreo directo	Ecosistema
Específico	Muestreo directo	Ecosistema
Específico	Muestreo directo	Ecosistema
Específico	Muestreo directo	Ecosistema
Específico	Muestreo directo	Ecosistema
Específico	Video transectos Teledetección (retrospectivos)	Paisajístico Comunitario
Específico	Visualmente Eventos de muerte masiva de organismos	Ecosistema
Específico	Muestras directas	Comunidad

### 5.6.2 Indicadores de Presión

En cuanto a los indicadores de Presión, estos se seleccionaron a partir de 25 fuentes de problemas ambientales, siendo elegidos por ser cuantificables. En la tabla 18 se presentan aquellos indicadores que aplican para las fuentes de problemática que son internas al PNSAV.

*Tabla 18. Indicadores Internos (locales) de Presión*

FUENTE ANTROPOGÉNICA INTERNA (LOCAL)	INDICADOR	TIPO DE INDICADOR (ALCANCE ESPACIAL)	FORMA DE EVALUARLO
Extracción de organismos para investigación	Número de permisos de colecta/año	Puntual	Datos oficiales de la administración del Parque
	Número y tipo de organismos extraídos/año		
Encallamiento de embarcaciones	Número de encallamientos/año	Puntual	Datos oficiales y reportes
	Superficie arrecifal afectada por evento		
Remoción de encallamientos	Número de embarcaciones recuperadas de encallamientos/año	Puntual	Estadísticas sobre actividades de remoción
	Superficie afectada por las maniobras de desencallamiento/año		
Pisoteo de Corales por pescadores de pulpo	Número de permisos para pesca de pulpo/año	Puntual	Datos oficiales y reportes
Construcción de canal de acceso para embarcaciones pesqueras	Número de canales de acceso a embarcaciones	Macro	Fotografía aérea Reconocimiento de campo
Volteo de piedras coralinas para la extracción de pulpo y almeja	Superficie de arrecife con piedras volteadas/superficie arrecifal total	Meso	Vídeo transectos
Expansión de instalaciones navales y de pesca	Superficie arrecifal afectada por instalaciones/superficie arrecifal total	Macro	Análisis de imágenes aéreas
Modificación de corriente litoral por la construcción de espigones y escolleras	Número de estructuras a lo largo de la línea de costa	Macro	Imágenes aéreas Verificación directa
Pesca excesiva de almeja	Volúmenes de pesca	Puntual	Datos oficiales y reportes de arribos
Derrames accidentales de petróleo dentro del parque	Número de accidentes y denuncias/año	Puntual	Datos oficiales, prensa
Basura depositada por turistas, embarcaciones y derivadas de actividades al interior del parque	Volúmenes de colecta/año	Puntual	Estadísticas de servicios municipales y de la Secretaría de Marina
Aumento del esfuerzo pesquero	Número de permisos de pesca/año	Puntual	Estadísticas oficiales de SAGARPA
Desplazamiento de pescadores a nuevas zonas	Ubicación de comunidades pesqueras	Puntual	Encuestas Reconocimiento en campo
Reconversión de pescadores a otras actividades	Número efectivo de pescadores/año	Puntual	Encuestas Número de permisos de pesca
Baja del rendimiento de la pesca comercial	Volumen de captura/especie/año	Puntual	Volúmenes de desembarco
Disminución de la talla de peces capturados en la pesca comercial	Tallas por especie capturadas/año	Puntual	Estudio biológico pesquero

En la tabla 19 se presentan indicadores de Presión de tipo *aledaña*, refiriendo con ello a aquellos que provienen de fuentes ubicadas en la zona colindante con el límite administrativo oeste del PNSAV (área conurbada, ver figura 29).

*Tabla 19. Indicadores de Presión Aledaña*

FUENTE ANTROPOGÉNICA EXTERNA (ALEDAÑA)	INDICADOR	TIPO DE INDICADOR (ALCANCE ESPACIAL)	FORMA DE EVALUARLO
Expansión de las instalaciones del Puerto de Veracruz.	Superficie arrecifal afectada por cambio de uso de suelo/superficie arrecifal total	Macro	Análisis de imágenes aéreas
Rellenos para ganar terreno al mar	Superficie arrecifal afectada por cambio de uso de suelo/superficie arrecifal total	Macro	Análisis de imágenes aéreas
Aporte de aguas municipales de la zona conurbada Veracruz-Boca del Río a través del sistema de drenaje pluvial (52 descargas a lo largo de la línea de costa)	Calidad de agua en las descargas de agua Número de descargas pluviales en la línea de costa	Macro Puntual	Datos oficiales Muestreo directo Reconocimiento en campo
Descarga de aguas negras sin tratamiento o con tratamiento incompleto de la zona conurbada Veracruz-Boca del Río	Número de plantas de tratamiento Calidad de agua de salida de plantas de tratamiento Ubicación y número de descargas clandestinas de aguas negras	Puntual Macro	Datos oficiales, fotografía aérea, reconocimiento en campo
Vertido de hidrocarburos en las instalaciones portuarias	Número de contingencias Número de denuncias de derrames	Puntual	Datos oficiales, prensa
Tala de manglar en la boca del Río Jamapa	Superficie de manglar en el tiempo "X" x 100/Superficie de manglar en el tiempo "0"	Macro	Teledetección
Desmorte de vegetación para construcción de fraccionamientos en Veracruz, Boca del Río y Medellín	Superficie de vegetación nativa en el tiempo "X" x 100/Superficie de vegetación nativa en el tiempo "0"	Macro	Teledetección
Dragados en la rada portuaria y al interior del puerto	Número de dragados/año Volumen de dragado/evento/año Sitios de disposición de material de dragado	Puntual	Estadísticas oficiales del Puerto de Veracruz

En la tabla 20 se muestra un indicador de Presión generado a partir de una fuente lejana de la problemática ambiental.

*Tabla 20. Indicadores de Presión Lejana.*

FUENTE EXTERNA ANTROPOGÉNICA (LEJANA)	INDICADOR	TIPO DE INDICADOR (ALCANCE ESPACIAL)	FORMA DE EVALUARLO
Deforestación en las cuencas altas de los ríos que influyen al SAV	Superficie con vegetación natural/Superficie con vegetación inducida (pastizales, cultivos)	Macro	Teledetección

### *5.6.3 Relación de Indicadores bajo el esquema Presión Estado Respuesta*

Bajo el esquema de la OCDE (1993) existe una relación estrecha entre el Estado y la Presión sobre los recursos, que es coincidente con la aproximación funcional entre problemas ambientales y sus fuentes, seguida en esta tesis.

Es por ello que es posible relacionar los indicadores de Presión y Estado con los diagramas de situación (Figura 6) (Andrade *et al.*, 1999) y con los conceptos de zona de planeación y de regulación, de la forma mostrada en el ejemplo de la figura 35. En este ejemplo, para la unidad ambiental 1.1.1 *Litoral Vergara*, se presenta el problema ambiental de *asolvamiento de estructuras arrecifales*, el cual puede ser evaluado con un Indicador de Estado que permite conocer la proporción de arrecife cubierto de sedimento con respecto al arrecife sin asolvamiento: *Superficie arrecifal cubierta por sedimentos/superficie arrecifal libre de sedimentos*.

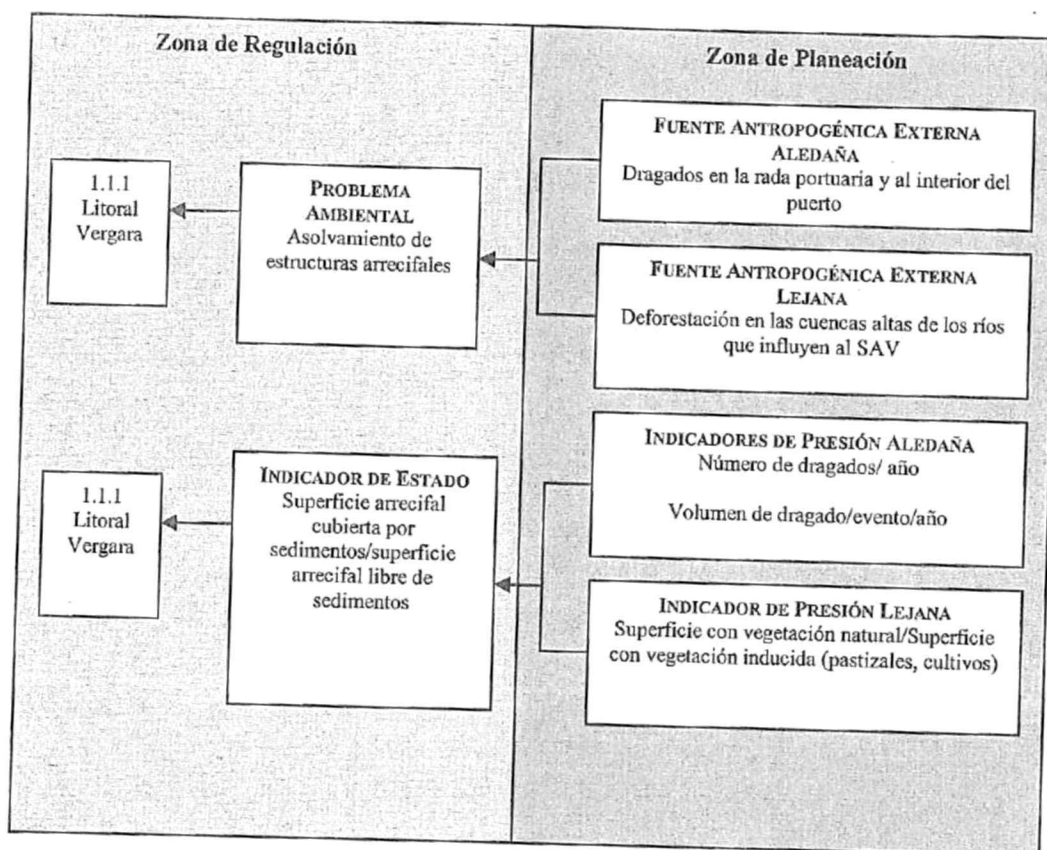


Figura 35. Relación de Indicadores del esquema PER con los diagramas de situación.

A su vez, las fuentes de este problema son dos: los *dragados en la rada portuaria y al interior del puerto de Veracruz*, y la *deforestación en las cuencas altas de los ríos que afectan al SAV*. Ambas fuentes son de origen antropogénico. La primera se genera en la zona de colindancia entre el límite administrativo oeste del PNSAV y la zona conurbada, y puede ser medida con dos Indicadores de Presión Aledaña: *Número de dragados/año* y *Volumen de dragado/evento/año*. La segunda fuente se genera a escala regional, es decir, proviene de la zona de influencia delimitada por las cuencas de los ríos que afectan al PNSAV, y puede ser evaluada a través de un Indicador de Presión Lejana que permite medir la tasa de cambio de uso de suelo en dichas cuencas: *Superficie con vegetación natural/Superficie con vegetación inducida (pastizales, cultivos)*.

## 6. APORTACIONES AL MANEJO DEL PNSAV

Esta sección se creó con la finalidad de ejemplificar la utilidad de varios de los resultados de esta tesis para el manejo del área. Algunas de ellas están siendo aplicadas en la elaboración de la propuesta de programa de manejo del PNSAV elaborada por la Dirección del Parque.

### 6.1 Contextualización espacial.

Si se compara lo obtenido en este estudio con las iniciativas existentes para el manejo del área como la Declaratoria del Parque (DOF, 1992), la Propuesta de Programa de Manejo del PNSAV elaborada por el CEP en el año 2000, y con la versión preliminar el Programa de Manejo y Conservación del PNSAV de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP, 2006a), se puede apreciar que en estas propuestas se hace poca referencia a la heterogeneidad del sistema arrecifal y se da mayor relevancia a los usos del mismo.

En la figura 36 se observa la zonificación del PNSAV propuesta en la Declaratoria de Parque Nacional (DOF, 2000). De acuerdo con el Capitán Jorge Juárez Sarvide (de la Tercera Zona Naval en Veracruz, *comp. pers.*), estas zonas fueron planteadas para incluir de forma más precisa a los arrecifes y administrarlos fácilmente, aunque no se especifican las razones que definieron esta agrupación. Además, en ella no se consideran

los fondos marinos, con excepción de la zona marcada como fondeadero, sitio en el cual pueden anclarse las naves en espera de maniobras portuarias.

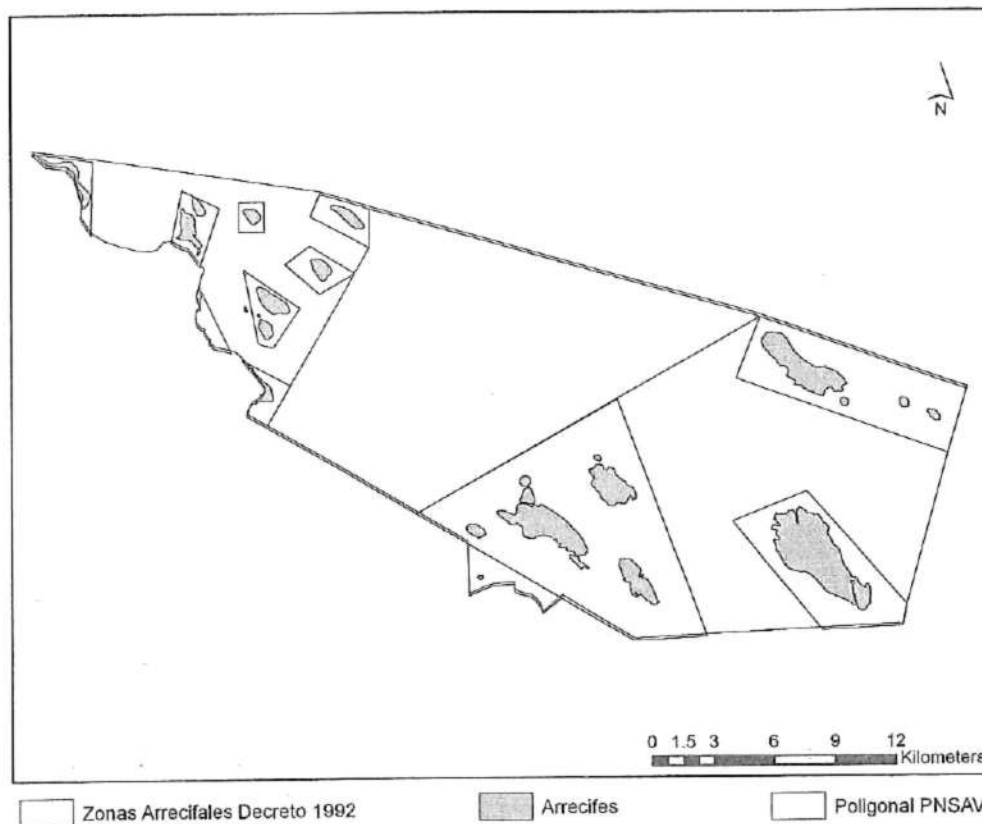


Figura 36. Zonificación del PNSAV de acuerdo con el Decreto de Creación del Parque Nacional

En la figura 37 se observa la zonificación propuesta para el Parque (CEP, 2000), en la cual se definen dos elementos principales de manejo: zonas núcleo y zonas de amortiguamiento. Las primeras pueden ser de protección o de uso restringido y las segundas de aprovechamiento, uso público, o de uso tradicional. En esta propuesta no se consideran diferencias en la ubicación de los arrecifes y su relación con el movimiento de masas de agua de la zona. Además, todos los arrecifes costeros son considerados

como zonas de aprovechamiento ya sea público o tradicional, sin existir alguno que sea establecido como zona núcleo.

