



CENTRO DE INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS  
DEL NOROESTE, S.C.

---

Programa de Estudios de Posgrado

“MANEJO DE ZONA COSTERA EN BAHÍA MAGDALENA,  
B. C. S.: CULTIVO DE ORGANISMOS MARINOS”

## **TESIS**

Que para obtener el grado de

### **Doctor en Ciencias**

Uso, Manejo y Preservación de los Recursos Naturales  
(Orientación en Ecología)

Presenta

**M. en C. Giovanni Malagrino Lumare**

**La Paz, B.C.S., 31 de agosto de 2007.**

## **COMITÉ TUTORIAL**

Dr. Alfredo Ortega Rubio  
Director, CIBNOR

Dr. Daniel LLuch Cota  
Asesor, CIBNOR

Dr. Luís Felipe Beltrán Morales  
Asesor, CIBNOR

Dr. Juan Guzmán Poo  
Asesor, UABCS

Dr. Juan Barragán Muñoz  
Asesor, Universidad de Cádiz

## **COMITÉ REVISOR DE TESIS**

Dr. Alfredo Ortega Rubio  
Director, CIBNOR

Dr. Daniel LLuch Cota  
Revisor, CIBNOR

Dr. Luís Felipe Beltrán Morales  
Revisor, CIBNOR

Dr. Juan Guzmán Poo  
Revisor, UABCS

Dr. Juan Barragán Muñoz  
Revisor, Universidad de Cádiz

## **JURADO EXAMEN DOCTORAL**

Dr. Alfredo Ortega Rubio  
Director, CIBNOR

Dr. Daniel LLuch Cota  
Sinodal, CIBNOR

Dr. Luís Felipe Beltrán Morales  
Sinodal, CIBNOR

Dr. Juan Guzmán Poo  
Sinodal, UABCS

Dr. Carlos Lechuga Deveze  
Sinodal, CIBNOR

Dra. Sara Cecilia Díaz Castro  
Sinodal suplente, CIBNOR

## **DEDICATORIA**

A la memoria de mi padre Ernesto Malagrino.

A mi mamá Ornella Lumare.

A mi esposa Isis, que ha sido un invaluable apoyo para que pudiera transitar por este camino de los estudios doctorales.

A mis hijos Isis, Ornella y Ernesto, que han sido siempre una fuente de alegría, de orgullo y de inspiración.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a mi director de tesis, Dr. Alfredo Ortega Rubio, que con su confianza, sapiencia y paciencia durante estos años ha sido una fuente inagotable de propuestas y de estímulo para que pudiera llevar a buen término este trabajo. Mi mas sincero respeto por él.

A los Dres. Luís Felipe Beltrán Morales, Daniel Lluch Cota, Juan Barragán Muñoz y Juan Guzmán Poo por haber aceptado ser mis tutores. Al Dr. Carlos Lechuga Deveze por haber aceptado, con poco tiempo de anticipación, ser sinodal en el examen doctoral.

A la Dra. Thelma Rosa Castellanos Cervantes y sus excelentes colaboradoras en la Dirección de Posgrado, que me otorgaron su guía profesional a lo largo de estos años, en especial la Lic. Osvelia Ibarra Morales que ha sido mas que paciente conmigo.

Al CONACYT y a PROMEP por haberme otorgado becas para poder llevar a cabo el programa doctoral.

Al Departamento de Biología Marina de la UABCS, al que estoy adscrito, por haberme proporcionado el tiempo libre necesario para realizar el doctorado.

Al Ing. Manuel Oseguera Cházaro, que con sus amplios conocimientos de cómputo fue una ayuda invaluable en los momentos en que requerí asistencia en la elaboración del documento de tesis.

A mi hija Isis y a su esposo Chet que hicieron las correcciones del inglés de los artículos que finalmente fueron publicados.

# CONTENIDO

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>                         | <b>1</b>  |
| <b>2. ANTECEDENTES.....</b>                         | <b>4</b>  |
| 2.1 MANEJO COSTERO.....                             | 4         |
| 2.2 MARCO LEGAL.....                                | 7         |
| 2.3 UBICACIÓN GEOGRÁFICA.....                       | 8         |
| 2.3.1 Laguna Santo Domingo.....                     | 10        |
| 2.3.2 Bahía Magdalena.....                          | 10        |
| 2.3.3 Bahía Almejas.....                            | 11        |
| 2.4 CONDICIONES OCEANOGRÁFICAS.....                 | 11        |
| 2.5 CLIMA.....                                      | 13        |
| 2.6 GEOLOGÍA.....                                   | 13        |
| 2.6.1 Suelo.....                                    | 14        |
| 2.6.2 Hidrografía.....                              | 14        |
| 2.6.3 Geomorfología.....                            | 14        |
| 2.7 FLORA TERRESTRE.....                            | 15        |
| 2.8 FAUNA TERRESTRE.....                            | 17        |
| 2.9 FLORA MARINA.....                               | 17        |
| 2.10 FAUNA MARINA.....                              | 18        |
| 2.11 ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS.....                  | 19        |
| 2.11.1 Caracterización poblacional y servicios..... | 19        |
| 2.11.2 Actividades económicas.....                  | 20        |
| 2.12 CONSIDERACIONES GENERALES.....                 | 21        |
| <b>3. HIPÓTESIS.....</b>                            | <b>24</b> |
| <b>4. OBJETIVOS.....</b>                            | <b>25</b> |
| 4.1 OBJETIVO GENERAL.....                           | 25        |
| 4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....                      | 25        |
| <b>5. METODOLOGÍA.....</b>                          | <b>25</b> |
| <b>6. RESULTADOS.....</b>                           | <b>31</b> |
| <b>7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>       | <b>32</b> |
| <b>8. BIBLIOGRAFÍA.....</b>                         | <b>37</b> |

|   |           |
|---|-----------|
| <b>9. ANEXOS.....</b>                   | <b>47</b> |
| 9.1 ANEXO I. FIGURAS Y TABLAS.....      | 47        |
| 9.2 ANEXO II. ARTÍCULO ACEPTADO 1.....  | 60        |
| 9.3 ANEXO III. ARTÍCULO ACEPTADO 2..... | 67        |

## **LISTA DE FIGURAS**

Figura 1. Longitud de costa de los estados costeros mexicanos.

Figura 2. Localización del Complejo Lagunar Bahía Magdalena.

Figura 3. Complejo Lagunar Bahía Magdalena.

Figura 4. Ubicación de los seis sitios seleccionados para el cultivo de camarón.

Figura 5. Ubicación de los siete sitios seleccionados para el cultivo de almejas.

Figura 6. Policultivo recomendado.

## **LISTA DE TABLAS**

Tabla 1. Población ocupada por sector de actividad en el área de estudio (%).

Tabla 2. Crecimiento poblacional.

Tabla 3. Disposición de energía eléctrica (viviendas).

Tabla 4. Disposición de agua entubada (viviendas).

Tabla 5. Composición de la población por grado de alfabetización.

Tabla 6. Principales características y valores de SCS obtenidos para cada sitio seleccionado para el cultivo de camarón.

Tabla 7. Principales características y valores de SCS obtenidos para cada sitio seleccionado para el cultivo de almeja.



## RESUMEN

México posee una amplia zona costera que, con sus más de 11 000 km de litoral, incluye un gran número de lagunas con una gran importancia tanto económica como ecológica. El uso de esta zona es cada vez mayor, siguiendo la tendencia mundial de incremento de actividades en ella, traducándose en un aumento de los asentamientos humanos; se prevé que para el 2030 la población en la zona costera llegará a los 60 millones de habitantes. Bahía Magdalena es una de las más grandes bahías de México, caracterizándose por la gran variedad de organismos que en ella habitan sedentariamente o estacionalmente. Las actividades que actualmente se desarrollan en Bahía Magdalena, y que en el futuro muy probablemente aumentarán tanto en intensidad como en variedad, obligan a que se establezca un manejo de esa zona costera. Una de las actividades incipientes que existe es la acuicultura, misma que potencialmente puede desarrollarse sostenidamente en el futuro.

Para desarrollar un adecuado Manejo Costero de Bahía Magdalena es indispensable establecer criterios cuantitativos para seleccionar sitios adecuados para el cultivo de diferentes organismos marinos. Para ello se recopiló información existente de las características bióticas y abióticas de la zona y de los aspectos socioeconómicos. Desde el 2001 a 2003 se determinaron las principales características del área: clima, suelo, geología, orografía, morfología e hidrología. Después de analizar la bibliografía respectiva y la serie de datos de las estaciones meteorológicas de la región así como de los mapas oficiales, se establecieron estadías de trabajo en el campo para corroborar la información recolectada.

Las características marinas y costeras, incluyendo los efectos de mareas, morfología de la zona costera, accesibilidad a las entradas de agua marina y tratamiento

de aguas residuales y su eliminación, fueron obtenidas por medio del análisis de imágenes satelitales y estancias de trabajo en el campo. La disponibilidad de servicios para cada zona potencial de acuacultivo fue establecida mediante inspecciones en el campo que incluyeron factores como presencia de caminos (pavimentados o de terracería), electricidad, disponibilidad de conexión telefónica y de Internet, población humana y trabajadores potenciales.

Con el propósito de estimar la idoneidad de cada sitio potencial para el cultivo de almeja y de camarón se empleó un índice matemático mediante el cual se establecen rangos de idoneidad de cada sitio para su eventual uso para cultivos marinos. A partir de los resultados obtenidos se pudieron identificar siete sitios adecuados para el cultivo de almeja, siendo el que presenta las mejores condiciones el Estero San Buto, y seis sitios para el cultivo de camarón, siendo el que presenta las mejores condiciones El Dátil. La Metodología y Resultados de este trabajo pueden ser de aplicación para toda Zona Costera con vocación para la Acuicultura.

Palabras claves: Manejo costero, Bahía Magdalena, cultivos marinos.

Dr. Alfredo Ortega Rubio

Director de Tesis

## SUMMARY

Mexico has an ample coastal zone that, with more than 11,000 km of littoral, it includes a large number of lagoons with great economic importance as much as ecological. The use of this zone is ever greater. Based on the world-wide tendency increase of activities in coastal zones, it is estimated that by 2030, the population in this coastal zone will reach 60 million inhabitants. Magdalena Bay is one the largest bays of Mexico, and it is characterized by the great variety of organisms that live in it sedentarily or seasonally. The activities that at the moment are developed in Bay Magdalena, and which in the future will more likely increase so much in intensity as in variety, will result in having to develop better management of such coastal zone. One of the current activities that exists is aquaculture, which in the future could potentially be further developed and maintained on an ongoing basis.

To attain an appropriate coastal management of Magdalena Bay, it is required to establish quantitative criteria to select adequate sites for the culture of different marine organisms. For such a purpose, information was compiled related to biotic and abiotic characteristics of the zone and its socioeconomic aspects. From 2001 to 2003 the main characteristics of the area were determined: climate, soil, geology, orography, morphology and hydrology. After analyzing the respective bibliography and the series of data from the region's weather stations, as well as from the official maps, field stays of work were established to corroborate the information previously collected.

The marine and coastal characteristics, including the effects of tides, morphology of the coastal zone, accessibility to the marine water entrances, residual water treatment and its elimination, were obtained by analyzing satellite images and

stays of work in the field. The availability of services for each potential zone of aquaculture was determined by field inspections that included factors such as roads (paved or dirt), electricity, availability of telephone and internet connection, human population and potential workers.

In order to consider the suitability of each potential site for the shrimp and clam culture, a mathematical index was utilized. This index helped determine the ranks of suitability of each site in regards to its possible use for marine cultures. Based on the results obtained, seven sites were identified as adequate for clam culture. The one that presents the best conditions is Estero San Buto, and six sites for the shrimp culture, being the one that presents the best conditions El Datil. The Methodology and Results of this work can be used in all Coastal Zone with Aquaculture potentialities.

Keywords: Coastal management, Bahía Magdalena, marine culture.

Dr. Alfredo Ortega Rubio

Thesis Director

# 1. INTRODUCCIÓN

México es un país netamente litoral, a pesar de ello es inexplicablemente un país que ha vivido de espaldas al mar y a sus zonas costeras. A pesar de que México cuenta con poco más de 11 000 kilómetros de costas, realmente muy poco se sabe de ellas. De hecho, las cifras oficiales, aunque varían de 11 120 km (INEGI, 2007) hasta 11 800 km (PROFEPA, 2007), sitúan a México como el país No. 20 con mayor longitud de litorales a nivel mundial. A pesar de ello, es hasta apenas en este milenio, es decir hasta finales del año 2005, que nuestro país tiene una Política Nacional de Manejo Costero.

Cabe enfatizar que por debajo de la cota de los 350 msnm, México cuenta aproximadamente con el 95% de sus energéticos, 75% de sus tierras de regadío, 70% de toda la ganadería. Asimismo, por debajo de los 350 msnm, México cuenta aproximadamente con 80% de sus recursos hídricos de agua dulce; 70% de nuestra precipitación pluvial y 75% de las actividades turísticas.

Con todo ello es paradójico que en México el 80% de la población vive actualmente por arriba de los 350 msnm y que, dentro de ellos, 20 millones viven hacinados en la Ciudad de México a 2,600 msnm. El costo ambiental de llevar agua, alimentos, energéticos de las zonas costeras a los 80 millones de mexicanos viviendo fuera de nuestras zonas costeras es realmente muy alto. Sin embargo, es importante destacar que hay una tendencia importante en un aumento importante en el aumento de asentamientos humanos en la zona costera, previendo un aumento hasta casi 60 millones de personas para el año 2030 (Azuz y Rivera 2007).

En cuanto aspectos socioeconómicos se refiere, es importante enfatizar que los Estados y Municipios Costeros de México generan solamente el 3.6% del PIB. Básicamente dividido en un 3 % generado por la actividad petrolera, que es una actividad netamente marina y costera. La extracción es marina y el transporte y procesamiento son costeros. México es el quinto productor mundial de petróleo. Exporta el 70% de lo que se produce, 80% de ello a Estados Unidos, lo que representa el 25% de todas las exportaciones mexicanas. Exportación y procesamiento representa el 3% del PIB.

Por otro lado, el Turismo costero representa tan sólo el 1% del PIB y la Pesca representa menos del 0.2% del PIB.

Todas estas actividades: Producción Petrolera, Turismo y Pesca, causan graves conflictos y generan, asimismo, enormes contradicciones en nuestras zonas costeras. Por ejemplo, las políticas pesqueras han favorecido un sector sobrecapitalizado concentrado en el valor y volumen de unas cuantas especies. El 80% de las principales pesquerías del país se encuentran sobreexplotadas. El peso relativo de esta actividad a nivel local produce conflictos muy complejos, graves y mortales. Igualmente, podríamos adentrarnos en los costos ambientales que actualmente representan para las zonas costeras de México las actividades turísticas y petroleras, pero ello sería motivo de ulteriores estudios que escapan de los fines del presente trabajo y que podrían ser fuente para otra publicación.

Podríamos sí enfatizar en que, mientras las zonas costeras mexicanas producen solo el 3.6% del PIB, de lo cual casi el 75 % es generado por el petróleo (mismo que se prevé se agotará en 10 años al actual ritmo de extracción y cero reinversión), los condados costeros de USA producen el 34% del PIB Nacional.

En México, aún ahora, las costas no se ubican como el acceso a nuevas formas de vida, nuevos recursos naturales, económicos e industriales. Para el mexicano promedio la costa es el sitio para ir una vez al año, o en la vida, a asolearse en la playa.

México es aun un país muy centrado hacia el altiplano, urbano y centralizado.

La zona costera es un área en donde confluyen múltiples actividades socio-económicas que afectan y modifican el entorno ambiental de este lugar de transición mar-tierra (Sorensen, McCreary y Brandani, 1992) en el que sus diferentes componentes, incluyendo el humano, establecen complejas y dinámicas funciones de interacción e interdependencia. El uso de esta zona es cada vez mayor, aumentando continuamente los asentamientos humanos en ella así como la intensidad de las actividades que en ella se desarrollan (Cicin-Sain y Knecht, 1998; Clark, 1996; Kay y Alder, 1999), actividades que están relacionadas con la alimentación, la energía, la conservación, el transporte, la recreación, el urbanismo. En México también se está verificando esta tendencia mundial de aumento de actividades en la zona costera, necesitándose propuestas para su manejo (Rivera-Arriaga y Villalobos, 2001).

Dentro de las actividades pesqueras la acuicultura ha tenido una importancia cada vez mas significativa a nivel mundial. Gracias a los avances tecnológicos y científicos en aspectos de domesticación de especies, alimentación, inmunología, ingeniería acuícola, entre otros, relacionados al cultivo de organismos acuáticos, éste se ha convertido en una de las actividades de mas rápido crecimiento en el mundo. Este fenómeno ha conllevado que la acuicultura ha afectado al entorno en que se ha desarrollado y, al mismo tiempo, es amenazada por actividades que compiten con ella (Flores y Euán, 2004). Es importante, por lo tanto, contribuir a mitigar los efectos de la acuicultura en el ambiente, en nuestro caso en la zona costera, y a ajustar su avance, según las condiciones locales, mediante acciones de

investigación que permitan la actividad bajo el esquema de desarrollo sustentable a largo plazo.