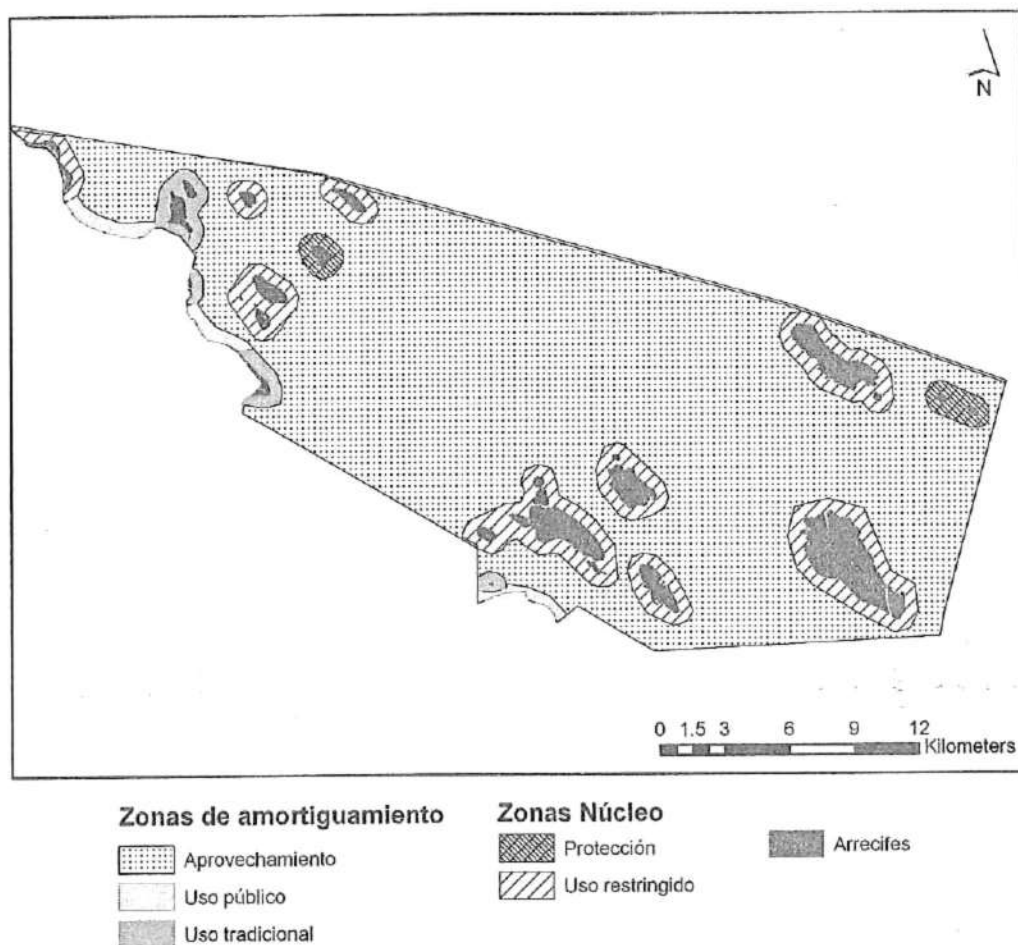


Figura 37. Zonificación del PNSAV en la Propuesta de Programa de Manejo del CEP, 2000.

Por su parte la CONANP y la Dirección del PNSAV tienen elaborado el borrador del que será el Programa de Manejo Oficial del Parque y en el se hace referencia a una zonificación del mismo que está basada en el uso de los recursos y la morfología y batimetría de los arrecifes (Figura 38). Para ello definen cuatro zonas:

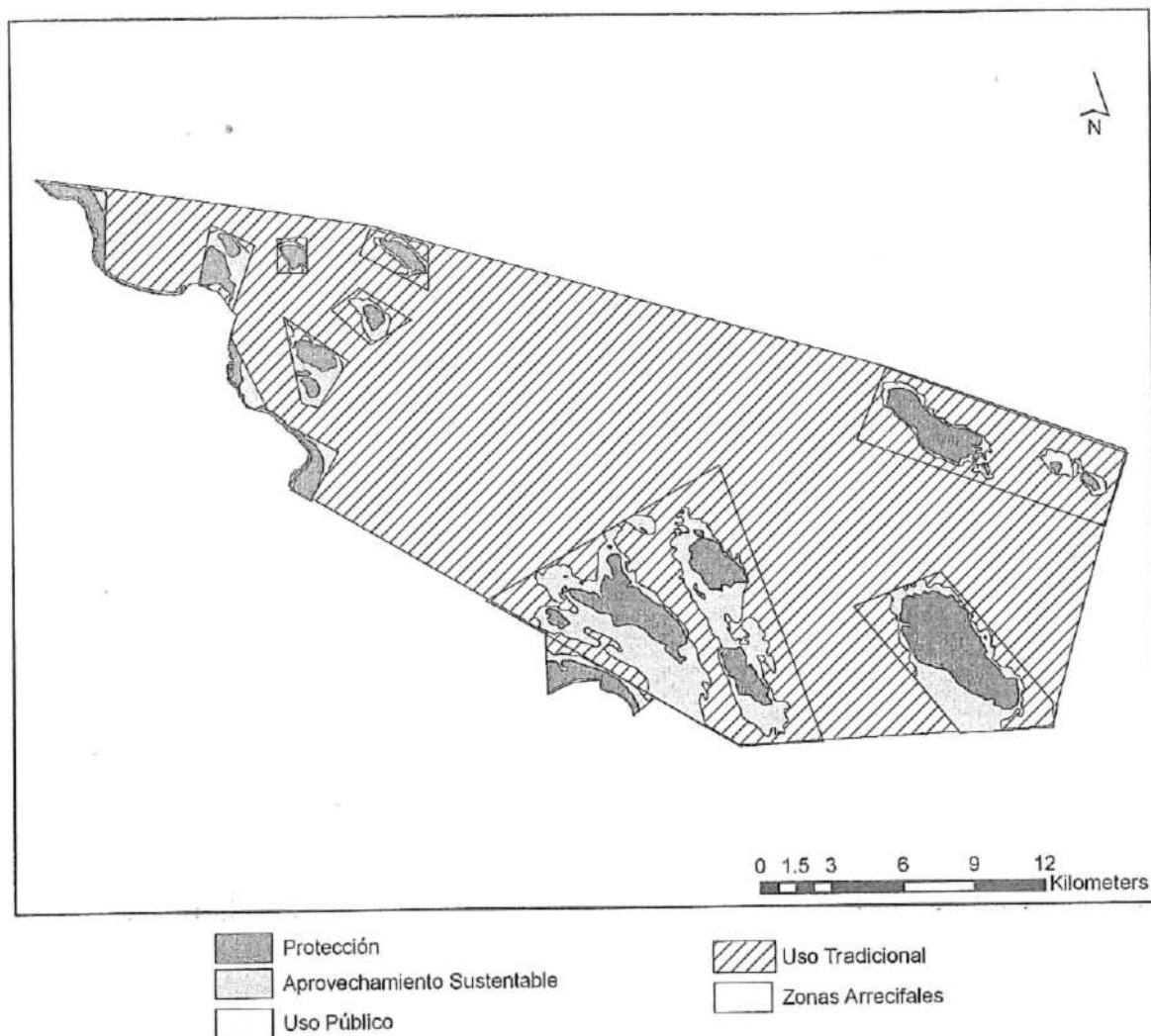


Figura 38. Zonificación del PNSAV de acuerdo con el Programa de Manejo de la CONANP.

I. **Zona de Protección (uso restringido).** Esta superficie de protección comprende la parte conocida como la laguna arrecifal, incluyendo la cresta arrecifal tanto el borde interno como el externo hasta una profundidad promedio de 5 metros, así como los canales y/o cantiles interiores con profundidades mayores a 5 metros y que por su localización se ubiquen dentro de la laguna arrecifal (No incluye los cayos e islas que se encuentren localizados dentro de estas áreas).

II. **Zona de Aprovechamiento Sustentable de los Recursos Naturales.** Esta superficie de protección comprende el área localizada a partir del límite exterior de la Zona de Uso Restringido (profundidad de 5 metros) y hasta 20 metros de profundidad, tomando como base la marea media.

III. **Zona de Uso Público.** En esta categoría se encuentran comprendidos los arrecifes “Punta Gorda”, “Gallega”, “Hornos”, “Ingeniero”, “El Giotte” y “Punta Coyol” (todos ellos arrecifes costeros); así como, todas las playas adyacentes a la línea de costa dentro del polígono del Parque, como: Bahía de Vergara, Playa Linda, Playa Norte, Playa Villa del Mar, Playa Costa Verde y todas aquellas situadas frente a Antón Lizardo y Punta Coyol, desde la playa hasta una distancia de la costa de 100 metros tomados a partir de la Marea Media

IV. **Zona de Uso Tradicional.** Son aquellas superficies del Parque en donde los recursos naturales han sido aprovechados de manera tradicional y continua, sin ocasionar alteraciones significativas en el ecosistema. Están relacionadas particularmente con la satisfacción de las necesidades socioeconómicas y culturales de los habitantes del área protegida. En esta categoría se encuentra considerada toda el área del Parque que no está incorporada en ninguna de las categorías de zonificación antes descritas.

Esta zonificación tiene la finalidad de regular los usos del sistema, pero si bien utiliza algunos factores como la batimetría para definir las acciones de manejo, resta

importancia al comportamiento ambiental del sistema como conjunto. Además, nuevamente los arrecifes costeros son destinados al uso público, lo cual genera una mayor presión sobre los mismos. La similitud entre las zonas arrecifales marcadas en el decreto de creación del PNSAV con la zonificación obtenida en esta tesis con base en los atributos físicos del área protegida, permitió que en la nueva propuesta de programa de manejo (CONANP, 2006a) se incluyeran dichas zonas arrecifales dentro de la zonificación establecida para el manejo de la misma. De esta forma, fue posible aportar directamente un producto del análisis de heterogeneidad al manejo del área.

## 6.2 Valoración de Unidades

La técnica de la GAIFAN, en su parte de valoración de unidades, representa un carácter sintético fácilmente incorporable a las iniciativas de manejo del área protegida. En la figura 39 se observa el resultado de aplicar un análisis de agrupamiento por similitud (cluster) basado en los valores asignados para los atributos de contribución, rareza, calidad y valor como herramienta.

En este agrupamiento se forman tres grupos principales. El primero de ellos (1), a la izquierda, está formado por las unidades ambientales ubicadas sobre la plataforma externa del PNSAV, y son separadas por contar con alto valor de calidad. Los otros dos grupos son, por una parte las unidades de plataforma interna (2) (calidad media) y por otra las de la plataforma interna litoral (3) (calidad baja). Esta primera división, es totalmente concordante con la presencia de las franjas paralelas a la costa en el área de

estudio y confirma bajo esta perspectiva una relación estrecha entre las características biológicas del área con la zonificación realizada basada en parámetros físicos.

Esto se incorpora directamente al manejo del área permitiendo diferenciar a las unidades de plataforma externa (1) como zonas donde es preferible aplicar políticas de protección encaminadas a la preservación. En las unidades de los paisajes de plataforma interna (2), es recomendable aplicar políticas de manejo que favorezcan la conservación y recuperación de los recursos de éstas. Por último, las unidades de plataforma interna litoral (3) son las que requieren acciones de restauración por estar más afectadas y contar con la menor calidad.

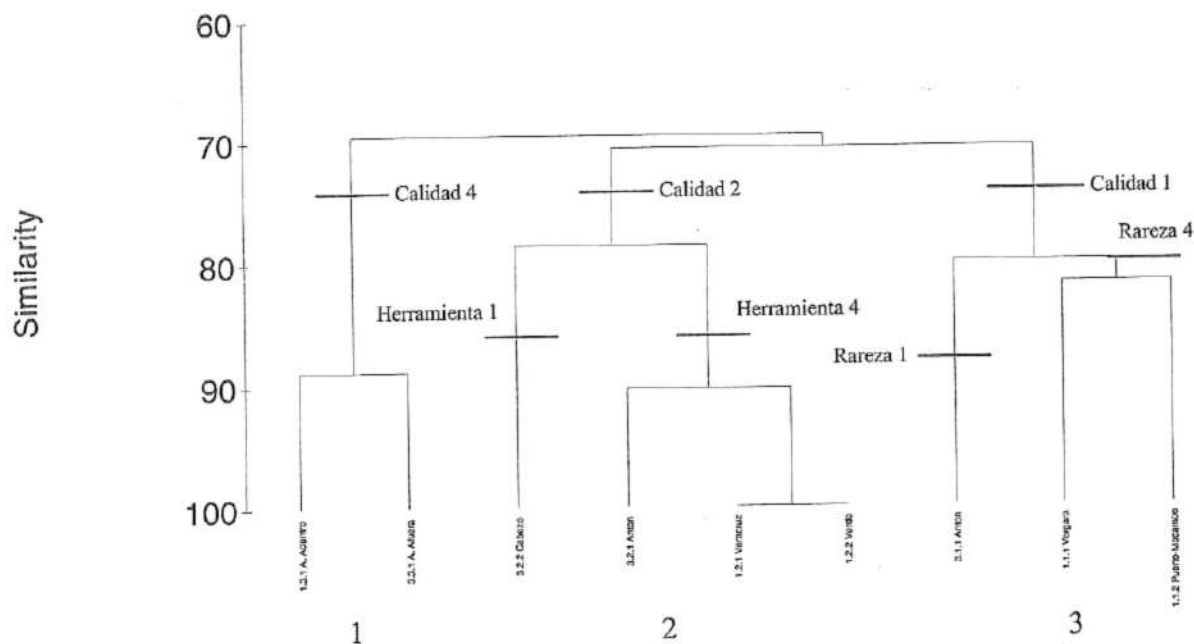


Figura 39. Agrupamiento de unidades ambientales (similitud Bray Curtis) con base en los valores de los atributos de contribución, rareza, calidad y valor como herramienta.

Asimismo, esto permite observar que las unidades de la plataforma interna (2), Antón, Veracruz y Verde son las que tienen el valor más alto como herramienta y que por su parte las unidades con mayor rareza de la plataforma interna litoral (3) son el litoral de Vergara y litoral de Puerto-Mocambo.