En México, mientras que las capturas anuales se han estabilizado en aproximadamente 1.2 millones de toneladas, la producción acuícola, que es una actividad relativamente reciente en México, se ha incrementado paulatinamente hasta alcanzar alrededor de 230 mil toneladas en el 2005 (PR, 2005), haciendo cada vez mas urgente que haya acciones de investigación, planificación y manejo que los problemas relacionados a la acuicultura.

En el Estado de Baja California Sur, a pesar de ser el estado de la república con la mayor longitud de litoral con 2 700 km (Fig. 1), la producción por acuicultura aún no ha podido tener el desarrollo deseable, habiéndose dado casos aislados de cultivos de moluscos, camarón y peces con éxito variable que no siempre se han podido mantener a través del tiempo.

## **2. ANTECEDENTES**

### **2.1 MANEJO COSTERO**

México es un país con un importante potencial de desarrollo, aprovechamiento y conservación de la zona costera (e.g. turismo y ecoturismo, puertos de altura y de recreo, pesca y acuicultura, industria, desarrollo urbano, minería, áreas naturales protegidas, biodiversidad, etc.), sin embargo, tradicionalmente las autoridades centrales no han



abordado el desarrollo de esta región de manera integral, y hasta hace muy poco se carecía de una política nacional sobre el particular.

El litoral mexicano presenta la mayoría de los medios ambientes costeros mundiales (excepto los fiordos), y es compartido por 17 estados costeros (Fig. 1), los cuales abarcan el 56.4% de la superficie total del país. Parte sobresaliente de estos ambientes costeros son los humedales cuya importancia se enfatizó en la Convención sobre los Humedales en Ramsar, Irán, en 1971, para promover la acción nacional y la cooperación internacional a favor de su conservación y uso racional. A partir de esa convención se estableció la Lista de Humedales de Importancia Internacional de Ramsar (Anónimo, 2007). Casi todos los humedales de México están incluidos en esta Lista, dentro de ellos la mayor parte de los existentes en Baja California Sur. Inexplicablemente, el Complejo Lagunar Bahía Magdalena no ha sido propuesto por el Gobierno de México para su inclusión en la Lista a pesar de que, por su amplia superficie y características fisiográficas, contiene numerosos humedales de gran importancia económica y ecológica.

En los 17 estados costeros de México habitan 47 344 698 de personas (INEGI, 2005), lo cual corresponde al 46% de la población total del país.

Existen 156 municipios con apertura directa al mar, en los cuales se asienta una población de alrededor de 13.3 millones de personas, de acuerdo con las estimaciones de CONAPO para el año 2005. La extensión territorial de dichos municipios costeros es aproximadamente el 21.24% del territorio nacional. Durante el periodo 2000 a 2005, el municipio costero que mayor crecimiento relativo experimentó fue Los Cabos, en Baja California Sur, con un incremento del 55.6%, mientras que en el estado de Michoacán ningún municipio costero mostró crecimiento en dicho periodo, posiblemente como consecuencia de la migración.

El estado costero que más contribuyó al producto interno bruto (PIB) en el año 2004 (INEGI, 2006) fue Jalisco con el 6.3%, seguido de Veracruz con el 4.2% y Baja California con el 3.5%. En general, todos los estados costeros de México contribuyeron con el 36.1% del PIB nacional en el año de referencia.

Los estados costeros limítrofes con el Golfo de California (BC, BCS, SON, SIN, NAY) contribuyen aproximadamente con el 70% en peso de las capturas pesqueras nacionales.

Por su parte, los estados del Golfo de México, concentran el 68% de la carga marítima y el 63.5% del movimiento de pasajeros, fundamentalmente vía Quintana Roo (SCT, 2006)

Aunadas a las características demográficas y económicas de la zona costera, se encuentran las necesidades de infraestructura (e.g. vial, hidráulica, telefónica, de salud, educacional, etc.) que permiten el adecuado y armónico desarrollo de esta importante zona del país.

La zona costera es una región compleja no tan solo desde el punto de vista ambiental y socio-demográfico, sino fundamentalmente desde la perspectiva de competencias y ámbitos de actuación gubernamentales.

La existencia de responsabilidades y jurisdicciones de tipo federal, estatal y municipal sobre la zona costera crean un panorama complejo. Por ejemplo, una misma Secretaría de Estado puede tener injerencia en la zona costera por medio de distintas dependencias. La falta de transversalidad de los programas de desarrollo entre Secretarías, e incluso dentro de una misma Secretaría, ha propiciado que en muchos casos se llegue a conflictos, dada la incertidumbre jurídica o la falta de claridad en las competencias de los

diferentes ordenes de gobiernos, lo cual ha generado un desorden histórico por la falta de integración en la gestión de esta zona.

## **2.2 MARCO LEGAL**

En la Constitución Política de lo Estados Unidos Mexicanos varios artículos se refieren a temas ambientales y a que el desarrollo nacional debe ser integral, haciéndose reseña de zonas costeras susceptibles de ser afectadas. La Constitución faculta al Poder Legislativo a “expedir leyes que establezcan la concurrencia del Gobierno Federal, de los gobiernos de los Estados y de los Municipios, en el ámbito de sus respectivas competencias, en materia de protección al ambiente y de preservación y restauración del equilibrio ecológico” y faculta a los Municipios en “participar en la creación y administración de zonas de reservas ecológicas y en la elaboración y aplicación de programas de ordenamiento en esta materia” (Anónimo, 1917). Varias leyes reglamentarias de las disposiciones constitucionales, como la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección del Ambiente y la Ley de Pesca, se refieren al aprovechamiento sustentable de los recursos naturales y al establecimiento de áreas naturales protegidas (Anónimo, 1988; Anónimo, 1992). En 1991 se promulgó la Ley del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente de Baja California Sur que sigue a grandes rasgos los lineamientos fijados a nivel federal (Anónimo, 1991). Esta última norma aborda, entre otros temas, la protección de los recursos naturales y la regulación, con fines de conservación, del equilibrio de los ecosistemas, esto tomando en cuenta la participación de la sociedad en la formulación de la política ecológica.

Por otro lado, el Plan Nacional de Desarrollo 2001-2006 delinea las políticas para satisfacer las necesidades básicas de los habitantes y elevar su calidad de vida en armonía con el medio ambiente y con un criterio de desarrollo sustentable (Anónimo, 2001). El Plan Estatal de Desarrollo Urbano de Baja California Sur 1999-2005 divide al estado en regiones con un programa específico de desarrollo cada una; el complejo lagunar Bahía Magdalena forma parte de la región Valle de Santo Domingo en cuyo programa de desarrollo juegan un papel importante tanto la pesca como la acuicultura (Anónimo, 1999). En adición a la normatividad y planes antes mencionados, es importante hacer referencia a un acuerdo de coordinación del gobierno federal con el estado y municipios de Baja California Sur en el que se establece el compromiso compartido de desarrollar programas para el aprovechamiento sustentable de la Zona Federal Marítimo Terrestre (Guillén, 2003).

Podemos decir que la legislación mexicana, con sus leyes generales y específicas y respectivos reglamentos, ofrece las bases institucionales para abordar el manejo de las zonas costeras. Es importante mencionar que esta legislación ha sido concebida en buena parte desde la perspectiva de administración con una aplicación sectorial, dificultando una regulación integral. Reconociendo que es aún insuficiente e incompleta, hace falta una labor importante para que los tres órdenes de gobierno consoliden e integren esta legislación para conformar un marco jurídico adecuado. Prioritaria importancia tendría la inclusión de los humedales en esta legislación (Quijano y Rodríguez-Aragón, 2004; Saavedra, 2004).

### **2.3 UBICACIÓN GEOGRÁFICA**

En México existen 97 lagunas costeras ubicadas tanto en las costas del Golfo de México y del Caribe como en las costas del Pacífico (Álvarez y Gaitán, 1994). Una de las más importantes por su tamaño, importancia económica e importancia ecológica es el complejo lagunar Bahía Magdalena que está ubicado en el suroeste de la península de Baja California, en el Municipio de Comondú del estado de Baja California Sur (Fig. 2). Es un complejo lagunar integrado por Laguna Santo Domingo, Bahía Magdalena y Bahía Almejas (Fig. 3). Es un área donde se realiza una importante actividad pesquera y, en sus alrededores, de agricultura. El turismo representa una actividad cada vez más intensa, ligada principalmente al avistamiento de la ballena gris durante el periodo invernal.

Los humedales del complejo lagunar proporcionan habitats con una rica biodiversidad, favoreciendo en gran medida la presencia de aves tanto residentes como migratorias. Las zonas aledañas, que forman parte de la región Desierto de Sonora, presentan una gran riqueza de flora y fauna del desierto.

El complejo lagunar Bahía Magdalena se localiza en la costa occidental de la Península de Baja California entre  $24^{\circ} 17'$  y  $25^{\circ} 44' 30''$  N y  $111^{\circ} 21'$  y  $112^{\circ} 19'$  W. De acuerdo a Lankford (1977) está comprendido en la Región A, costa del Pacífico, desde frontera con Estados Unidos hasta Cabo San Lucas. Está constituido por tres sistemas lagunares que son Laguna Santo Domingo, Bahía Magdalena y Bahía Almejas. Cubre una superficie de  $2\,200\text{ km}^2$ , casi 30 % de ella conformada por humedales (Fig.1). El complejo lagunar tiene varias bocas de comunicación con el Océano Pacífico, con intercambio de aguas principalmente por medio de mareas, formando un sistema antiestuarínico (Álvarez, Galindo y Chee, 1975). El complejo lagunar está rodeado por una enorme planicie conocida como Llanos de Magdalena (Álvarez-Castañeda *et al.*, 1995); ésta presenta

algunos arroyos temporales que en épocas de fuertes lluvias pueden llegar a aportar agua al complejo lagunar.

### ***2.3.1 Laguna Santo Domingo***

Este sistema lagunar es limitado al norte por la Boca Santo Domingo y al sur por la Boca La Soledad, por las que hay intercambio de agua por el choque de mareas. Se comunica al norte con la Laguna Las Animas y al sur con la Bahía Magdalena. Tiene forma alargada paralela a la costa y separada del Océano Pacífico por la Isla de Santo Domingo, una barrera arenosa de 1 km de ancho en promedio. Posee una anchura promedio de 3 km y una longitud de 25 km. Es una laguna bastante somera con una profundidad máxima de 6 m. En ella desemboca el Arroyo Santo Domingo que con sus aportes de sedimentos en época de lluvias contribuye al azolve de la laguna. El tipo de sedimento varía de arenas medias y finas hasta arenas limosas y limos (Chávez y Sarracino, 1988).

### ***2.3.2 Bahía Magdalena***

Este sistema lagunar ocupa la parte central del complejo lagunar y es el que presenta la mayor superficie y profundidad, con una longitud total de 82 km. Limita al norte con la Boca La Soledad y al sur es delimitado por Punta Cisne y Punta Lengua, comunicándose al sur con Bahía Almejas por el Canal de la Gaviota. Es separada del Océano Pacífico por la isla Magdalena y la isla Santa Margarita. Tiene intercambio de agua con el Océano Pacífico por la Boca Magdalena entra las islas Magdalena y Santa Margarita. Presenta un canal principal que corre desde Boca Soledad hacia el sur paralelo a la costa. Su

profundidad aumenta paulatinamente hasta los 16 m. Otros elementos importantes en Bahía Magdalena son el Estero Banderitas, el Estero San Buto y el Estero el Chisquete con una longitud de 17, 8 y 6 km respectivamente. Presentan las mayores profundidades en las entradas de los esteros con 13, 11 y 5.5 m respectivamente. Los sedimentos de este ambiente van desde arenas medias a limo arenoso, con cambios de textura de acuerdo a la velocidad de las corrientes. Las arenas se localizan en los canales principales y el limo arenoso en zonas someras y restringidas (Chávez-López, 1993). En Bahía Magdalena se presentan las mayores profundidades, siendo navegable en su mayor parte. En la zona central, a partir de la isobata de 5.4 m, se forma una depresión que llega a los 43 m frente a la Boca Magdalena (DMA, 1980).

### ***2.3.3 Bahía Almejas***

Se comunica al norte con Bahía Magdalena por el Canal La Gaviota que tiene una profundidad máxima de 30 m (Álvarez, Galindo y Chee, 1976). Está separada del Océano Pacífico por la Isla Santa Margarita y al sur de ella por la isla Creciente. Se comunica con el Océano Pacífico por el Canal Rehusa y la Boca Flor de Malva. Este sistema lagunar tiene una longitud total de 44 km con varias zonas de bajos y esteros de poca profundidad a lo largo de ella. Continúa al sur de la Boca Flor de Malva en la Laguna Rancho Bueno que presenta profundidad menor a 1 m. Por la baja velocidad de las corrientes el tipo de sedimento es principalmente de arena muy fina a arena limosa.

## **2.4 CONDICIONES OCENOGRÁFICAS**

Las aguas frías de la Corriente de California penetran al complejo lagunar por efecto de las mareas. Estas aguas presentan surgencias en varias épocas del año que aumentan la productividad de la zona (Groves y Reid, 1958). Las mareas son mixtas semidiurnas con cambios cada 6 horas 12 minutos (Instituto de Geofísica, anual). La dinámica de intercambio de aguas con el Océano Pacífico se realiza a través de las diferentes bocas, pero el volumen de agua que entra y sale varía dependiendo de la anchura y profundidad de cada boca, con las velocidades más altas, de 1 a 2 nudos, registradas en la Boca Magdalena (Secretaría de Marina, 1978). La salinidad se incrementa dentro del complejo lagunar por la evaporación, descendiendo y fluyendo el agua hacia el Océano Pacífico (Álvarez, Galindo y Chee, 1976). La circulación de las corrientes dentro del complejo es de tipo neutra (Postma, 1969), contribuyendo a ella, aunque en menor escala que las mareas, los vientos dominantes del noroeste (Chávez y Sarracino, 1988). Las características del agua dependen de las mareas y del tiempo (diurno y estacional); la batimetría, la evaporación y el calentamiento desigual en el complejo lagunar también influyen en las características del agua. La temperatura es más elevada en el verano que en el invierno con un máximo de 27 °C y un mínimo de 19 °C respectivamente. Durante el otoño se presenta una alta actividad fotosintética que abate la concentración de nutrientes y causa una sobresaturación de oxígeno (Álvarez, Galindo y Chee, 1975). La concentración de clorofila 'a' presenta valores máximos durante el reflujos y mínimos durante el flujo, comportamiento típico en un sistema antiestuarínico; asimismo, considerándola como índice de biomasa de fitoplancton, caracteriza al sistema lagunar como de alta productividad orgánica primaria (Acosta y Lara, 1978).



## 2.5 CLIMA

El complejo lagunar tiene un clima muy seco con una precipitación anual menor a 100 mm y vientos constantes que soplan del noroeste. Presenta dos subtipos semicálidos: BWhs(x') desde la Laguna de Santo Domingo hasta la parte media de Bahía Magdalena, con lluvias en invierno, precipitación menor de 36 mm, temperatura media anual de 18-20 °C y déficit de precipitación medio anual de 1000-1200 mm; y BWhw(x') que abarca desde la parte media de Bahía Magdalena hasta Bahía Almejas, se presentan lluvias en el verano, temperatura media anual de 20-22 °C y un déficit de precipitación medio anual de 1000-1200 mm (SPP, 1981a). La presencia de ciclones y tormentas tropicales entre los meses de junio a octubre llegan a aportar una considerable cantidad de lluvia, superándose en ocasiones los valores medios anuales (Latorre y Penilla, 1988). Estos eventos, por ser aleatorios, influyen poco en la climatología de la zona (Salinas-Zavala *et al.*, 1990).

## 2.6 GEOLOGÍA

El sistema lagunar Bahía Magdalena se ubica en la provincia fisiográfica 1: Baja California, subprovincia 1e: Purísima-Iray, caracterizada por una planicie que se extiende desde la subprovincia Sierra de la Giganta hasta la costa del Pacífico, formando lo que se llama Llanos de Magdalena.

### **2.6.1 Suelo**

En la Carta Edafológica y de Uso de Suelo, La Paz, Escala 1: 1 000 000 (SPP, 1981b) se indican los siguientes suelos: yermosol, de color claro, con cristales de yeso o carbonatos, permeabilidad media en conglomerados y basaltos de edad Terciaria y Cuaternaria que afloran en la Cuenca Purísima. Iray-Magdalena; regosol, de color claro parecido a la roca que le dio origen, con características de suelos salinos sódicos y permeabilidad alta; solonchak, con alto contenido en sales solubles, presente en partes bajas de cuencas cerradas o en áreas de marismas, característico en zonas áridas y semiáridas.

### **2.6.2 Hidrografía**

De acuerdo a la Carta Hidrológica de Aguas Superficiales, La Paz, Escala 1: 1 000 000 (SPP, 1981c), se sitúa en la Región Hidrológica RH3, Cuenca B. Incluye una abundante red hidrográfica de tipo dendrítica, con arroyos de régimen intermitente que, al llegar a la planicie, se reducen por infiltración y evaporación. Solo unos cuantos arroyos intermitentes desembocan en el mar: Santo Domingo en la Zona Norte, Bramonas en la Zona Centro y Salado en la Zona Sur.