Un aportación adicional del empleo de ésta técnica, es que permitió observar en la valoración del atributo de calidad, la posibilidad de afinar esta valoración a través de la generación de análisis específicos como el uso de imágenes satelitales en la estimación de la cobertura coralina y sobre la diversidad de hábitats en los cuerpos arrecifales, lo cual podría verse como un insumo directo para evaluar el área y para contar con una línea base para establecer los macro indicadores de Estado.

### **6.3 Valor integrado para el manejo**

La técnica de análisis de la problemática ambiental y sus fuentes (Andrade *et al.*, 1999) en combinación con los aportes de la PLANDAC (SEMARNAP y FAO, 1995), permite obtener insumos de información que tienen relevancia inmediata para el manejo del PNSAV.

#### **6.3.1 Impactos prioritarios**

Para conocer cuales son los impactos de mayor relevancia para el PNSAV en conjunto, se consideró para cada uno de ellos el número de fuentes que los originan y el valor de

las unidades ambientales a las cuales afectan de acuerdo a la valoración de las mismas (apartado 5.4.1).

En la tabla 21 se aprecia que de acuerdo con el método aplicado, los impactos más relevantes son *ruptura y fragmentación parcial de arrecifes*, el *asolvamiento de estructuras arrecifales*, la *muerte de coral* y la *contaminación industrial, por coliformes, por materia orgánica y por residuos sólidos*, toda vez que estos impactos afectan a las unidades con mayor valor, y son los más complejos por estar ocasionados por un mayor número de fuentes.

### **6.3.2 Complejidad de manejo**

Como ya se ha visto en el apartado de problemática ambiental (5.4), los problemas ambientales detectados para el PNSAV pueden ser originados por fuentes antropogénicas y/o naturales, que a su vez pueden generarse al interior o al exterior de los límites del área protegida. Las fuentes naturales son difícilmente moldeables y escapan al manejo del área ya sea por la imposibilidad de modificar los patrones naturales o por los costos excesivos que representaría hacerlo (v. gr. es imposible modificar la ocurrencia de tormentas, y es excesivamente caro construir estructuras que disminuyan la presión del oleaje, además de que este fenómeno es parte del ambiente natural del sistema).

*Tabla 21 Impactos prioritarios: valor integrado para el manejo por problema (Existen 21 problemas y 76 fuentes asociadas)*

PROBLEMA	(A) NÚMERO DE FUENTES	(B) SUMATORIA DEL VALOR GLOBAL DE LAS UNIDADES AFECTADAS	VALOR INTEGRADO PARA EL MANEJO POR PROBLEMA (A+B)
Ruptura, fragmentación y destrucción parcial de arrecifes	14	11.5	25.5
Sedimentación de estructuras arrecifales	8	14.5	22.5
Muerte de coral (Muerte, blanqueamiento; enfermedades de corales; desaparición de especies de coral)	7	14.5	21.5
Contaminación por coliformes fecales	4	14.5	18.5
Contaminación por materia orgánica	4	14.5	18.5
Contaminación por residuos sólidos (basura y otros)	7	10.5	17.5
Contaminación por desechos industriales	5	12.5	17.5
Baja del rendimiento de la pesca comercial	7	9.5	16.5
Contaminación por hidrocarburos y derivados del petróleo	5	10.5	15.5
Destrucción de pastos marinos (daños físicos directos y daños funcionales indirectos a los pastos marinos)	4	8.5	12.5
Dominancia de algas (Aumento de la cobertura relativa de algas)	5	7.5	12.5
Reducción de la cobertura neta de la superficie arrecifal	3	5.5	8.5
Pérdida de bancos de almeja (reducción de los fondos aptos para el crecimiento de almejas; disminución del efectivo poblacional del recurso)	3	5	8
Desaparición de especies ícticas de ornato	2	3.5	5.5
Contaminación por agroquímicos	1	4	5
Invasión de especies exóticas	1	2	3
Desplazamiento de pescadores a nuevas zonas	1	2	3
Contaminación por metales pesados	1	0	1
Reconversión de pescadores a otras actividades	1	0	1
Marea roja	Fuente desconocida	Afecta a todo el PNSAV	Afecta a todo el PNSAV
Disminución de la talla de peces capturados en la pesca comercial	1	Afecta a todo el PNSAV	Afecta a todo el PNSAV

Sin embargo, lo que si es factible modificar es la ocurrencia de fuentes antropogénicas, ya que estas obedecen al comportamiento social o a las maniobras productivas que genera el ser humano. Bajo esta visión, es posible discernir entre las fuentes de la problemática que se encuentran en esta categoría aquellas en que la autoridad encargada del manejo del PNSAV puede actuar de forma directa (las generadas en la zona de regulación) y las que necesitan de negociaciones con terceros para ser modificadas (las generadas en la zona de planeación) (ver apartado 5.6.3).

Bajo este razonamiento, en la figura 40 se observa en la gráfica el número relativo de fuentes antropogénicas internas (valores positivos) y el de fuentes antropogénicas externas (valores negativos) con respecto al total de fuentes que generan impactos en cada unidad. En el caso de las fuentes externas, se diferencia entre aquellas que son aledañas al ANP y las que se generan en las cuencas de influencia y en el Golfo de México.

En las unidades en las cuales se detectó alguna problemática ambiental, se puede apreciar que con excepción de la *1.2.1 Bahía Vergara*, la atención de dicha problemática reviste acciones directas de regulación por parte de las autoridades responsables del PNSAV combinadas en mayor o menor medida con la gestión con sectores de la zona de planeación.

También se pueden discernir los casos en que la gestión para modificar las fuentes externas debe realizarse en la zona aledaña a la poligonal del parque, lo que facilita el

actuar de las autoridades a cargo del ANP, y los casos en los que es necesario considerar las zonas de influencia lejanas (cuencas y Golfo de México).

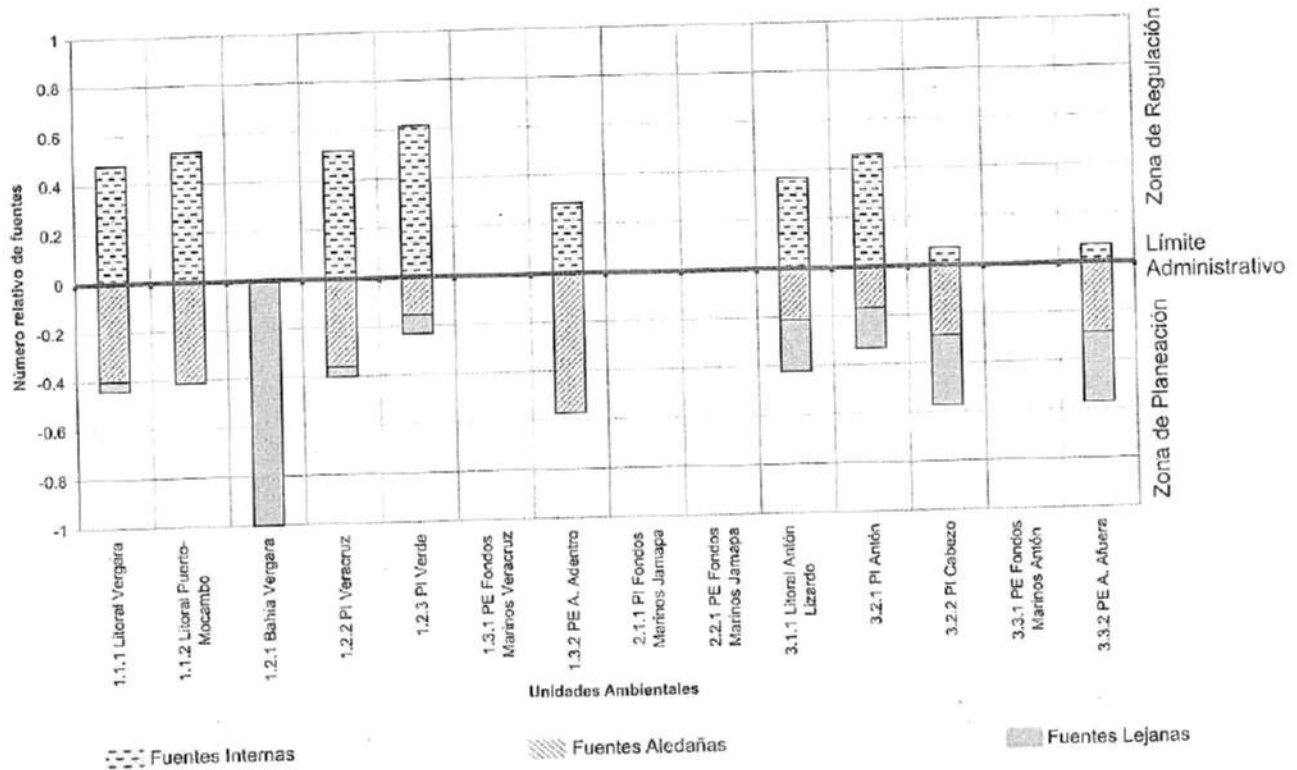


Figura 40. Complejidad de manejo por unidad ambiental. Número relativo de fuentes antropogénicas internas (valores positivos) y de fuentes antropogénicas externas (valores negativos).

## 6.4 Actores sociales

Las acciones encaminadas al manejo del PNSAV y a disminuir la incidencia de la problemática ambiental que lo afecta deben tomar en cuenta la gama de actores relacionados con el sistema.

Tabla 22. Actores sociales relacionados con el PNSAV (ver anexo 1 para acrónimos).

ACTORES	LOCALES	REGIONALES	NACIONALES	INTERNACIONALES
Sector privado	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inmobiliarias de la zona conurbada de Veracruz, Boca del Río y Medellín</li> <li>• Prestadores de servicios turísticos (embarcaciones)</li> <li>• Prestadores de servicios de buceo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ganaderos y agricultores cuenca del Papaloapan, Jamapa y Antigua</li> <li>• Ingenios Azucareros</li> <li>• Industria Papelera</li> <li>• Industria Cervecera</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Compañías de transporte Marítimo</li> </ul>
Propietarios costeros	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hoteleros de Veracruz y Boca del Río</li> <li>• Restauranteros de Veracruz, Boca del Río y Antón Lizardo</li> <li>• Pobladores</li> </ul>			
Usuarios artesanales y de subsistencia de recursos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cooperativas pesqueras Veracruz, Boca del Río Antón Lizardo</li> <li>• Vendedores de Artesanías del municipio de Veracruz</li> </ul>			
Funcionarios públicos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Director del PNSAV</li> <li>• Jefe de la Oficina del PNSAV, SEMAR</li> <li>• Director Acuario de Veracruz</li> <li>• Director APIVER</li> <li>• Director de SAS</li> <li>• Presidente Municipal de Veracruz</li> <li>• Presidente Municipal de Boca del Río</li> <li>• Presidente Municipal de Alvarado</li> <li>• Presidente Municipal de Medellín de Bravo</li> <li>• Encargado del INAH Veracruz</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Delegado Federal SEMARNAT</li> <li>• Delegado Federal SAGARPA</li> <li>• Jefe de la Tercera Zona Naval SEMAR</li> <li>• Gobernador del Estado de Veracruz</li> <li>• Presidente de COEPA</li> <li>• Secretario de SEDESMA</li> <li>• Secretario de SEDARPA</li> <li>• Secretario de SEDERE</li> <li>• Director de la Regional de PEMEX</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Presidente de la CONANP</li> <li>• Secretario de la SEMARNAT</li> <li>• Secretario de SCT</li> <li>• Secretario de Marina</li> <li>• Secretario de SAGARPA</li> <li>• Presidente del INP</li> <li>• Director General de CONAPESCA</li> <li>• Director General de PEMEX</li> <li>• Presidente del INAH</li> </ul>	
Agencias de gobierno	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dirección del PNSAV</li> <li>• Oficina del PNSAV, SEMAR</li> <li>• Acuario de Veracruz, Gobierno del Estado</li> <li>• APIVER</li> <li>• SAS</li> <li>• Municipio de Veracruz</li> <li>• Municipio de Boca del Río</li> <li>• Municipio de Alvarado</li> <li>• Municipio de Medellín de Bravo</li> <li>• INAH</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Delegación de SEMARNAT</li> <li>• Tercera Zona Naval, SEMAR</li> <li>• Dirección General del Atlántico, INP</li> <li>• COEPA</li> <li>• SEDESMA</li> <li>• SEDERE</li> <li>• SEDARPA</li> <li>• PEMEX</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• CONANP-SEMARNAT</li> <li>• SCT</li> <li>• SEMAR</li> <li>• SAGARPA</li> <li>• INP</li> <li>• CONAPESCA</li> <li>• PEMEX</li> <li>• INAH</li> <li>• TMM</li> </ul>	
Instituciones de asistencia y préstamo			<ul style="list-style-type: none"> <li>• BANOBRAS</li> <li>• FIRA</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Banco Mundial</li> </ul>
Comunidad científica	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Instituto Tecnológico de Boca del Río</li> <li>• Centro de Ecología y Pesquerías-UV.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Universidad Veracruzana</li> <li>• Instituto de Ecología, A.C.</li> <li>• Colegio de Posgraduados</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• UNAM</li> <li>• IPN</li> <li>• UAM</li> <li>• CICESE</li> <li>• UABC</li> <li>• UABCS</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Texas A&amp;M</li> </ul>
Organizaciones conservacionistas		<ul style="list-style-type: none"> <li>• PRONATURA Veracruz</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• PRONATURA, A.C.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Coral Foundation</li> </ul>

En la Tabla 22 se observa una lista enumerativa de los principales actores relacionados con la problemática ambiental del sistema. En ella se destaca la gran cantidad de agencias de gobierno y funcionarios públicos relacionados con el PNSAV y pone de manifiesto la complejidad que las acciones de gestión revisten para los encargados de la protección del área. La influencia local regional, nacional o internacional de los actores permite comparar la complejidad en la resolución de la problemática generada por fuentes internas, alledañas y lejanas.

## 7. DISCUSIONES

El establecimiento de áreas protegidas en México es considerado por el Gobierno federal como una herramienta exitosa de la política ambiental que ha servido para detener el deterioro ambiental y la disposición de recursos naturales (SEMARNAT, 2006).

Bajo este esquema de protección, las áreas marinas protegidas (AMP) en México revisten gran importancia, ya que su ubicación geográfica las convierte en receptoras de externalidades que de una u otra forma reflejan el éxito en la aplicación de políticas ambientales en las tierras altas, las planicies costeras, aguas marinas interiores y en las cuencas oceánicas.

En esta tesis se presenta, de forma integrada, el análisis a multiescala del PNSAV y de las zonas relacionadas con él, desde la perspectiva ambiental y social. Es coincidente con las aproximaciones ecosistémicas realizadas para el Golfo de México (Yáñez-Arancibia y Day, 2004), ya que se consideran las relaciones funcionales entre los elementos de la zona costera (ecotonos) tomando en cuenta las actividades humanas en una escala geográfica más fina.