### **2.6.3 Geomorfología**

Los Llanos Magdalena son una planicie costera con pendiente suave hacia la costa. Tienen un relieve muy homogéneo con depresiones y lomeríos de hasta 10 m. Los procesos eólicos, fluviales y marinos han depositado gran cantidad de sedimentos formando islas de barrera paralelas a la costa y provocando una serie de cuerpos de agua marginales someros:

planicies de inundación, canales, pantanos de manglar, marismas, etc. (Chávez-López, 1993).

## 2.7 FLORA TERRESTRE

El área forma parte de la Región Fitogeográfica Desierto Sonorense, Subdivisión Magdalena, misma que abarca el tercio oriental de la península, en la vertiente con drenaje hacia el Océano Pacífico (Wiggins, 1980). Esta región posee especímenes de porte arbustivo raramente con más de 3.5 m de altura, dominando el lomboy blanco (*Jatropha cinerea*), la pitahaya agria (*Stenocereus gummosus*), el palo Adán (*Fouquieria peninsularis*) y la liga (*Euphorbia magdalenae*). En general, esta región se caracteriza por la presencia de cactus junto con muchos árboles pequeños, en equidad de dominancia (Daniel, 1997). En el área de estudio se presentan cinco unidades de vegetación: manglar, vegetación de dunas, matorral sarco-crasicaule de neblina, vegetación halófila y vegetación secundaria (Fig. 1).

El manglar consiste en una comunidad leñosa muy densa. Tres especies se encuentran en asociación: el mangle rojo (*Rhizophora mangle*), que es el dominante, el mangle negro (*Avicennia germinans*) y el mangle blanco (*Laguncularia racemosa*). *R. mangle* se desarrolla entre 1 y 1.5 m de profundidad, *L. racemosa* ocupa sitios menos profundos y *A. germinans* se desarrolla tierra más adentro. Los manglares del complejo lagunar son los más extensos en la península de Baja California (Enríquez-Andrade *et al.*, 1998).

La vegetación de dunas se localiza principalmente a lo largo de la costa con una composición florística variable. Es característica de la Isla Magdalena. Está representada principalmente por encelia (*Encelia farinosa*), alfombrilla (*Abronia marítima*), pasto salado (*Sporobolus virginicus*) y hielito (*Sesuvium portulacastrum*).

El matorral sarco-crasicaule de neblina se distribuye ampliamente en el área. Contiene especies carnosas, principalmente el cardón (*Pachycereus pringlei*), la pitahaya agria (*Stenocercus gummosus*) y la cholla (*Opuntia cholla*); y especies suculentas como el palo Adán (*Fouquieria peninsularis*), el lomboy blanco (*Jatropha cinerea*), la liga (*Euphorbia magdalanae*) y la candelilla (*Pedilanthus acuminatus*).

La vegetación halófila se ubica en áreas sujetas a inundaciones periódicas y que acumulan altas concentraciones de sales. La especie dominante, que prácticamente caracteriza a esta unidad, es la salicornia (*Salicornia sp.*) y la especie acompañante es la batis (*Batis maritima*).

La vegetación secundaria se ha establecido en zonas perturbadas, localizándose principalmente en la zona urbana del puerto y cerca de la central termoeléctrica; está representada principalmente por gramíneas como el zacate bufel (*Centrus ciliaris*) y el zacate salado (*Cynodon dactylon*).

Dentro del área de estudio existen dos especies endémicas, la liga (*E. magdalanae*) y la chirinola (*S. eruca*). La Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2001 clasifica a *S. eruca* como especie amenazada mientras que *Lophocereus schottii*, *L. racemosa*, *A. germinans* y *R. mangle* están sujetas a protección especial.

## 2.8 FAUNA TERRESTRE

Las aves constituyen por mucho el grupo de mayor riqueza con 44 especies, seguidas por mamíferos, reptiles y anfibios con 25, 23 y 3 especies, respectivamente. Según la Norma Oficial Mexicana dos de estas especies, el águila cabeza blanca (*Haliaeetus leucocephalus*) y el gorrión (*Carpodacus mexicanus*), son consideradas como en peligro de extinción. Once de las especies son endémicas. Algunas de las especies tienen potencial para convertirse en recursos con valor comercial; es el caso la liebre cola negra (*Lepus californicus*), la codorniz de California (*Callipepla californica*) y de algunas aves de ornato como el cardenal (*Cardinalis cardinalis*) (Pérez-Gil *et al.*, 1995). Otras especies, como el coyote (*Canis latrans*), el gato montés (*Lynx rufus*) y la tuza (*Thomomys umbrinus*), han sido tradicionalmente perseguidas por los lugareños por ser consideradas dañinas.

## 2.9 FLORA MARINA

Es sumamente escasa la información existente sobre la flora marina en Bahía Magdalena; sin embargo, pueden observarse en las partes más bajas del complejo lagunar extensas praderas de pastos marinos formadas por *Zostera marina* y por *Phyllospadix scouleri* (López-Mendilaharsu, 2002). Estas praderas tienen una gran importancia ecológica en el complejo lagunar ya que sirven como fuente de alimentación para tortugas marinas (*Caretta caretta*, *Chelonia mydas* y *Lepidochelys olivacea*) y de protección para varios crustáceos, moluscos y pequeños peces. Particular importancia tienen para la jaiba (*Callinectes bellicosus*), el camarón (*Penaeus californiensis*) y la almeja catarina

(*Argopecten ventricosus*) que representan una fuente importante de ingreso para los pescadores locales.

## 2.10 FAUNA MARINA

Los moluscos están ampliamente representados en las lagunas. Varios de ellos tienen importancia comercial como el abulón negro (*Haliotis cracherodii*), el abulón rosado (*H. corrugata*), el abulón verde (*H. fulgens*), la almeja catarina (*Argopecten ventricosus*) y el callo de hacha (*Pinna rugosa*) (Arizpe, 1992; Poutiers, 1995).

Dentro de los crustáceos destacan la langosta (*Panulirus interruptus*), la jaiba (*Callinectes bellicosus*), el camarón café (*Farfantepenaeus californiensis*) y el camarón azul (*Litopenaeus stylirostris*) (Casas y Ponce, 1996).

Entre los peces se encuentra una gran variedad de especies, muchas de ellas con valor comercial como la cabrilla (*Ephinephelus analogus*), el lenguado (*Paralichthys californicus*), el pargo (*Lutjanus argentiventris*), la lisa (*Mugil cephalus*) y la curvina (*Mentierirrhus undulatus*) (De la Cruz-Agüero *et al.*, 1994; Casas y Ponce, 1996).

En el complejo lagunar habita una gran variedad de aves, la tijereta (*Fregate magnificens*), la garza (*Egretta caerulea*), el águila pescadora (*Pandion haliaetus*) y el pelícano (*Pelecanus occidentalis*) entre otras, y es un lugar importante para aves migratorias como el ganso de collar (*Branta bernicla*), el pato buzo (*Phalacrocorax auritus*) y golondrinas marinas (*Sterna antillarum*, *S. fuscata crissalis*) (Castellanos *et al.*, 1999). Algunas de estas aves están en alguna de las categorías especificadas por la Norma Oficial Mexicana destacándose *S. antillarum* como especie en peligro de extinción.

Los reptiles están representados por varias tortugas marinas entre ellas la prieta (*Chelonia mydas agassizii*), la laúd (*Dermochelys coriacea*) y la caguama (*Caretta caretta*). A pesar de que las tortugas son especies protegidas, existe una frecuente captura fraudulenta de las mismas.

Los mamíferos marinos están representados por la ballena gris (*Eschrichtius robustus*), que emigra al complejo lagunar para dar a luz, por el lobo marino (*Zalophus californianus*) y el delfín nariz de botella (*Tursiops truncatus*) (Leatherwood *et al.*, 1988; Arriaga *et al.*, 2000).

## **2.11 ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS**

### ***2.11.1 Caracterización poblacional y servicios***

La población es escasa y se concentra principalmente en cuatro asentamientos urbanos con el mayor porcentaje, 56%, en Ciudad Constitución (INEGI, 2000a). En Puerto San Carlos, que es el poblado más importante a orillas del complejo lagunar, el 34.0 % de la población se ocupa en el sector primario: pesca, agricultura y ganadería, 27.4 % en el sector secundario, básicamente procesamiento de productos del mar, y el 38.6 % en el sector terciario: comercios, restaurantes y hoteles (Tabla 1).