Se plantea una metodología integrada que permite evaluar al PNSAV con base en los objetivos de su creación, de forma tal que es factible tener una referencia sistemática y fácil de rastrear la cual, además, brinda información sobre el impacto que las medidas

de manejo del área tienen sobre las condiciones de la misma. Esquemas como éste, son insumos importantes para el monitoreo, actividad actualmente prioritaria en el manejo de las AMPs (Agardy, 2000).

Con el presente trabajo se obtiene una visión amplia no solamente de los componentes, atributos e impactos ambientales dentro del PNSAV, sino que a través del análisis de su zona de influencia es posible discernir la relevancia de atributos externos en el funcionamiento y permanencia del mismo, siendo este uno de los principales retos en el manejo de AMPs a escala mundial (Salm, 1984; Bellwood *et al.*, 2004; Mulongoy y Chafe, 2004; Leslie, 2005; Lundquist *et al.*, 2005) y en los estudios ecológicos en general (Nixon, 1996; Brown, 1994).

Los resultados obtenidos en este estudio pueden ser vistos como insumos relevantes para la toma de decisiones por las autoridades encargadas de la administración del PNSAV, y a su vez servir para la elaboración de políticas regionales (en los tres niveles de gobierno) en donde el PNSAV adquiere relevancia como indicador de la efectividad de éstas.

### **Contextualización espacial**

Los arrecifes de coral son uno de los ambientes más sensibles del medio marino (Salm, 1984; McClanahan, 1999). Se justifica estudiar a diferentes escalas geográficas los

factores relacionados con el PNSAV por la necesidad imperante de generar estudios que integren análisis locales, regionales y nacionales a la vez, que permitan entender y generar estrategias para disminuir la presión sobre ellos (Ablan *et al.*, 2004; Bellwood *et al.*, 2004) de una forma holística.

La apreciación a macroescala del sistema que alberga al PNSAV demostró ser de utilidad en el entendimiento de las fuerzas que modulan y determinan la presencia y permanencia del parque. Permite observar, en primera instancia, la heterogeneidad y complejidad de los fenómenos abióticos, bióticos y humanos y cómo, en su conjunto, se relacionan con el ambiente marino de la costa oeste del Golfo de México. Asimismo, es posible entablar las conexiones funcionales entre la zona estudiada y los diferentes ambientes de mayor escala que la circundan. Dicha apreciación es coincidente no sólo con las necesidades de manejo del área, sino también con los nuevos enfoques en la concepción del espacio geográfico local y global en la esfera social (Terkenli, 2005).

El análisis, facilitó en este trabajo la valoración del PNSAV, tomando como universo de referencia el Golfo de México. Dicha valoración es de utilidad en el manejo del parque toda vez que lo posiciona como un AMP importante para el sistema de áreas naturales protegidas nacionales, así como para el gran sistema arrecifal mesoamericano.

Bajo un enfoque de mesoescala, esta tesis aporta a la unificación de términos entre la disciplina del manejo costero y la legislación mexicana, ya que equipara el concepto de zona de planeación (Sorensen *et al.*, 1992) con el de zona de influencia (DOF, 2000) y

facilita con ello la integración de los resultados de la tesis con las iniciativas de manejo de áreas protegidas. A su vez, reconoce la existencia de elementos externos al AMP que escapan al manejo directo de las autoridades encargadas de éstas (Mulongoy y Chafe, 2004).

Adicionalmente, el considerar como base conceptual la presencia de franjas paralelas a la costa (Ray y Hayden, 1992; Escofet, 2004; Hernández, 2004) en el análisis de la zona de planeación, permite resaltar las relaciones funcionales entre el AMP y el continente, así como los procesos marinos relacionados con la misma. Además, permite conocer la complejidad tanto ambiental como administrativa que debe ser considerada en el manejo del PNSAV, y permite separar claramente las atribuciones del AMP y las de otras instancias.

En la escala local, el uso de los rasgos físicos del territorio sumergido (plataforma continental) tanto estructurales como funcionales (batimetría y corrientes) (Zacharias y Roff, 2000), permitió caracterizar la heterogeneidad interna del PNSAV bajo un enfoque precautorio (Carr y Raymondi, 1999; Berkes *et al.*, 2001), en el cual es posible utilizar estas características como indicadores de los parámetros biológicos del sistema y como insumo para comprender su problemática ambiental.

Por su parte, el análisis de los límites administrativos del PNSAV a través de lo que en este trabajo se denominó como esquemas de colindancia y con base en el modelo de límites (Schonewald-Cox y Bayless, 1986), demuestra ser una metodología que permite

dilucidar de forma muy acertada la ocurrencia de problemas ambientales dentro del AMP. También es útil para formalizar el flujo de factores de estrés al interior de ésta, de forma tal que pone en la mesa de discusión la importancia de considerar las influencias ambientales más allá de los límites del parque porque ponen en peligro los procesos ecológicos internos, de manera más contundente que los propios impactos que sucedan al interior del AMP (McClanahan, 1999). Bajo este enfoque, es posible comprender que si bien los límites administrativos de protección en áreas coralinas pueden crear la falsa impresión de protección, éstos límites a menudo excluyen áreas críticas y flujos energéticos que son de relevancia para el AMP (U.S. Coral Reef Task Force Working Group on Ecosystem Science and Conservation, 2000).

Esta tesis representa el primer trabajo en el mundo, hasta donde se pudo investigar, en el cual se ha aplicado el Modelo de Límites en un área netamente marina, aunque ya ha sido empleado en ANPs con porciones costeras y marinas (Hernández, 2004). Aporta significativamente al manejo del AMP por simplificar gráficamente el entendimiento de las relaciones funcionales entre éste tipo de áreas protegidas y las zonas terrestres y marinas aledañas (zonas de planeación). Asimismo, el análisis es de gran utilidad en la generación de hipótesis sobre la ocurrencia de impactos ambientales al interior del parque por causas externas, tomando en consideración la segmentación de los límites y la presencia de ecotonos de importancia significativa.

En conjunto, con el análisis de la problemática ambiental del PNSAV, los diagramas de colindancia constituyen una herramienta adecuada para operativizar las acciones de

gestión con la zona de planeación, a través de la identificación de límites críticos (en el caso del PNSAV el límite oeste, colindante con el continente, y el límite interno generado por las rutas de tráfico marítimo).

### **Análisis de la problemática ambiental del PNSAV**

El enfoque de redes causales (Andrade *et al.*, 1999) complementado con conceptos de la SEMARNAT y FAO (1995) demostró ser una metodología adecuada para integrar las aproximaciones a diferentes escalas realizadas en el objetivo anterior. Esta situación reconoce la importancia de atender las diferentes escalas geográficas en el manejo de un AMP, en donde los límites naturales del ecosistema pueden trascender los límites administrativos de las unidades locales de manejo (Ablan *et al.*, 2004).

Dado que uno de los principales objetivos de la creación del PNSAV fue el garantizar la permanencia de los procesos ecológicos que se dan en su interior y fomentar el uso sustentable de los recursos naturales del área (DOF, 1992), el análisis llevado a cabo en este trabajo para conocer los usos e impactos antropogénicos sobre el sistema, reviste gran importancia para entender los factores que generan cambios al interior del AMP (Pollnac, 1998).

La clasificación de la problemática en impactos netamente ambientales e impactos con repercusiones sociales directas permitió considerar al PNSAV como un sistema con una

componente social y otra componente ambiental que interactúan en forma constante y le dan la característica de sistema complejo al AMP.

Asimismo, el clasificar las fuentes de la problemática ambiental de acuerdo a su naturaleza (natural o antropogénica) y a su origen (interno o externo al sistema), constituye una de las aportaciones más importantes al manejo particular del PNSAV. Realizar este análisis permitió establecer la forma en que esta heterogeneidad de fuentes de problemática ambiental puede afectar las iniciativas de manejo del área, bajo el entendido de que las amenazas en las áreas protegidas pueden generarse principalmente al interior de éstas, y en teoría los administradores del área pueden lidiar con ellas, pero que existen también amenazas externas que escapan al manejo directo de las autoridades de las ANPs (Mulongoy y Chafe, 2004; McClanahan, 1999; Ingram, 1997).

La clasificación de las fuentes antropogénicas de impactos, de acuerdo a su ubicación espacial (internas al sistema, adyacentes a la poligonal o lejanas), representa conceptualmente el vínculo “trans-escalar” que facilita la comprensión de la relevancia de las relaciones funcionales entre el AMP costera y sus cuencas de influencia. Adicionalmente, permite ligar estos resultados con el marco conceptual del esquema de Presión-Estado-Respuesta (OCDE, 1993) y con el de Zona de Planeación y Regulación (Sorensen *et al.*, 1992), lo cual se observa en el capítulo de *Aportaciones al Manejo* de esta tesis.

En lo que concierne a las fuentes de información empleada para estos análisis, resalta por una parte el uso del Principio Precautorio (Berkes *et al.*, 2001; Bergen Ministerial Declaration, 1990, en Chisholm y Clarke, 1993) en el uso de la información científica disponible sobre el conocimiento del área y por otra el uso de datos aportados por informantes clave.

En el primer caso, la metodología empleada en la escala local, en donde los atributos físicos del medio marino son usados como primeros descriptores de la heterogeneidad del mismo (Zacharias y Roff, 2000), dan una gran certeza sobre la aproximación realizada. También sirve de referencia para el empleo de la información biológica generada en el área, sin que la carencia de datos sobre el conjunto total del PNSAV demerite los resultados obtenidos. Esta situación resalta la necesidad de que el manejo de los recursos naturales de un área protegida y la generación de datos provenientes de la investigación científica puedan ocurrir al mismo tiempo (Havens y Aumen, 2000), y pone de manifiesto que la creación de un AMP no es el punto final de la investigación científica, sino más bien el inicio de un experimento natural (Diamond, 1986; Eberhardt y Thomas, 1991) donde se podrán probar distintas intensidades de uso y documentar el comportamiento de los recursos o la reacción del sistema ante variables controlables por la autoridad del AMP (de hecho, el plan de manejo en sí es un experimento que debe ser documentado para retroalimentar su revisión, obligatoria a los 5 años o más).

En el segundo caso, el uso de datos provenientes de informantes clave demuestra ser una técnica útil en los estudios de manejo de recursos naturales (Bravo-Peña, 1998; Ortiz-

Lozano, 2000; Escofet, 2004; Hernández, 2004) ya que permite comprender la problemática ambiental del área, facilita la identificación de actores sociales relevantes para las iniciativas de manejo y, en una primera aproximación, muestra la percepción y actitudes de los actores hacia la problemática, sus fuentes y sus posibles soluciones.

### **Equiparación con el esquema Presión Estado Respuesta y Selección de Indicadores.**

En las discusiones del tema anterior se hace referencia a la forma de concebir esta tesis para integrar los análisis de diferentes escalas en el entendimiento de las relaciones funcionales del PNSAV y su entorno. En ese tenor, el haber equiparado los resultados obtenidos con el esquema PER, resultó de gran relevancia para afianzar el análisis de integración de resultados. Asimismo, permite visualizar las bondades del uso de un marco conceptual efectivo, fácilmente integrable a los conceptos de zonas de planeación y regulación (Sorensen *et al.*, 1992) y al de redes causales (Andrade *et al.*, 1999).

El uso de indicadores es una de las prioridades en la conservación y manejo de las áreas coralinas protegidas y representan una herramienta que permite reducir los costos de protección así como la generación de acciones más eficientes (Ablan *et al.*, 2004; UNEP, 2004).

En esta tesis, los indicadores seleccionados surgen del análisis de las condiciones particulares del PNSAV y deja atrás la tendencia generalizada del uso de muchos indicadores, que en ocasiones son ambiguos y que comúnmente se obtienen de largos listados de indicadores proporcionados por agencias de financiamiento o por organizaciones no gubernamentales (ver el caso de Pomeroy *et al.*, 2004). Además, la selección de indicadores particulares al estudio de caso, permite definir claramente lo que se debe monitorear, específicamente porque los indicadores descritos en este trabajo tienen un amplio significado ambiental (ecológico y social), y porque tienen antecedentes que los relacionan con otros indicadores, además de ser sencillos de medir e interpretar y/o porque el costo de generarlos es bajo (OCDE, 1993; Ablan *et al.*, 2004).

El ejercicio previo para detectar las evidencias clave de la problemática ambiental, resultó ser un buen referente para simplificar el proceso de selección de los indicadores de estado/impacto, y el ejercicio donde se definen las relaciones entre los problemas y sus fuentes facilitó la selección de indicadores de presión.

Una contribución importante de este trabajo consiste en la incorporación de las causas antropogénicas bajo una clasificación que permite detectar los indicadores más importantes, y resalta su relevancia y facilidad de medición al dividirlos en internos, aledaños y lejanos. Esto resultó concordante con los conceptos de zona de planeación y regulación de Sorensen *et al.*, (1992), al tiempo que integra, en el caso de los aledaños, la relevancia del análisis de los límites administrativos bajo el Modelo de Límites de Sconewald-Cox y Bayless (1986). Este análisis permite, a su vez, identificar la Zona de

Transición del PNSAV, bajo el esquema del programa MAB (Man and Biosphere) de la UNESCO, donde se plantea que “esta zona es el área fuera de los límites del polígono del ANP donde interactúa el personal del ANP con las comunidades, ya sea con programas de educación ambiental, difusión, programas comunitarios, etc., y en ocasiones, estas comunidades interactúan mediante el aprovechamiento de recursos y a su vez con los ecosistemas dentro de los límites del ANP” (CONANP, 2006b). Esta zona puede estar regulada mediante instrumentos como Programas de Ordenamiento Territorial, de ordenamiento ecológico marino, regional o local, programas de desarrollo municipal o de centros de población, etc. Es decir, comprende hasta donde el ANP extiende su *presencia* fuera de los límites del polígono oficial, para facilitar el manejo y protección de los recursos naturales (CONANP, 2006b).

Esta visión que integra el ambiente circunvecino, permite incorporar los indicadores bajo la perspectiva del manejo de ANPs y el manejo integrado de zonas costeras planteada por diversos autores (Ablan *et al.*, 2004; Belfiore *et al.*, 2003; Caruso, 1991; Pollnac, 1998) y resalta la importancia de considerar diferentes escalas (local, regional y nacional) en las iniciativas de manejo y en la resolución de la problemática ambiental. En conjunto, la metodología aplicada en esta tesis, permite englobar al PNSAV dentro de las iniciativas de Manejo Costero Integrado planteadas por la UNESCO (1997) (ver figura 2 en el capítulo de Metodología).

## 8. CONCLUSIONES

El análisis a multiescala empleado en este trabajo demostró ser una herramienta útil que permite apreciar la complejidad de las acciones de manejo del PNSAV necesarias tanto en su zona de planeación como en la de regulación.

Con la integración de diferentes métodos en cada escala se pudo obtener un sistema de indicadores de presión y de estado/impacto que pueden ser interpretados con base en la información aquí desglosada, de forma tal que el origen de cada uno de los indicadores puede ser rastreado a lo largo del proceso de selección.

Desde una perspectiva de macroescala, el PNSAV se encuentra inserto en una región del Golfo de México caracterizada por una marcada temporalidad en los procesos oceanográficos que han sido determinantes para la presencia y permanencia del sistema arrecifal. El componente terrestre que influye en el Golfo de México es también complejo y heterogéneo, ya que determina las condiciones ambientales en la interfase costera donde se encuentra el PNSAV. En esta escala, el PNSAV representa un sistema de importancia capital para los arrecifes coralinos del Golfo de México.

En la escala intermedia (mesoescala), la Zona de Planeación del PNSAV muestra gran heterogeneidad ambiental y administrativa en sus componentes marina y terrestre. El uso

del esquema de franjas paralelas a la línea de costa es determinante para evidenciar esta heterogeneidad.

En la escala local, el uso de los Diagramas de Colindancia demostró que los límites administrativos del PNSAV presentan segmentación, siendo el límite oeste el más complejo y por el cual existe el mayor flujo de externalidades al interior del ANP. Destaca la presencia del límite crítico interno marcado por la ruta de tráfico marítimo desde y hacia el puerto.

El PNSAV, de acuerdo con sus atributos físicos, está constituido internamente por tres subsistemas, ocho paisajes y 14 unidades ambientales.

La ubicación de las unidades ambientales con respecto a los rasgos físicos del territorio sumergido (batimetría y corrientes) determina su valor ambiental. Para el PNSAV en conjunto, se identificaron 17 problemas netamente ambientales y cuatro con repercusiones sociales directas, siendo las unidades ambientales más cercanas a la costa las que presentan un mayor número de problemas.

Existen 77 fuentes internas y externas al PNSAV asociadas con su problemática ambiental. De éstas, la mayoría son de origen humano. Con base en estas fuentes, se establece la presencia de una zona de planeación aledaña al PNSAV determinada por la presencia de fuentes generadoras de impactos ambientales en la colindancia de los límites administrativos del PNSAV con la zona de planeación. Existe otra zona de

planeación, aquí denominada lejana, que se asocia con impactos ambientales generados en las cuencas hidrológicas de influencia sobre el PNSAV y con la porción marina del Golfo de México.

El esquema Presión-Estado-Respuesta es equiparable con el análisis de impactos y sus fuentes, y con las aproximaciones a diferentes escalas del PNSAV. Bajo este esquema, la problemática del PNSAV es equivalente al Estado, mientras que las fuentes de la problemática se insertan como parte de la Presión. Por su parte, la zona de planeación es asociable con los indicadores de Presión y la de regulación con los de Estado.

Se identificaron 17 indicadores de Estado/Impacto, relacionados con 25 indicadores de Presión, lo cual se constituye como el primer sistema de indicadores que puede ser empleado para medir variaciones tanto en el estado del PNSAV como en la presión que existe sobre el mismo. Este sistema de indicadores puede utilizarse para evaluar la efectividad de las medidas de manejo empleadas por las autoridades competentes para la protección del PNSAV.

## 9. LITERATURA CITADA

Ablan, M. C. A., J. W. McManus y K. Viswanathan. 2004. Indicators for management of coral reefs and their applications to marine protected areas. *NAGA, World Fish Center Quarterly*, (27) 1-2): 31-39.

ACC (Academia de Ciencias de Cuba). 1989. *Nuevo Atlas Nacional de Cuba*.

Agardy, T. 2000. Information needs for marine protected areas: scientific and societal. *Bulletin of Marine Science* 66(3): 875-888.

Allison, G. W., S. D. Gaines, J. Lubchenco y H. P. Possingham, 2003. Ensuring persistence of Marine Reserves: catastrophes require adopting an insurance factor. *Ecological Applications*, 13(1) Supplement, 2003: S8-S24.

Álvarez, M. Jr. 1962. *Apuntes de la clase de Geología, Paleogeografía y Tectónica de México*. 5o. año carrera Ing. Geól., Fac. Ing., Univ. Nal. Autón. México 1962, (Inéditos).

Ander-Egg, E. 1987. *Técnicas de investigación social*. 21ª edición. Ateneo, México. 500p.

Andrade, H. M., G. Morales y A. Y. Hernández. 1999. *Guía de análisis de impactos y sus fuentes en áreas naturales*. The Nature Conservancy, México. 43p.

Antoine, W.J. 1972. Structure of the Gulf of Mexico, p. 134. In: R. Rezak and J.H. Vernon. *Contributions on the Geological and Geophysical Oceanography of the Gulf of Mexico*. Vol. 3. Texas A & M University. *Oceanographic Studies*. 303 p.

APIVER. 2004. *Página WEB de la Administración Portuaria Integral de Veracruz*. <http://www.apiver.com/>

Arenas-Fuentes, V y Vargas-Hernández, J.M., 2005. *Caracterización macrobéntica arrecifal*. Subprograma de diagnóstico básico de la condición actual de los arrecifes del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano. Programa de desarrollo sustentable y diagnóstico ambiental del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano.

Arredondo, G., M. C. 2006. *Modelo Multi-escalar de Indicadores como herramienta para la planificación ambiental en la región del Golfo de California*. Tesis Doctoral, Doctorado en Oceanografía Costera, Facultad de Ciencias Marinas, Universidad Autónoma de Baja California, México. 127 p.

- Arriaga Cabrera, L., E. Vázquez Domínguez, J. González Cano, R. Jiménez Rosenberg, E. Muñoz López y V. Aguilar Sierra (coordinadores). 1998. Regiones marinas prioritarias de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. México.
- Barry, J.P y P.K. Dayton. 1991. Physical heterogeneity and the organization of marine communities. pp. 270-320. In: Ecological Heterogeneity. J. Kolasa & S.T.A. Pickett (eds.). Springer-Verlag, New York
- Bassols, B.A. 1977. Geografía Económica de México. Editorial Trillas. México. 3a edición. 440 p
- Beaver C.R., K.J.P. Deslarez, J.H. Hudson and J.W. Tunnell, 1995. Fluorescent Banding in ref. corals as evidence on increased freshwater runoff onto the southern Veracruz Coral Ref. Complex. Proc. 8th Int. Coral Reef Symp., Panama (abstract).
- Belfiore, S., M. Balgos, B. McLean, J. Galofre, M. Blaydes y D. Tesch. 2003. A reference guide in the use of indicators for Integrated Coastal Management. ICAM\_Dossier I, IOC Manuals and Guides Num. 45, UNESCO.
- Bellwood, D. R., T. P. Hughes, C. Folke y M. Nyström. 2004. Confronting the coral reef crisis. *Nature* 429:827-833.
- Berkes, F., R. Mahon, P. McConney, R. Pollnac y R. Pomeroy. 2001. Managing small scale fisheries: alternative directions and methods. IDCR, 320 p.
- Biggs, D. C.; A. Gallegos; I. Victoria, J. Aldeco, H. Herrera, y D. López. 1998. Upper layer volume transport of the Yucatán Current and Loop Current, 1994-1995. *Caribbean Journal Science* 34(1-2):33-40.
- Biggs, D.C. 1992. Nutrients, plankton and productivity in a warm-core Ring in the western Gulf of Mexico. *J. Geophys. Res.* C2 97:2143-2154.
- Bogdanov, D.V., V.A. Sokolov y N.S. Khromov. 1968. Regions of high biological and commercial productivity in the Gulf of Mexico and Caribbean Sea. Academy of Science of the URSS. Scripta Technica Inc. for the Geophysical Union. *Oceanology* 8 (3): 371-381
- Bortman, M., P. Brimblecombe, M.A. Cunningham, W.P. Cunningham y W. Freedman. 2003. Environmental Encyclopedia. 3th Edit. Vol. 1. Thomson Gale. EUA.
- Botello, A.Ifonso V., Guadalupe Barrera, Gilberto Díaz G., Guadalupe Ponce V., Susana Villanueva F. e Irma Wong CH. 2002. Contaminación Marina y Costera. Pp. 97-111. En: Guzmán, P., Quiroga, C., Díaz, C., Fuentes, D., Contreras, C. y Silva, G.

(eds.). La Pesca en Veracruz y sus perspectivas de desarrollo. Instituto Nacional de la Pesca. Universidad Veracruzana. 450 pp.

Botello, A.V., G. Ponce Vélez, A. Toledo, G. Díaz González y S. Villanueva. 1996. Ecología, recursos costeros y contaminación en el Golfo de México, p 25-44. In: A.V. Botello, J.L. Rojas-Galaviz, J.A. Benítez, D. Zárate Lomelí (Eds.). Golfo de México, Contaminación e Impacto Ambiental: Diagnóstico y Tendencias. Universidad Autónoma de Campeche. EPOMEX Serie Científica, 5: 666 p.

Bouma, A.H. 1972 Distribution of sediments and sedimentary structure in the Gulf of Mexico. P. 35-65. In: R. Rezak and J.H. Vernorn. Contribution on the Physical Oceanography of the Gulf of Mexico. Vol. 3. Texas A & M University Oceanographic Studies. 352 p.

Bratu Hernández, A.A. 2000. Bases para el manejo del Sistema Arrecifal Veracruzano. Tesis Lic. IPN ENCB. México. 154 pp.

Bravo-Peña, L.C. 1998. Disminución antropogénica de la capacidad de limpieza en un ecosistema costero: el caso de bahía del Tóbari, Sonora. Tesis de Maestría, Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma de Baja California. 164p.

Briggs, J.C. 1974. Marine zoogeography. McGraw-Hill, New York, EUA. 475 pp.

Briggs, J.C. 1994. Global Biogeography. Elsevier Science B.V. Arnoldsville, Georgia, EUA. 442 pp

Brown, J.H. 1994. Grand challenges in scaling up environmental research. pp. 21-26. In: Peuquet, D.J. & D.F. Marble (eds.) Environmental Information Management and Analysis: Ecosystem to Global Scales. Taylor & Francis Ltd, Burgess Press, U.K.

Caballero Rosas, A. E. 1990. Modelación hidrodinámica numérica de la circulación por viento en la zona costera del Puerto de Veracruz y sus proximidades. Tesis de Maestría en Ingeniería (Oceánica), Instituto de Ingeniería, Universidad Veracruzana. 70 p.

Carr, M. H. y P. T. Raimondi. 1999. Marine Protected Areas as a precautionary approach to management. CalCOFI Rep. 40:71-76.

Carr, M. H., J. E. Neigel, J. A. Estes, S. Andelman, R. R. Warner y J. L. Largier, 2003. Comparing marine and terrestrial ecosystems: implications for the design of coastal marine reserves. Ecological Applications, 13(1) Supplement, 2003: S90-S107

Carranza E., A., E.M. Gutiérrez y T.R. Rodríguez. 1975. Unidades morfotectónicas continentales de las costas mexicanas. Anales del Inst. de Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México. 2 (1): 81-88.

- Carricart-Ganivet, J. P. 1993. Blanqueamiento parcial en *Porites porites* (Cnidaria: Scleractinia) en el Arrecife de Isla Verde, Veracruz, México. *Rev. Biol. Trop.*, 41 (3): 495-498
- Carricart-Ganivet, J.P. & G. Horta-Puga. 1993. Arrecifes de coral en México, p 81-92. En: S.I. Salazar-Vallejo & N.E. González (eds.). Biodiversidad marina y costera de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad y Centro de Investigaciones de Quintana Roo, México.
- Caruso, B.S. 1991. Risk-based targeting of diffuse contaminant sources at variable spatial scales in a New Zealand high country catchment. *Journal of Environmental Management* 63: 249-268.
- CEP (Centro de Ecología y Pesquerías). 2000. Propuesta de Programa de Manejo del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano. Universidad Veracruzana, México
- Cervantes, J.A., M.T. Galindo, M. Martínez, A. Ramírez, R. Sabido, J.P. Carricart-Ganivet y G. Horta-Puga. 1989. Estudio ecológico sobre la enfermedad de "blanqueamiento" en corales escleractinios en el arrecife "La Blanquilla".
- Cervantes-Zamora, Y., Cornejo-Olgín, S. L., Lucero-Márquez, R., Espinoza-Rodríguez, J. M., Miranda-Viquez, E. y A. Pineda-Velázquez. 1990. "Provincias Fisiográficas de México". Extraído de Clasificación de Regiones Naturales de México II, IV.10.2. Atlas Nacional de México. Vol. II. Escala 1:4 000 000. Instituto de Geografía, UNAM. México.
- Chavez, E. A. y E. Hidalgo. 1988. Los arrecifes coralinos del Caribe Noroccidental y Golfo de México en el contexto socioeconómico. *An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México.* 15(1): 167-176
- Chrisholm, A. H. y H. R. Clarke. 1993. Natural Resource Management and the Precautionary Principle. pp 109-137 En: E. Dommen (ed). *Fair Principles for Sustainable Development, Essays on Environmental Policy and Developing Countries.* United Nations Conference on Trade and Development, Geneva, Switzerland, published for and on behalf of the United Nations by Edward Elgar
- CNA (Comisión Nacional del Agua). 2004. Estadísticas del Agua en México 2004. CNA, México.
- Cocheret de la Morinière, E. B., J. A. Pollux, I. Nagelkerken, A. H. L. Huiskes y G. van der Velde. 2003. Ontogenetic dietary changes of coral in the mangrove-seagrass-reef continuum. En: isotopes and gut-content analysis. *Marine Ecology Progress Series* 246: 279-289
- Cochrane, J.D. y F.J. Kelly. 1986. Low frequency circulation on the Texas-Louisiana continental shelf. *Journal of Geophysical Research* 91(9): 10, 645-10, 659.

- CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). 1997. "Provincias biogeográficas de México". Escala 1:4 000 000. México.
- CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). 1999. "Uso de suelo y vegetación modificado por CONABIO". Escala 1: 1 000 000. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Ciudad de México, México.
- CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). 2000. CARTA. Provincias Fisiográficas de México. CONABIO, México.
- CONANP (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas). 2006a. Programa de Manejo del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. En elaboración.
- CONANP (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas). 2006b. Lineamientos para la elaboración de los Mapas para MAB-UNESCO. <http://www.conanp.gob.mx/sig/capacita/mab-unesco/index.htm>.
- De la Lanza, G. (comp.). 1991. Oceanografía de Mares Mexicanos. AGT Editor, S.A. 569 p.
- Diamond, J.M. 1986. Overview: laboratory experiments, field experiments, and natural experiments. Pp. 3-22 In: J. Diamond and T.J. Case (eds.) Community Ecology, Harper and Row, New York, USA.
- Díaz-Merlano, J.M. 1995. Zoogeography of the marine gastropods in the southern Caribbean: a new look at provinciality. *Journal of Caribbean Science* 31:104-121.
- Díaz-Merlano, J.M. y M. Puyana-Hegedus. 1994. Moluscos del Caribe Colombiano: Un catálogo ilustrado. Fund. Natura, INVEMAR. Bogotá. 291 pp.
- Dietrich. 1975. *Allgemeine Meereskunde* Gebr[u der Brotager. Berlin, Stuttgart.
- DOF, 1992. Diario Oficial de la Federación. Lunes 24 de Agosto de 1992.
- DOF, 1994. Diario Oficial de la Federación. Viernes 25 de noviembre de 1994.
- DOF, 1998. Diario Oficial de la Federación. Viernes 17 de julio de 1998.
- DOF. 2000. Diario Oficial de la Federación. Jueves 30 de noviembre de 2000.
- DOF. 2003. Diario Oficial de la Federación, 21 de enero de 2003.
- DOF. 2004. Ley General de Bienes Nacionales. 20 de mayo de 2004

Dovciak, A.L. y J.A. Perry. 2002. In search of effective scales of stream management: Does Agroecoregion, Watershed, or their intersection best explain the variance in stream macroinvertebrate communities?. *Environmental Management* 30(3): 365-377.

Duval, G. 1999. Teoría de sistemas: una perspectiva constructivista. Pp 62-69. En: S. Ramírez (coord.) *Perspectivas en las teorías de sistemas*. Siglo XXI Editores- Centro de Investigaciones Interdisciplinarias, UNAM, México. 109 p.

Eberhardt, L.L. y J.M. Thomas. 1991. Designing environmental field studies. *Ecological Monographs* 61: 53-73.

Echaniz, H.V. 1988. Determinación de los niveles de hidrocarburos en agua, sedimentos recientes y hojas de pasto marino *Thalassia testudinum* (Konong, 1805) en tres islas arrecifales del puerto de Veracruz, Ver. Tesis Lic. Fac. Cien. UNAM. 81 pp.

Ekman, S. 1953. *Zoogeography of the sea*. Sidewick & Jackson, Londres. 417 pp.

Elliot, B.A. 1982. Anticyclonic rings in the Gulf of Mexico. *Journal of Physical Oceanography* 12: 1292-1309.

Enciclopedia de México 2000. 2000. BARPO, Ediciones. CREDIMAR, S.L. España. Vol. 1. 591 pp.

Engle V. y J. K. Summers. 2000. Biogeography of benthic macroinvertebrates in estuaries along the Gulf of Mexico and western Atlantic coasts. *Hidrobiología*, 433(1-3): 17-33.

Escofet G., A. 2004. Aproximación conceptual y operativa para el análisis de la zona costera de México: un enfoque sistémico-paisajístico de multiescala. Tesis de Doctorado en Oceanografía Costera, Universidad Autónoma de Baja California, México.

Espejel, I., B. Ahumada, Y. Cruz y A. Heredia, 2004. Coastal Vegetation as indicators for conservation. *Ecological Studies* 171:297-318.

Fernández E., A., A. Gallegos y J. Zavala, 1993. Oceanografía física de México. Zona económica exclusiva, *Ciencia y Desarrollo* 18(108): 24-35.

Ferrusquía-Villafranca, I. 1990. "Provincias Bióticas (con énfasis en criterios morfotectónicos)" en *Regionalización Biogeográfica*, IV.8.10. Atlas Nacional de México. Vol. II. Escala 1. 4 000 000. Instituto de Geografía, UNAM. México.

- Ferrusquía-Villafranca, I. 1993. Geology of México: a synopsis. In: T.P. Ramamoorthy, R. Bye, A. Lot y J. Fa (eds). Biological diversity of Mexico: Origins and distribution. Oxford University Press. Nueva York. pp. 3-107
- Friends, A. y D. Raport. 1979. Towards a comprehensive framework for environment statistics: stress-response approach. Ottawa, Canadá: Statistics Canadá.
- García, R. 1994. Interdisciplinaria y Sistemas Complejos. Pp 85-123. En: E. Leff (coord.) Ciencias Sociales y formación ambiental. Gedisa, Barcelona.
- Garza-Cuevas, R.A. y A.J. Contreras-Balderas. 1997. Biogeografía y comunidades. En: E. Enkerlin y G. Cano (eds). Ciencia Ambiental y Desarrollo Sostenible. Internacional Thompson eds. pp. 177-197.
- Havens, K. E., y N. G. Aumen, 2000. Hypothesis-driven experimental research is necessary for natural resource management. *Environmental Management* 25(1): 1-7.
- Hayden, B.P., G.C. Ray y R. Dolan. 1984. Classification of coastal and marine environments. *Environmental Conservation* 11(3): 199-207.
- Hernández, V. L., 2004. Técnicas de diagnóstico ambiental enfocadas al manejo y gestión del Área de Protección de Flora y Fauna "Valle de los Cirios": exploración del Modelo de Límites. Tesis de Maestría en Administración Integral del Ambiente, Colegio de la Frontera Norte, México. 59p.
- Hernández-Rosario, C. 1982. Algunos resultados de corrientes en la bocana del puerto de Veracruz, Ver. Publicación de la Estación de Investigación Oceanográfica Veracruz. Dir. Gral. Ocean. Nav., SecMar. 34 p.
- Herrera-Cervantes, H. 1982. Medición de corrientes en las proximidades de Antón Lizardo, Ver. Marzo de 1982. Publicación de la Estación de Investigación Oceanográfica Veracruz. Dir. Gral. Ocean. Nav., SecMar. 23 p.
- Holland; Dennis F. Whigham y Brij Gopal. 1990. The Ecology and management of aquatic-terrestrial ecotones. Man and Biosphere Series Vol. 4. UNESCO and The Parthenon Publishing Group, U.S.A. 316 p.
- Horta-Puga, G. y J.P. Carricart-Ganivet. 1993. Corales pétreos recientes (Milleporina, Stylasterina y Scleractinia) de México. En: Salazar-Vallejo S. y N.E. González (eds). Biodiversidad Marina y Costera de México. CONABIO-CIQRO, México. pp 66-80.
- Hyrenbach, K.D., K.A. Forney y P.K. Dayton. 2000. Marine protected areas and ocean basin management. *Aquatic Conserv: Mar. Freshw. Ecosyst* 10: 437-458.

- Ibarra Morales, N. 2005. Distribución, abundancia y biomasa de *Thalassia testudinum* Banks et Solander Ex K ning: Hydrocharitaceae (1805) en la laguna arrecifal de Isla Sacrificios, Veracruz. Tesis Lic. Fac. Biol. U.V. 50 pp.
- ICRI. 1998. The status of coral reefs in Mexico and the United States Gulf of Mexico (Geography, ecology, management, legislation, monitoring, and bibliography). Office of Protected Resources / National Marine Fisheries Service / NOAA. CD-ROM.
- INE (Instituto Nacional de Ecología), 2000. Estrategia ambiental para la gestión integrada de la zona costera de México. Instituto Nacional de Ecología. México
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática), 1995. Censo de Población y Vivienda. México
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática), 1997. Estadísticas del Medio Ambiente. México.
- Ingram, G. B. 1997. Tradeoff analysis in planning networks of protected areas for biodiversity conservation. *Biopolicy Journal* 2:1-29.
- Inman, D.L. y C.E. Nordstrom. 1971. On the tectonic and morphologic classification of coasts. *J. Geol* 79 (1): 1-21
- Iverson, R.L. 1977. Mesoscale oceanic phytoplankton patchiness caused by hurricane effects on nutrient distribution in the Gulf of Mexico: In: Anderson, N.R. and B.J. Zahuranec, eds. *Oceanic Sound Scattering Prediction*. Plenum Press, pp. 767-778.
- Jernelov, A. and O. Linden. 1981. Ixtoc 1: a case study of the world's largest oil spill. *Ambio* 10: 299-. 306
- Jordán-Dahlgren, E., 2002. Gorgonian distribution patterns in coral reef environments of the Gulf of Mexico: evidence of sporadic ecological connectivity?. *Coral Reefs* 21: 205-215.
- Juárez, J. En Prensa. Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano: estudio que fundamenta su declaración e instrumentos legales emitidos por el ejecutivo federal relacionados con esta área natural protegida.
- Keddy, P. A. 1991. Working with Heterogeneity: an operator's guide to environmental gradients. pp. 181-201. In: J. Kolasa & S.T.A. Pickett (eds.). *Ecological Heterogeneity*. Springer-Verlag, New York

- Kolasa, J. y C.D. Rollo. 1991. 1. Introduction: The heterogeneity of heterogeneity: a glossary. pp. 1-23. In: J. Kolasa & S.T.A. Pickett (eds.). *Ecological Heterogeneity*. Springer-Verlag, New York.
- Krutak, P.R., S.E. Rickles y R. Gío-Argáez, 1980. Modern ostracod species diversity, dominance, and biofacies patterns Veracruz-Antón Lizardo Reefs, México. *Anales del Centro de Ciencias del Mar y Limnología* 7(2). Consultado en línea en la página: <http://biblioweb.dgsca.unam.mx/cienciasdelmar/centro/1980-2/>
- Lara, M., C. Padilla, C. García, y J. J. Espejel. 1992. Coral reef of Veracruz Mexico I. Zonation and Community. *Proceedings of the Seventh International Coral Reef Symposium, Guam* 1:535-544.
- Lecuanda, R. y F. Ramos-López. 1998. Delimitación de la plataforma continental mediante un criterio geomórfico. *Rev. Invest. Mar* 19(2-3):75-81
- Leslie, H. M. 2005. A synthesis of marine conservation planning approaches. *Conservation Biology* 19(6): 1701-1713.
- Lewis, J. K. y A.D. Kirwan, Jr. 1985. Some observations of ring topography and ringring interacciones in the Gulf of Mexico. *Journal of Geophysical Research* 90 (5): 9017-9028.
- Lewis, J. K. y A.D. Kirwan, Jr. 1987. genesis of a Gulf of Mexico ring as determined from kinematic analysis. *Journal Geophysical Research* 92(C11):11727-11740.
- Lewis, J.K. y S.A. Hsu. 1992. Mesoscale air-sea interactions related to tropical and extratropical storms in the Gulf of Mexico. *Journal of Geophysical Research* 97(2):2201-2228.
- Lewis, J.K., A.D. Kirwan, Jr. y G.Z. Forristall. 1989. Evolution of a warm-core ring in the Gulf of Mexico: Lagrangian observations. *Journal of Geophysical Research* 94(6):8163-8178.
- Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, 1996. Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. México.
- Linch, S.A. 1954. Geology the Gulf of Mexico. P.67-86. In: P.S. Galtsoff (Ed.) *Gulf of Mexico: Its Origin, Waters, and Marine Life*, Fishery Bulletin of Fish and Wildlife Service Vol. 55. United States Governement Printing Office. Washington, D.C. 577 p.
- Logan, B.W. 1969. Carbonate sediments and reefs, Yucatán Shelf, México. *The American Association of Petroleum Geologist. Mem.*, 11, 197 p.

- Lohrenz, S.E.; D.A. Wiesenburg, R.A. Arnone y X Chen, 1999. What controls primary production in the Gulf of Mexico? In: H.Kumpf, K. Steidinger, K. Sherman (editors), 1999. *The Gulf of Mexico Large Marine Ecosystem: assessment, sustainability, and management*. Blackwell Science, 736 pp.
- López- Ramos, E. 1974, *Geología general de México*. 3ª edición: México, D. F., Edición Escolar, 507 p.
- Lourens, J., C. van Zwol y J. Kuperus. 1997. Indicators for environmental issues in the European Coastal Zone. *Intercoast Network* (27): 3-4, 31.
- Lubchenco, J., S. R. Palumbi, S. D. Gaines y S. Andelmans, 2003. Plugging a hole in the ocean: the emerging science of marine reserves. *Ecological Applications*, 13(1) Supplement, 2003: S3-S7
- Lugo H.J. 1985. Morfoestructuras del fondo oceánico mexicano. *Boletín. Instituto de Geografía Univ. Nal. Autón. México* 15:9-34.
- Lugo-Fernández, A., K.J.P. Deslarzesa, J. M. Priceb, G.S. Bolanda y M. V. Morin. 2001. Inferring probable dispersal of Flower Garden Banks Coral Larvae (Gulf of Mexico) using observed and simulated drifter trajectories. *Continental Shelf Research* 21(2001):47-67.
- Lundquist, C. J., E. F. Granek y R.H. Bustamante. 2005. Implementation and management of Marine Protected Areas. *Conservation Biology* 19(6): 1699-1700.
- Marmer, H.A. 1954. Tides and sea level in the Gulf of Mexico, p. 101-118. In: P.S. Galtsoff (Ed.) *Gulf of Mexico: Its Origin, Waters, and Marine Life*. Fishery Bulletin of Fish and Wildlife Service. Vol. 55. United States Government Printing Office. Washington, D.C. 577 p.
- Martner Peyrelongue, C. 2002. Puertos Pivote en México: límites y posibilidades. *Revista de la CEPAL* 76 (abril): 124-141.
- Maul, G. A.y F.M. Vukovich.1993. The relationship between variations in the Gulf of Mexico Loop Current and Strait of Florida volume transport. *J. Phys. Oceanogr* Vol. 23 No
- McClanahan, T.R. 1999. Is there a future for coral ref. parks in tropical countries?. *Coral Reefs* 18: 321-325.
- Melo-González N., Müller-Karger F.E, Cerdeira Estrada S., Pérez de los Reyes R., Victoria del Río I., Cárdenas Pérez P.A., Mitrani Arenal I., Salas García I. y Hernández de la Torre B., 2000. El color del mar por satélites-: Indicador de fenómenos Oceanográficos en el Gran Caribe: Estacionalidad, Zonación, Influencia del "El Niño". *Revista Internacional de Ciencias de la Tierra*. Septiembre

- Merino, M. 1987. The coastal zone of Mexico. *Coastal Management* 15:27-42.
- Molinari, R.L., J.F. Festa y D.W. Behringer. 1978: The circulation in the Gulf of México derived from estimated dynamic height fields. *Journal of physical Oceanography*, 8(6), 987-996
- Moody, C.L. 1967. Gulf of Mexico distributive province, *Am. Assoc. Pet. Geo. Bull* 51:179-199.
- Moreno Casasola, P., J.L. Rojas Galavíz, D. Zárate Lomelí, M. Ortiz Pérez y T. Saavedra Vázquez. 2002a. Los manglares: distribución, importancia, ecología y problemática. En : Guzmán Amaya, P., C. Quiroga Brahm, C. Díaz Luna, D. Fuentes Castellanos, C.M. Contreras y G. Silva-López (eds). *La pesca en Veracruz y sus perspectivas de desarrollo*. SAGARPA-UV, México. pp. 45-66.
- Moreno Casasola, P., J.L. Rojas Galavíz, D. Zárate Lomelí, M. Ortiz Pérez, A.L. Lara Domínguez y T. Saavedra Vázquez. 2002b Diagnóstico de los manglares de Veracruz: distribución, vínculo con los recursos pesqueros y su problemática. *Madera y Bosques (numero especial)* 2002:61-88
- Morey, S.L., P.J. Martin, J. J. O'Brien, A. A. Wallcraft, y J. Zavala-Hidalgo. 2003. Export pathways for river discharged fresh water in the northern Gulf of Mexico. *Journal of Geophysical Research* 108(C10):1-15
- Morrison, J.M., W.J. Merrell Jr., R.M. Key y T.C. Key. 1983. Property distributions and deep chemical measurements within the western Gulf of Mexico. *Journal of Geophysical Research* 88(4): 2601-2608.
- Mulongoy K.J. y S. Chafe. 2004. *Protected Areas and Biodiversity*. UNEP-WCMC Biodiversity Series Num. 21. 52p.
- Nagelkerken, I., G. van der Velde, M.W. Gorissen, G.J. Meijer, T. van't Hof y C. der Hartog. 2000. Importance of mangroves, seagrass beds and the Shallow coral ref. as a nursery for important coral reef fishes, using a visual census technique. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 51:31-44.
- Nagelkerken, S. Kleijnen, T. Klop, R. A. C. J. van den Brand, E. Cocheret de la Marinière y Van der Velde. 2001. Dependence of Caribbean ref. fishes on mangroves and seagrass beds as nursery habitats: a comparison of fish faunas between bays with and without mangroves/seagrass beds. *Mar. Ecol. Prog Ser* 214: 225-235.
- Nelson, T.J., 1991. A quantitative comparison of the community structure of two forereefs in the southwestern Gulf of Mexico. Master Thesis, Corpus Christi State University. 55 p.