En el complejo lagunar existen tres asentamientos humanos principales, Puerto San Carlos y Adolfo López Mateos, ubicados en la zona centro, y Santo Domingo, ubicado en la zona norte. Puerto San Carlos es el más poblado (Tabla 2), su población pasó de menos de cien en 1960 a la actual de alrededor de 4 000 habitantes gracias principalmente a la construcción de un puerto en el 1967 para facilitar la exportación de productos agrícolas.

Las condiciones de vida son muy semejantes en las tres poblaciones, con un 30 % de los habitantes provenientes de otros estados. Son escasas las presiones por demanda de viviendas, mismas que tienen un promedio de ocupación alrededor del 4 %. Los servicios de energía eléctrica y de agua son cubiertos en amplia medida (Tablas 3 y 4). El sistema de drenaje solo está desarrollado en Adolfo López Mateos, con un 86 % de cobertura, mientras que en los otros dos poblados cuentan con fosas sépticas.

Las poblaciones cuentan con un buen sistema de telefonía celular y de cable y cuentan también con oficinas postales. San Carlos y López Mateos poseen aeródromos y tienen buena comunicación por carretera. Hay presencia de unidades médicas en las tres poblaciones, sin embargo estas son insuficientes teniéndose que hacer uso del sistema de salud existente en la cabecera municipal, Ciudad Constitución, o en la capital del estado, La Paz. La tasa de analfabetismo es menor al 10 % (Tabla 5) siendo un poco mayor en Adolfo López Mateos y en Santo Domingo donde habitan comunidades de pescadores y jornaleros agrícolas (INEGI, 2000 a y b). El índice de pobreza del municipio de Comondú, en el que se ubica el complejo lagunar, es Bajo (-1.37) por lo que es considerado entre los municipios de mayor nivel de bienestar en México (CONAPO, 1995; INEGI, 2001).

### ***2.11.2 Actividades económicas***

Las comunidades del complejo lagunar están ubicadas dentro de las mas caras del país y donde el trabajo asalariado es mejor remunerado. Principalmente se realizan en la zona actividades de agricultura, pesca y ganadería; la pesca es la actividad mas importante para el complejo lagunar, agrupándose la mayoría de los pescadores en 16 cooperativas pesqueras que básicamente utilizan lanchas con motores fuera de borda para sus actividades



(Hastings y Fisher, 2001). La disminución en la actividad agrícola ha ocasionado una emigración de fuerza laboral hacia el complejo lagunar convirtiéndose en pescadores libres. Existen algunas procesadoras de productos pesqueros y se han establecido pequeñas actividades comerciales como hoteles, tiendas de servicios y restaurantes. Aproximadamente la mitad de la población es económicamente activa (INEGI, 2000a), la otra mitad está conformada por jubilados, estudiantes y mujeres que se dedican a labores domésticas; pocas son las mujeres que realizan una actividad económicamente remunerativa (Pearson, 2002).

El Puerto de San Carlos, además de su función inicial de favorecer la exportación de productos agrícolas, es sede de flotas pesqueras y de una planta empacadora de productos marinos. Una actividad importante es la generación de energía eléctrica por una planta termoeléctrica. Adolfo López Mateos también cuenta con una planta empacadora. El turismo se realiza principalmente durante el periodo diciembre-abril y está ligado básicamente al avistamiento de la ballena gris. En el periodo de verano se da un turismo en menor escala que se dedica a la pesca deportiva. El número de visitantes para el avistamiento de la ballena gris ha ido aumentando constantemente constituyéndose en una alternativa importante de ingresos para los pescadores que llevan en sus lanchas a los visitantes (Ávila, S. y L. Saad, 1998; Hastings y Fisher, 2001).

## **2.12 CONSIDERACIONES GENERALES**

El complejo lagunar Bahía Magdalena presenta características ecológicas muy importantes: posee zonas de surgencias que la hacen altamente productiva, emigran a ello

organismos para su reproducción, protección o alimentación, como es el caso de la ballena gris, diferentes especies de aves, camarones o de tortugas marinas. Un elemento importante es la existencia de amplios manglares que en sí mismos representan un sistema ecológico de gran trascendencia. La alta productividad del complejo lagunar genera pesquerías valiosas que sustentan en buena parte la actividad económica de la población tanto mediante la extracción de productos marinos como su procesamiento.

Complementaria a la actividad pesquera reviste de importancia cada vez mayor el turismo ligado al avistamiento de ballenas y, en menor escala, a la pesca deportiva causando un aumento en el tráfico marítimo y uso de la laguna. Hay que destacar que este tipo de turismo, comúnmente denominado como ecoturismo, puede convertirse en una fuente importante de trabajo y de ingreso de divisas, disminuyendo, asimismo, la presión sobre las actividades extractivas si es llevado a cabo con una planificación anticipada y ajustando sus acciones en el tiempo gracias a estrategias de manejo sustentable (Arizpe, 2004). Sin embargo, no todas las actividades se llevan a cabo con la misma intensidad en todo el complejo lagunar; podemos afirmar que en la zona central es donde son llevadas con mayor intensidad y, por lo tanto, es la que ha sido más afectada. La disminución en las pesquerías en esta zona ha obligado a los pescadores a desplazarse en mayor número a las otras zonas del complejo lagunar.

El relativo aislamiento del complejo lagunar, su gran extensión y un sistema administrativo insuficiente han contribuido a que su vigilancia haya sido precaria. Aunque haya una normatividad específica para la pesca, actividades turísticas, contaminación, uso de suelo, etc., esta no ha sido suficiente ni, en algunos casos, suficientemente aplicada. Las necesidades vitales de la población unidas a la demanda cada vez mayor de productos marinos, especialmente los de mayor valor económico, han hecho que algunas especies

hayan sido sobre explotadas y se encuentren actualmente en una condición comercial de prácticamente inviable; es el caso de la langosta, el callo de hacha, la madreperla. El uso de prácticas ilegales de pesca (uso de redes agalleras y de redes de arrastre, capturas fuera de las temporadas establecidas, no respeto a las tallas de captura permitidas, etc.) contribuyen a que mas especies vayan acercándose a ser también comercialmente inviables, tal es el caso de la almeja chocolata, el ostión y la jaiba.

Contribuyen al deterioro ecológico del sistema lagunar también el uso ilegal del mangle, el vertido en la laguna de desechos de las empacadoras y de los barcos pesqueros, de desechos orgánicos de los campos pesqueros y de basura de la misma población; unido a esto hay contaminación aérea y termal del agua causada por la termoeléctrica y la causada por las embarcaciones con motores fuera de borda. Al mismo tiempo, la flora y fauna circundante, en lo que son las Planicies de Magdalena, revisten también de gran importancia ecológica habiendo especies endémicas como la chirinola (*Stenocereus eruca*), la liga (*Euphorbia magdalенаe*), el buho (*Bubo virginianus*) o la liebre cola negra (*Lepus californicus*) que aparecen con algún estatus de protección. Como toda flora y fauna de este tipo son muy vulnerables a un uso sin regulación por lo que representantes de ONGs, expertos académicos y prestadores de servicios han manifestado la necesidad de que se le dé al área algún estatus de protección. Hay que recordar también que existen en la zona cuantiosos minerales de fosforita que podrían nuevamente ser objeto de explotación con el consiguiente impacto en el ambiente.

Aunque la importancia ecológica del complejo lagunar es evidente no existen a la fecha programas estatales o federales que regulen el ordenamiento ecológico del complejo lagunar ni de la zona que lo circunda. El aumento paulatino de la población y de actividades alternativas como lo es el turismo ecológico no hará mas que aumentar las

presiones ecológicas sobre el ecosistema. La legislación vigente y las características del complejo lagunar dan cabida a que pueda establecerse esta posible Área Natural Protegida (ANP). Sin embargo, hay que reconocer que varios factores dificultarían el proceso de reconocimiento de esta nueva ANP; entre ellos, es que existen ya varias áreas protegidas que sumadas ocupan aproximadamente el 46% de la superficie del estado por lo que hay grupos interesados como desarrolladores y comunidades locales que difícilmente apoyarían la formación de otra mas; ya hay actividades económicas en progreso en el Puerto de San Carlos que difícilmente podrían coartarse; el tamaño mismo del área considerada y su población tan dispersa dificulta establecer los contactos necesarios para que los habitantes puedan participar activamente en el proceso de elaboración de un documento que tienda al establecimiento de una ANP. Hay que reconocer también que el deterioro de las condiciones económicas en la región, el aumento poblacional y el mismo tiempo no juegan a favor de una nueva ANP. Por otro lado, tomando en cuenta que un manejo sustentable de la zona sería la manera apropiada para que los recursos puedan ser utilizados y preservados adecuadamente por los mismos habitantes, es necesario que las autoridades municipales, estatales y federales propongan un proyecto común que permita establecer la viabilidad de esta ANP.