- Nixon, S. W. 1996. Regional Coastal Research- What is it? Why do it? What role should NAML Play? *Biol. Bull* 190: 252-259.
- O'Neill, R. V. 1999. Theory in Landscape Ecology. pp. 1-5. In: *Issues in Landscape Ecology*. Wiens, J.A. & M.R. Moss (eds.) International Association for landscape Ecology. Fifth World Congress. Snowmass Village, Colorado. 151 p.
- OCDE. 1993. OCDE core set of indicators for environmental performance reviews. *Environment Monographs* (83). Organization for Economic Co-operation and Development. Paris, France. 39 p.
- OCDE. 1994. *Environmental Indicators: OCDE core set*. Organization for Economic Co-operation and Development, France. 160 p.
- Ortiz-Lozano, L. D. 2000. Problemática ambiental, actores y conflictos de uso en Barra del Tordo, Tamaulipas. Tesis de Maestría en Administración Integral del Ambiente, El Colegio de la Frontera Norte, Baja California. 83 p.
- Ortiz-Lozano, L., A. Granados-Barba, V. Solís-Weiss & M. A. García-Salgado. 2005. Environmental Evaluation and Development Problems of the Mexican Coastal Zone. *Ocean & Coastal Management* (UK), 48:161-176.
- Pérez, R., C. Gil y S. Loza. 1990. Variabilidad espacio-temporal del fitoplancton y sus pigmentos en aguas oceánicas al Sur de Cuba. Inédito. Informe final de tema. Archivo científico. Instituto de Oceanología. ACC.
- Pollnac, R. B. 1998. Rapid appraisal of management parameters for coral reefs. *Coastal Management Report #2205, ICLARM Contribution #1445*. Coastal Resources Center, University of Rhode Island. 199p.
- Pomeroy, R. S., J. E. Parks y L. M. Watson. 2004. How is your MPA doing?, a guidebook of natural and social indicators for evaluating Marine Protected Area management effectiveness. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, U.K. xvi+216 p.
- Pritchard, D. W. 1967. What is an estuary: Physical Viewpoint: En: LAUFF, G. H. (ED.). *Estuaries*. Ass. Ame. Adv. Scienc. 3-6.
- Proctor, Ch.M., J.C. García, D.V. Galvin, T. Joyner, G.B. Lewis, L.C. Lochr y A.M. Masa. 1980. An Ecological Characterization of the Pacific Northwest Coastal Region. Vol 1, Conceptual Models. U.S.Fish and Wildlife Service, Biological Services Program, FWS/OBS-79/11, 389 pp.
- Ray, G. C. y B. P. Hayden. 1992. Coastal Zone ecotones. Pp 403-420. En: A. J. Hansen y F. di Castri (eds). *Landscape boundaries, consequences for biotic diversity and ecological flows*. Springer-Verlag, New York. 452p.

- Richards, W.J., T. Leming, M.F. McGowan, J.T. Lamkin y S. Kelley-Fraga. 1989. Distribution of fish larvae in relation to hydrographic features of the Loop Current boundary in the Gulf of Mexico. *Rapp. P.v. Reun. Cons. Int. Explor. Mer* 191:169-176.
- Ricono, N. A., 1999. Seasonal water quality impacts of riverine and coastal waters on coral reefs of Veracruz, Mexico. Master Thesis, Texas A&M University-Corpus Christi. 49 pp.
- Rigby, J.K. and W.G. McIntire. 1966. Isla de Lobos and associated reefs, Veracruz, Mexico. *Brigham Young Univ. Geol. Stud.*, 13: 1-46.
- Robson, C. 1993. Real world research: a resource for social scientists and practitioner-researchers. Blackwell, Oxford and Cambridge, 435 pp.
- Salas, 2005. Trayectoria de Masas de Agua sobre el Sistema Arrecifal Veracruzano. Proyecto en elaboración.
- Salazar-Vallejo, S. 2000. Biogeografía marina del Gran Caribe. *Interciencia* 25(1): 7-12.
- Salm, R.V. 1984. Ecological Boundaries for Coral-reef Reserves: principles and guidelines. *Environmental Conservation* 11(3):209-215.
- Sanchez Dominguez, C. 1993. Taxocenosis y estructura de la comunidad de equinodermos del arrecife de la Isla de enmedio, Ver., (Stelleroidea, crinoidea, Equinoidea: Equinodermata). Tesis Licenciatura. Fac. Biol. Universidad Veracruzana, Xalapa Veracruz, México. 70 pp.
- Sánchez, H.A.I. y E. Portilla O. 2002. Efecto de la reducción de la cobertura de manglar sobre las pesquerías. En : Guzmán Amaya, P., C. Quiroga Brahm, C. Díaz Luna, D. Fuentes Castellanos, C.M. Contreras y G. Silva-López (eds). *La pesca en Veracruz y sus perspectivas de desarrollo*. SAGARPA-UV, México. pp. 67-73.
- Santiago, V., 1977. Algunos estudios sobre las madréporas del arrecife La Blanquilla, Veracruz, México. Tesis Prof. UNAM. Fac. Ciencias. México. 103 pp.
- Schonewald-Cox, C.M. y J.W. Bayless. 1986. The Boundary Model: a geographical analysis of design and conservation of nature reserves. *Biological Conservation* 38 (1986): 305-322.
- Secretaría de Marina y PEMEX. 1987 Evaluación de los corales escleractinios del sistema arrecifal de Veracruz. Secretaría de Marina y Petróleos Mexicanos, Subdirección técnica administrativa. Coordinación Ejecutiva para el desarrollo de zonas petroleras. Gerencia de Coordinación y Control de PEMEX. Veracruz, Veracruz. 119 pp.

SEDUE-UAM. 1985. Alternativas de manejo para los arrecifes de Veracruz. Isla Verde. Documento Técnico.

SEMAR (Secretaría de Marina Armada de México). 1990. Determinación de la dirección del transporte litoral por medio de las variaciones de la distribución del tamaño del grano de los sedimentos en Veracruz, Ver. Dirección General de Oceanografía, Secretaría de Marina, México. 29 p.

SEMAR (Secretaría de Marina Armada de México). 1991. Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano. Estudio que fundamenta su declaración e instrumentos legales emitidos por el Ejecutivo Federal relacionados con esta Área Natural Protegida. En prensa.

SEMARNAP y FAO. 1995. Guía metodológica para la formulación e implementación de planes locales para el desarrollo de la acuicultura (PLANDAC) en áreas lagunares costeras de México. Proyecto UTF/MEX/035/MEX "Modernización del sector pesquero" Estudios para el mejoramiento productivo de áreas lagunares costeras. México, 76p

SEMARNAT. 2006. Política ambiental nacional para el desarrollo sustentable de océanos y costas de México, estrategias para su conservación y uso sustentable. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México. 86 p.

SEPESCA (Secretaría de Pesca). 1988. Programa Nacional Pesquero, 1984-1988

Sheinbaum, J; J. Zavala y J. Candela. 1997. Modelación numérica del Golfo de México y Mar Caribe. En: Lavin, M.F. (ed.). Contribuciones en la Oceanografía Física en México. Monografía No. 3, Unión Geofísica Mexicana, p. 243-264.

Shepard, F. P. 1973. Submarine Geology. Harper and Row. Nueva York. 517 p.

Sherman, K., L.M. Alexander y B.D. Gold. 1993. Large marine Ecosystems: stress, mitigation and sustainability. AAAS Press, Washington, D.C. 376 p.

Sklar, F. H. y Turner, R. E. 1981. Characteristics of phytoplankton production off Barataria Bay in an area influenced by the Mississippi River. *Contrib. Mar. Sci.* 24, 93-106.

Solís-Weiss, V., A. Granados-Barba, M. García-Salgado, L. Ortiz-Lozano, M. E. Zamudio-Reséndiz, M. Hermoso-Salazar y A. Gutiérrez-Velázquez, 1997. Diagnóstico Ambiental y Desarrollo de una Base de Datos de la Zona Costera de la República Mexicana. Informe Final Proyecto INE-UNAM. 60 pp.

Solon, J. 1999. Integrating ecological and geographical (biophysical) principles in studies of Landscape Systems. pp. 22-27. In: *Issues in Landscape Ecology*. Wiens,

- J.A. & M.R. Moss (eds.) International Association for landscape Ecology. Fifth World Congress. Snowmass Village, Colorado. 151 p.
- Sorensen J. C., S. T. McCreary y A. Brandani. 1992. Costas: arreglos institucionales para manejar ambientes y recursos costeros. Centro de Recursos Costeros, Universidad de Rhode Island, 185p.
- Sorensen, J. 1997. National and international efforts at integrated coastal management: definitions, achievements and lessons. *Coastal management* 25: 3-41
- Soto, L. A., y E. Escobar. 1995. Coupling mechanisms related to benthic production in the SW Gulf of Mexico. In: A. Eleftheriou, A. D. Ansell, and J. Smith (eds). *Biology and Ecology of Shallow Coastal Waters*. Olsen and Olsen, Fredensborg, Denmark, pp. 233-242
- Sturges, W. y J.C. Evans. 1983. On the variability of the loop current in the Gulf of Mexico. *Journal of Marine Research*, 41, 639-653.
- Tello Musi, J.L. 2000. Distribución de biotopos en la Zona de la Planicie Arrecifal de Isla Verde, Veracruz, México. Tesis Licenciatura. Escuela Nacional de Estudios Profesionales Iztacala. Universidad Nacional Autónoma de México. 152 pp.
- Terkenli, T. S. 2005. New landscape spatialities: the changing scales of function and symbolism. *Landscape and Urban Planning* 70: 165-176.
- Toledo-Ocampo, A. 1996. Caracterización ambiental del Golfo de México, p.1-24. In: A.V. Botello, J.L., Rojas-Galaviz, J.A. Benitez, D. Zárate Lomelí (Eds.). *Golfo de México, Contaminación e Impacto Ambiental: Diagnóstico y Tendencias*. Universidad Autónoma de Campeche. Epomex Serie Científica, 5. 666p
- Torres-Nachón, C. 2003. Análisis Comparado de la Legislación y Políticas Legales Aplicables al Manejo, Conservación, Uso y Aprovechamiento de la Zona Costera en la Región del Gran Caribe. Estudio de Caso: República de Cuba, República Bolivariana de Venezuela y Estados Unidos Mexicanos. Reporte Técnico Final, Programa de Naciones
- Tunnel, J. W. 1988. Regional comparison of southwestern Gulf of Mexico to the Caribbean sea coral reefs. *Proceedings of the 6th International coral Reef Symposium, Australia* 3: 303-308
- Tunnell J. W. 1992. Natural Versus Human Impacts to Southern Gulf of Mexico Coral Reef Resources. *Proceedings of the Seventh International Coral Reef symposium* 1: 300-306, Guam.

- U.S. Coral Reef Task Force Working Group on Ecosystem Science and Conservation. 2000. Coral reef Protected Areas: a guide for management. U.S. Coral Reef Task Force, Department of the Interior, Washington, D.C. 14 p.
- UNEP. 2004. People and reefs: successes and challenges in the management of coral reef Marine Protected Areas. UNEP Regional Seas reports and Studies Num. 176. UNEP. 100p.
- UNESCO. 1997. Methodological guide to integrated coastal zone management. Manuals and guides #36, Intergovernmental Oceanographic Commission -UNESCO. 47p
- Vargas-Hernández y Lozano Aburto. 2004. Grado de Perturbación de los arrecifes coralinos del Sistema Arrecifal Veracruzano mediante la metodología de AGRRA (Atlantic and Gula Rapad Ref. Assessment). En: Indicadores de Perturbación Antropogénica en el Sistema Arrecifal Veracruzano. Informe Final. Veracruz, Ver. 76 p.
- Vargas-Hernández, J.M., A. Hernández-Gutiérrez y L.F. Carrera Parra. 1993. Sistema Arrecifal Veracruzano. Pp. 559-575 En: Salazar-Vallejo S. y N.E: González (eds). Biodiversidad Marina y Costera de México. CONABIO-CIQRO, México. 865p.
- Vargas-Hernández, J.M., L. Jiménez-Badillo y V. Arenas-Fuentes, 2002. El Sistema Arrecifal Veracruzano y las pesquerías asociadas. Pp.13-16. En: Guzmán, P., Quiroga, C., Díaz, C., Fuentes, D., Contreras, C. y Silva, G. (eds.). La Pesca en Veracruz y sus perspectivas de desarrollo. Instituto Nacional de la Pesca. Universidad Veracruzana. 450 pp.
- Victoria, I., A. Cabal, R. García, M. Hernández, H. Puentes. 1990. Características oceanográficas de la Fosa de Jagua y de la zona económica exclusiva al Sur de Cuba. Inédito. Informe final de Tema. Archivo Científico. Instituto de Oceanología. Academia de Ciencias de Cuba.
- Vidal, V.M., F.V. Vidal y A.F. Hernández, 1990. Atlas Oceanográfico del Golfo de México. Vol. II. Grupo de Estudios Oceanográficos. Instituto de Investigaciones Eléctrica. 2:691 p.
- Vidal, V.M., F.V. Vidal y J.M. Pérez-Molero, 1992. Collision of the loop current anticyclonic ring against the continental shelf slope of the western Gulf México. *Journal of Geophysical Research*, 97(2): 2155-2172.
- Vidal, V.M., F.V. Vidal, J.M. Pérez, R.A. Morales, A. Rivera, L. Zambrano y R. Anaya, 1985. Hydrographic evidence for the southwest migration of a loop current anticyclonic ring in the Gulf of Mexico during january 1984. *EOS*, 66(40):924.