Una aportación importante para el buen uso de este sistema lagunar es precisamente obtener índices adecuados para definir el correcto establecimiento de los sitios aptos para los diferentes tipos de cultivos acuícolas.

### **3. HIPÓTESIS**

La selección de sitios aptos para maricultivos, en función de las características socioeconómicas y ambientales precisas de un área determinada y estudiada a detalle, promoverá el desarrollo sustentable de su zona costera.

## **4. OBJETIVOS**

### ***4.1 Objetivo general***

Proponer estrategias de desarrollo sustentable para el complejo lagunar al través de la selección de sitios óptimos para el desarrollo de maricultivos en la misma.

### ***4.2 Objetivos específicos:***

Caracterizar física y biológicamente el área de estudio.

Identificar actividades de maricultivo posibles en el área.

Establecer una propuesta de sitios óptimos para el desarrollo de Maricultivos en Bahía Magdalena.

## **5. METODOLOGÍA**

Desde 2001 a 2003 se determinaron las principales características del área: clima, suelo, geología, orografía, morfología e hidrología. Después de analizar la bibliografía

respectiva y la serie de datos de las estaciones meteorológicas de la región así como de los mapas oficiales, se establecieron estadias de trabajo en el campo para corroborar la información recolectada.

Las características marinas y costeras, incluyendo los efectos de mareas, morfología de la zona costera, accesibilidad a las entradas de agua marina y tratamiento de aguas residuales y su eliminación, fueron obtenidas por medio del análisis de imágenes satelitales y estancias de trabajo en el campo.

Con el fin de manejar la información provista por las imágenes satelitales esta fue almacenada en un programa GIS ArcGis 8.3. Las imágenes satelitales fueron utilizadas para localizar con precisión las áreas potenciales para acuacultivos y para determinar la cobertura de vegetación, orografía, morfología e hidrología.

La disponibilidad de servicios para cada zona potencial de acuacultivo fue establecida mediante inspecciones en el campo que incluyeron factores como presencia de caminos (pavimentados o de terracería), electricidad, disponibilidad de conexión telefónica y de Internet, población humana y trabajadores potenciales.

Con el propósito de estimar la idoneidad de cada sitio potencial para el cultivo de camarón se empleó el índice modificado de Lagunas y Ortega (Lagunas, 2000):

$$SCS = \frac{VC+MWC+NMST+ST+OR+SS+SA}{100} \times 100 \dots (1)$$

15

Donde:

SCS = Idoneidad de cultivo de camarón

VC = Cobertura de vegetación

MWC = Circulación de agua marina

NMST = Número de meses con temperatura adecuada para cultivo de camarón

ST = Textura del suelo

OR = Orografía

SS = Salinidad del suelo

SA = Accesibilidad a servicios

El rango de valores empleado fue:

VC:

De 0 a 10 % cubierto por vegetación = 3

De 11 a 33 % cubierto por vegetación = 2

De 34 a 66 % cubierto por vegetación = 1

De 67 a 100 % cubierto por vegetación = 0

Si la vegetación es un manglar, los resultados numéricos son multiplicados por 0,10.

MWC:

Cuerpo de agua marina con baja circulación natural = 0

Cuerpo de agua marina con circulación normal = 1

Cuerpo de agua marina con circulación muy influenciada por el mar abierto = 2

NMST:

Menos de 5 meses con temperatura adecuada = 0

Menos de 6 a 8 meses con temperatura adecuada = 1

Mas de 9 meses con temperatura adecuada = 2

ST:

Arenoso = 1

Arenoso-limo-arcilloso = 2

Limo-arcilloso = 3

OR:

Con colinas y barreras = 0

Plano = 1

SS:

Suelo hipersalino = 2

Suelo no hipersalino = 1

SA:

Electricidad y teléfono = 1

Población humana cercana = 2

Camino de acceso = 3

Con el propósito de estimar la idoneidad de cada sitio potencial para el cultivo de almeja se empleó el índice modificado de Lagunas y Ortega (Lagunas, 2000):



$$CCS = \frac{ACS(0.1) + NMST(0.3) + AVD(0.15) + MCAS(0.15) + AAPD(0.3) + MSK(0.1)}{2.45} \times 100 \dots (2)$$

2.45

Donde:

CCS = Idoneidad para el cultivo de almeja

ACS = Accesibilidad

NMST = Número de meses con temperatura adecuada para cultivo de almeja

AVD = Profundidad promedio

MCAS = Velocidad promedio de la corriente marina

AAPD = Densidad anual promedio del fitoplancton

MSK = Tipo de substrato marino

El rango de valores empleado fue:

ACS:

Sitio sin caminos disponibles y sin conexión al mar = 0

Sitio solo con conexión al mar = 1

Sitio solo con caminos disponibles = 2

Sitio con caminos disponibles y sin conexión al mar = 3

NMST:

Menos de 5 meses con temperatura adecuada = 0

Entre 6 a 9 meses con temperatura adecuada = 1

Mas de 10 meses con temperatura adecuada = 2

AVD:

De a 1 a 5 m en promedio = 1

De a 6 a 10 m en promedio = 2

Mas de 10 m = 3

MCAS:

Promedio anual mayor que 31 m/s = 0

Promedio anual entre 21 y 30 m/s = 1

Promedio anual entre 11 y 20 m/s = 2

Promedio anual entre 1 y 10 m/s = 3

AAPD:

Turbidez del 67% al 100% = 0

Turbidez del 34 al 66% = 1

Turbidez del 11% al 33% = 2

Turbidez del 1% al 10% = 3

MSK:

Rocoso = 1

Limo-arcilloso = 1

Arenoso = 2

## 6. RESULTADOS

La temperatura promedio anual en la zona es de 20 °C con un máximo de 41 °C en julio-agosto y un mínimo de 4 °C en enero-febrero. La precipitación anual media es de 125 mm (Rueda-Fernández, 1983). En la estación cálida la temperatura del agua varía entre 23 y 28 °C mientras que en la estación fría varía entre 16 y 23.6 °C. La salinidad máxima, ubicada entre 37.3 y 39.2 ups, se encuentra en los canales del sistema lagunar, mientras que la mínima, de 34.0 a 34.5 ups, se registra en los canales que conectan el sistema al Océano Pacífico, caracterizándolo como antiestuarino (Álvarez *et al.*, 1975). Las mareas son mixtas semidiurnas. Los valores máximos y mínimos de oxígeno disuelto en la boca de Bahía Magdalena son de 6.85 y 3.68 mL/L respectivamente; la concentración de clorofila fluctúa entre 1.2 y 5.1 mg/m<sup>3</sup>; los fosfatos varían de 1.00 a 2.48 μM/L y la velocidad del agua es de 0.24 a 22.5 cm/s (Acosta y Lara, 1978).

Después de la revisión bibliográfica y el análisis de las imágenes satelitales fueron identificados seis lugares potenciales donde pueden realizarse actividades de cultivo de camarón con un menor impacto en el ambiente y con un mayor grado de éxito. Los sitios seleccionados son La Soledad, Islote San Gil, Punta Banderitas, Estero San Buto, Puerto Dátil y Rancho Bueno, tal como se señalan en la Figura 4.

Después de haber seleccionados estos seis sitios, se llevaron a cabo estancias de trabajo en el campo de aproximadamente una semana en cada uno de ellos. Posteriormente, después de analizar las características de cada sitio, incluyendo los aspectos específicos

ambientales y socioeconómicos considerados en la Ecuación 1 se obtuvieron los valores de SCS para cada sitio (Tabla 6), determinándose que el sitio mas adecuado para desarrollar cultivos de camarón es Puerto Dátil (Fig. 4) con un SCS de 93, bastante mayor al siguiente sitio, Punta Banderitas, que obtuvo un SCS de 73.

Con respecto al cultivo de almeja fueron seleccionados siete sitios potenciales: Santo Domingo, Adolfo López Mateos, Estero San Buto, Estero Chisguete, Punta Cayuco, Puerto Chale y Rancho Bueno tal como se señalan en la Figura 5.

Después de haber seleccionado los siete sitios se realizaron estancias de trabajo en el campo de aproximadamente una semana en cada uno de ellos. A continuación, después de analizar las características de cada sitio, incluyendo los aspectos específicos ambientales y socioeconómicos considerados en la Ecuación 2 se obtuvieron los valores de CCS para cada sitio (Tabla 7), determinándose que el sitio que ofrece las mejores condiciones en términos globales para desarrollar cultivos de almeja es el Estero San Buto (Fig. 5), con un valor de CCS de 90, bastante por encima del siguiente sitio mas adecuado que fue el Estero Chisguete, con un CCS de 73.