Villa, F. & H. McLeod, 2002. Environmental Vulnerability Indicators for Environmental Planning and Decision-Making: Guidelines and Applications. *Environmental Management* 29(3): 335-348.

Weber, M., R.T. Townsend, R. Bierce, 1992. Environmental Quality in the Gulf of Mexico: A Citizen's Guide. EPA, Center for Marine Conservation. Washington, DC. 132 pp.

Wells, S.M., 1988. Coral reefs of the world. Vol. 1. p.203-223. In: Atlantic and Eastern Pacific. Prepared by the IUCN Conservation Monitoring Centre. Cambridge, UK. in collaboration with The United Nations Environment Programme. 370 p.

Wilsey and Ham. 1974. Irvine General Plan. City of Irvine.

Yáñez-Arancibia, A. y J.W. Day. 2004. Environmental Subregions in the Gulf of México coastal zone: the ecosystem approach as an integrated management tool. *Ocean and Coastal Management* 47: 727-757.

Zacharias, M. A. y J. C. Roff. 2000. A Hierarchical ecological approach to conserving marine biodiversity. *Conservation Biology* 14(5): 1327-1334.

Zavala-Hidalgo, J., S. L. Morey & J.J. O'Brien, 2003. Seasonal circulation on the western shelf of the Gulf of Mexico using a high-resolution numerical model. *Journal of Geophysical Research* 108: 1-19.

## ANEXO 1

## ACRÓNIMOS

APIVER	Administración Portuaria Integral de Veracruz
AMP	Área Marina Protegida
ANP	Área Natural Protegida
CEP	Centro de Ecología y Pesquerías
COEPA	Consejo Estatal de Protección al Ambiente
CONANP	Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas
CONAPESCA	Comisión Nacional de Pesca
INAH	Instituto Nacional de Antropología e Historia
INP	Instituto Nacional de la Pesca
IPN	Instituto Politécnico Nacional
PEMEX	Petróleos Mexicanos
PNSAV	Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano
SAGARPA	Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca
SAS	Sistema de Agua y Saneamiento
SCT	Secretaría de Comunicaciones y Transporte
SEDARPA	Secretaría de Desarrollo Agropecuario, Rural, Forestal y Pesca
SEDERE	Secretaría de Desarrollo Regional
SEDESMA	Secretaría de Desarrollo Sustentable y Medio Ambiente
SEMAR	Secretaría de Marina Armada de México
SEMARNAT	Secretaría de Medioambiente y Recursos Naturales
TMM	Transportación Marítima Mexicana
UABC	Universidad Autónoma de Baja California
UABCS	Universidad Autónoma de Baja California Sur
UAM	Universidad Autónoma Metropolitana
UNAM	Universidad Nacional Autónoma de México

## ANEXO 2

## INFORMANTES CLAVE ENTREVISTADOS Y GUIÓN DE ENTREVISTAS

- A Alejandro Velarde-Subdelegado de Pesca CONAPESCA
- B Claudio Torres Nachón- Presidente del Consejo Estatal de Protección al Ambiente (COEPA)
- C Dariana Castellanos- Jefa del Departamento de Ecología del Ayuntamiento de Veracruz.
- D Elvira Carvajal Hinojosa- Directora del PNSAV
- E Javier Tovar- Subgerente de Desarrollo de la Administración Portuaria Integral de Veracruz.
- F Jorge Juárez Cardumes- Capitán de Corbeta de Servicios de Ingenieros de la Armada, Ing. Químico. Administrador del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano por parte de la Secretaría de Marina Armada de México a través de la Secretaría de la Tercera Zona Naval.
- G Juan Carlos Zamorano-Director General de Pesca y Agrosistemas SAGARPA
- H Manuel Rodríguez- Director técnico del Acuario de Veracruz
- I Miguel A. Román Vives- Encargado del laboratorio de fisicoquímica. Acuario de Veracruz, A.C.
- K Juventino, Pescadores de Antón Lizardo

## Guión Entrevistas Informantes Clave

### REDES CAUSALES, PERCEPCIÓN DE DAÑOS Y ACTIVIDADES

#### 1. Caracterización del sector

- a) Principales atribuciones
- b) Rango de operación
- c) Personal involucrado
- d) Tiempo que tiene su presencia como sector en la zona
- e) Tiempo que lleva como persona en el cargo
- f) Organigrama del organismo
- g) Relación con la zona arrecifal, la ZOFEMAT y actividades marinas, de acuerdo a sus atribuciones como persona y como organismo público

#### 2. Percepción del PNSAV

- a) Que es el PNSAV
- b) Cuando se decretó
- c) Que inquietudes originaron su protección
- d) Quien es el encargado de su administración
- e) Quien de su vigilancia
- f) Que es un Sistema Arrecifal
- g) Características por las que debe protegerse el PNSAV
- h) Quienes hacen uso del PNSAV y de que forma

#### 3. Problemática del PNSAV

- a) Cuales son los principales problemas del PNSAV (en orden de magnitud)
- b) Si se pudiera hacer una clasificación de los diferentes elementos de el PNSAV, cómo se podrían clasificar éstos? Por ejemplo: son arrecifes profundos, someros o bien zonas de manglar u otros.
- c) Como se manifiestan los problemas en los diferentes componentes del sistema (si es igual en todos los arrecifes)
- d) Evidencia de esta problemática
- e) Cuál o cuáles son las causas de estos problemas
- f) Qué sectores están involucrados y de qué forma
- g) Cómo se podría resolver la problemática? (Qué debería de hacer en caso de que otro sector sea el responsable?)

#### 4. Percepción de daños y actividades

- a) ¿Cuáles son las zonas del parque que Usted piensa que están más deterioradas?
- b) ¿En qué lugares se presentan más daños debidos a las actividades que se realizan?
- c) De las actividades que actualmente se realizan en el Parque ¿Qué actividades considera usted que son las que más dañan o afectan a los ecosistemas? ¿Porqué?
- d) ¿Conoce algunas actividades que se pudieran desarrollar en futuro y que potencialmente deterioren los ecosistemas del parque?

#### 5. Respuesta del sector

- a) De que forma su sector se relaciona con estos problemas
- b) Existe de forma oficial algún programa para relacionarse con estos problemas
- c) En que consisten estos programas y cual es su calendarización o productos obtenidos
- d) En caso de haberlo, como está considerada en su POA la atención a esta problemática
- e) A cuanto ascienden los recursos canalizados a la problemática
- f) Existen proyectos a futuro (corto, mediano y largo plazo) que formen parte de la estrategia de su sector para incidir sobre el PNSAV?
- g) Existen acuerdos o convenios con otros sectores que tengan que ver con la protección del PNSAV? Cuales?

ANEXO 3

Impactos por unidad y fuentes (ver claves al final del anexo)

Problema	Origen causa	Ubicación espacial	Subsistema		1. Veracruz										
			Paisaje		1.1 Litoral				1.2 Plataforma Interna				1.3 Plataforma		
			Unidad		1.1.1 Vergara	1.1.2 Puerto-Mecambo	1.2.1 Bahía Vergara	1.2.2 Veracruz	1.2.3 Verde	1.3.1 PE Fondos Marinos Veracruz	1.3.2 A. Adentro				
		Arrecife Causa	Punta Corda	Gallega	Hornos	Ingeniero	Fondos Marinos	Galleguilla	El Anquilla	Secrificos	Pajaros	El Verde	Fondos Marinos Plataforma Esmeralda	Anegada de Adentro	
Ruptura, fragmentación y destrucción parcial de arrecifes	Antropogenica	INTERNA	Uso de grampines por embarcaciones pequeñas						H			F y 9			
			Extracción de corales para artesanías						12 y 19						
			Extracción de corales para venta en acuarios												
			Extracción de organismos con fines de investigación												
			Extracción de corales por turistas							C y 22		9			
			Encallamiento de embarcaciones									7			7 y 22
			Remoción de encallamientos												22
			Pisoteo de Corales por pescadores de pulpo			E									
			Pisoteo de corales por desembarco de pescadores y turistas			7	7	7	7					9	
			Construcción de canal de acceso para embarcaciones pesqueras				7								
Reducción de la cobertura neta de la superficie arrecifal	Antropogenica	INTERNA	Volteo de piedras coralinas para la extracción de pulpo y almeja	F	F	F	F								
			Golpeteo por propelas de embarcaciones		25			25	25	25	25	25			
			Arrastre manual de redes de pesca en zonas de bajos												
Pérdida de bancos de almejas (reducción de los fondos aptos para el crecimiento de almejas, disminución del efectivo poblacional del recurso)	Antropogenica	INTERNA	Oleaje de tormenta												
			Expansión de las instalaciones del Puerto de Veracruz		B y 7			7							
			Extracción de sustrato madreporico (piedra múcar) para ser usado como material de construcción	7 y 28	7, 27 y 28	7 y 28	7 y 28								
Pérdida de bancos de almejas (reducción de los fondos aptos para el crecimiento de almejas, disminución del efectivo poblacional del recurso)	Antropogenica	INTERNA	Rellenos para ganar terreno al mar		A										
			Modificación de corriente litoral por la construcción de espigones y escolferas		A										
			Pesca excesiva				H								











Problema		Origen causa		Ubicación espacial		3 Anton Lizardo											SAV										
						Subsistema	3.1 Litoral			3.2 Plataforma Interna				3.3 Plataforma Externa													
						Paisaje	3.1.1 Anton			3.2.1 Anton				3.2.2 Caballo	3.3.1 PE Fondos Marinos Anton Lizardo			3.3.2 A. Altiere									
Arrecife		Causa		Arrecife		Grote	Blanca			Chopas				Los Bajos		Polo	Enmedio	Rizo	Caballo	Fondos Marinos Plataforma Externa		Anejada de Altiere		Topafillo	Santiagoillo	Anapollilla	25
						Blanca	Chopas			Los Bajos		Polo	Enmedio	Rizo	Caballo	Fondos Marinos Plataforma Externa		Anejada de Altiere		Topafillo	Santiagoillo	Anapollilla					
Muerte de coral (Muerte, blanqueamiento, enfermedades de corales; desaparición de especies de coral)		Antropogénica		EXTERNA		Contaminación Industrial y Urbana											25 y 1										
						Descarga de aguas negras sin tratamiento o con tratamiento incompleto de la zona conurbada Veracruz-Boca del Río																					
						Agroquímicos provenientes de los ríos Jamapa y Papaloapan																					
		Natural		EXTERNA		Derivados del petróleo provenientes de los ríos Jamapa y Papaloapan											1										
						Material fino suspendido proveniente de los ríos Jamapa y Papaloapan																					
Desconocida				Cambio de temperatura en el Golfo de México											1												
				Aporte de agua dulce del Río Papaloapan												2											
				Desconocida																							
Dominancia de algas (Aumento de la cobertura relativa de algas)		Antropogénica		INTERNA		Disminución de las poblaciones de herbívoros (peces, erizos)											25										
						Pesca excesiva de peces																					
		Natural		EXTERNA		Presión antropogénica sobre comunidades de erizos											18										
						Aporte de nutrientes por el Río Jamapa																					
Desaparición de especies icticas de ornato		Antropogénica		INTERNA		Muerte masiva de erizos (Diadema sp) 1983-84											0										
						Pesca ilegal																					
Contaminación por hidrocarburos y derivados del petróleo		Antropogénica		INTERNA		Falta de regulación de la pesca											7										
						Uso y mal manejo de aceites y gasolina en embarcaciones																					
		Antropogénica		EXTERNA		Derrames accidentales de petróleo dentro del parque											22 y 9										
						Derrame de petróleo en el pozo IXTOC																					
						Vertido de hidrocarburos en las instalaciones portuarias																					
		Antropogénica		EXTERNA		Hidrocarburos transportados por las corrientes del Golfo provenientes de instalaciones petroleras											9 y 13										
																	6										







## Claves para la tabla de impactos y sus fuentes

- 1 Arenas-Fuentes, V y Vargas-Hernández, J.M., 2005.
  - 2 Beaver et al., 1995.
  - 3 Botello et al., 2002.
  - 4 Bratu Hernández, 2000.
  - 5 Carricart-Ganivet y Horta-Puga, 1993.
  - 6 Carricart-Ganivet, 1993.
  - 7 CEP, 2000.
  - 8 Cervantes 1989 en Secretaría de Marina, 1991.
  - 9 Chávez e Hidalgo, 1988.
  - 10 Echaniz, 1988 en: Botello et al., 2002.
  - 11 Ibarra Morales, 2005.
  - 12 ICRI, 1998.
  - 13 Jernelov and Linden, 1981.
  - 14 Juárez, J. 2006, En prensa
  - 15 Nelson, 1991.
  - 16 Ricono, 1999.
  - 17 Rigby y McIntyre, 1966 en: ICRI, 1998.
  - 18 Sánchez Domínguez, 1993.
  - 19 Santiago, 1977 en ICRI, 1998.
  - 20 Secretaría de Marina y PEMEX. 1987.
  - 21 Secretaría de Marina, 1991
  - 22 Secretaría de Marina, 2000.
  - 23 SEDUE – UAM, 1985. en Bratu, 2000.
  - 24 Solís-Weiss et al., 1997.
  - 25 Tello-Musi, 2000.
  - 26 Tunnell, 1988.
  - 27 Tunnell, 1992.
  - 28 Vargas-Hernández et al., 1993.
  - 29 Vargas-Hernández et al., 2002.
- A Alejandro Velarde-Subdelegado de Pesca CONAPESCA  
 B Claudio Torres Nachón- Presidente del Consejo Estatal de Protección al Ambiente (COEPA)  
 C Dariana Castellanos- Jefa del Departamento de Ecología del Ayuntamiento de Veracruz.  
 D Elvira Carvajal Hinojosa- Directora del PNSAV  
 E Javier Tovar- Subgerente de Desarrollo de la Administración Portuaria Integral de Veracruz.  
 F Jorge Juárez Cardumes- Capitán de Corbeta de Servicios de Ingenieros de la Armada, Ing. Químico. Administrador del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano por parte de la Secretaría de Marina Armada de México a través de la Secretaría de la Tercera Zona Naval.  
 G Juan Carlos Zamorano-Director General de Pesca y Agrosistemas SAGARPA  
 H Manuel Rodríguez- Director técnico del Acuario de Veracruz  
 I Miguel A. Román Vives- Encargado del laboratorio de fisicoquímica. Acuario de Veracruz, A.C.  
 J Observación directa  
 K Juventino, Pescadores de Antón Lizardo