## **7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

De acuerdo con las características de Puerto Dátil se recomienda que las especies a cultivar sean el Camarón Café (*Farfantepenaeus californiensis*) y el Camarón Blanco (*Litopenaeus vannamei*). Es aconsejable desarrollar un bicultivo separando las especies estacionalmente tomando en cuenta el comportamiento ecológico de cada especie: de mayo

a octubre se podría cultivar el camarón blanco, mas aún a temperaturas mas elevadas, y de noviembre a abril el camarón café, que se desarrolla adecuadamente a temperaturas mas bajas.

Se recomienda también, de acuerdo con las características fisiográficas y de suelo del lugar, y con el fin de evitar impactos ambientales en la zona costera, el uso de estanques supralitorales con una superficie máxima de 150 ha. Para disminuir la contaminación orgánica por efecto de la alimentación de camarones tanto en el cuerpo de agua donde se llevaría a cabo el cultivo como en las descargas a la bahía, se recomienda el uso de charolas móviles. Se considera que el cultivo puede realizarse empleando aproximadamente 14 personas contratadas en Puerto Adolfo López Mateos, constituyéndose así en una deseable fuente de trabajo con mayor aceptación en la comunidad.

De acuerdo a nuestras estimaciones, la producción total de las 150 ha sería de 225 t por cosecha.

De acuerdo con las características de Estero San Buto se recomienda que las especies a cultivar sean la Almeja Catarina (*Argopecten ventricosus*), la Mano de León (*Nodipecten subnodosus*), el Callo de Hacha (*Atrina maura*) y la Chocolate (*Megapitaria squalida*). Las especies antes mencionadas son locales por lo que se recomienda realizar un policultivo con ellas para aprovechar integralmente el área (Fig. 6). Asimismo, con el fin de evitar contaminación del sitio por el exceso de detritus proveniente estos organismos filtradores, se sugiere que los cultivos no sean intensivos. En el Estero de San Buto aproximadamente 150 ha son las más adecuadas para llevar a cabo los cultivos siendo también posible emplear personal cercano al sitio, principalmente de Puerto San Carlos, para laborar en ellos. Se estima una producción anual de 2 312 t para todas las especies.

Es posible seleccionar áreas adecuadas para el desarrollo de una actividad específica productiva, independientemente del tamaño de las áreas, cuando estas sean analizadas mediante Sistemas de Información Geográfica y métodos de planeación ecológica. Los trabajos de campo para analizar los sitios preseleccionados son indispensables para valorar la idoneidad de cada sitio. Siguiendo la metodología empleada en este trabajo y utilizando sencillos pero muy útiles índices, se puede categorizar con precisión la idoneidad de los sitios, incluyendo como disminuir el impacto ambiental y obtener el máximo provecho de la actividad.

Esta metodología puede ser utilizada también para seleccionar sitios idóneos para actividades de producción de otras especies marinas en la zona costera.

Por otro lado, y tomando en cuenta el panorama general del área estudiada, consideramos importante llevar a cabo un estudio de determinación de uso del suelo en esta región, esto a través de la sistematización de la información, monitoreo y actualización de las bases de datos correspondientes, a fin de armonizar el crecimiento social y económico con el restablecimiento de la calidad del ambiente, promoviendo la conservación y el aprovechamiento de los recursos naturales y estimulando la distribución racional de las actividades productivas con un enfoque de desarrollo sustentable.

De esta manera, los productos de ese trabajo podrán considerarse como una herramienta muy importante en el proceso de la toma de decisiones para la identificación de los sitios que son propicios para el desarrollo de las actividades productivas y de conservación con el propósito del aprovechamiento de los recursos naturales en el complejo lagunar, de tal manera que pueda ser considerado, en un futuro, como ejemplo de opción de desarrollo sustentable.

La cantidad de estudios llevados a cabo recientemente sobre temas de planificación ambiental y ordenamiento territorial ha sido muy considerable. En México dichos trabajos se han realizado bajo perspectivas, enfoque y aspectos muy diferentes, pero siempre teniendo como marco las bases jurídicas y legales de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente aprobada en 1989 y que sustentan la planificación del uso del suelo que se hace dentro del Manual de Procedimientos para estudios de Ordenamiento Ecológico elaborado en 1984 por la extinta Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología.

Este complejo, a pesar de su importancia tanto económica como ecológica, no tiene un plan de manejo sustentable que permita un desarrollo racional del mismo tal como es propuesto e impulsado en todo México por el Plan Nacional de Desarrollo 2001-2006 (Anónimo, 2001) y en el estado de Baja California sur por el Plan Estatal de Desarrollo 1999-2005 (Anónimo, 1999). Actividades como el turismo, la acuicultura y la agricultura representan un gran potencial de crecimiento y pueden afectar negativamente la ecología del lugar, por lo que es imprescindible plantear un desarrollo integrado del área.

Una mención especial habría que hacer de la actividad turística, básicamente el llamado ecoturismo, mismo se ha incrementado paulatinamente en el área en los últimos años, convirtiéndose en una fuente de ingresos cada vez más importante para los habitantes de Puerto San Carlos y de Puerto Adolfo López Mateos. Hay varias cooperativas, con un número variable de pangas, que se dedican a llevar turistas a ver ballenas. En Adolfo López Mateos, a pesar de ser un poblado más pequeño, se puede notar una organización más adecuada para dar un mejor servicio que en San Carlos.

Por la importancia de esta actividad, mediante entrevistas personales, se ha realizado una investigación preliminar en San Carlos sobre la percepción que se tiene sobre ella. Las entrevistas fueron realizadas a pescadores, autoridades del gobierno, operadores turísticos, cooperativistas y turistas arrojando una información preliminar muy interesante.

Los turistas entrevistados coincidieron en que la experiencia de observación de ballenas era muy interesante y que probablemente vendrían para ello una segunda vez; sin embargo, consideraban la infraestructura general del pueblo y condiciones del mismo como poco adecuados: falta de señalización clara de cómo obtener el servicio de pangas, basura acumulada en las calles, guías con insuficiente conocimiento del inglés, pangas poco cómodas. Por otro lado, hubo acuerdo en que el costo del servicio era aceptable. Varios manifestaron su interés en conocer más de otros aspectos culturales de la zona y de poder tener la oportunidad de aprovechar su visita con otras actividades relacionadas a la naturaleza: visitas guiadas para conocer flora y fauna terrestres, involucrarse en actividades de conservación de tortugas marinas, visitas a loberas, visitas a zonas de anidamiento de aves y buceo.

Por parte de los habitantes se manifestaron sentimientos encontrados con respecto a esta actividad; si bien por un lado se acepta que económicamente es importante, por otro lado se le ve como una amenaza para el desarrollo de sus actividades tradicionales de pesca; se piensa que cada vez más se va a restringir la pesca para favorecer el avistamiento de ballenas. También se manifestó que la presencia cada vez mayor de turistas, tantos extranjeros como nacionales, constituye una amenaza potencial a lo que son las tradiciones culturales del pueblo. Asimismo, se manifestó que el hecho mismo de que haya más lanchas en busca de las ballenas puede causar efectos negativos sobre las mismas, desde lastimarlas accidentalmente hasta molestarlas por el ruido de los motores o la cercanía de



las lanchas. Además había consenso en que se podría dar un mejor servicio a los turistas pero no había claridad de cómo hacerlo y de quién debería de ser la responsabilidad de organizar a los prestadores de servicio para lograr estas mejoras, si los mismos prestadores o el gobierno estatal. Por la importancia que puede tener esta actividad de ecoturismo en la zona en el corto plazo sería pertinente realizar un estudio mas a fondo sobre ello lo antes posible.

## **8. BIBLIOGRAFÍA**

Acosta, M. y R. Lara, 1978. Resultados físico-químicos en un estudio de variación diurna en el área central de Bahía Magdalena, BCS. *Ciencias Marinas* 5 (1): 37-46.

Álvarez, A. y J. Gaitán, 1994. Geología. 13-74. En: De la Lanza, G. y C. Cáceres (Eds.), *Lagunas Costera y el Litoral Mexicano*. Universidad Autónoma de Baja California Sur. La Paz, México.

Álvarez, S., A. Galindo y A. Chee, 1975. Características hidroquímicas de Bahía Magdalena, B. C. S. *Ciencias Marinas* 2 (2): 94-110.

Álvarez-Castañeda, S. T., C. A. Salinas-Zavala y F. de LaChica, 1995. Análisis Biogeográfico del Noroeste de México con énfasis en la variación climática y mastozoológica. *Acta Zool. Mex.* 66: 59-86.

Anónimo, 1917. Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.

<http://constitucion.presidencia.gob.mx/>. Marzo 2004.

Anónimo, 1988. Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección del Ambiente.

<http://info4.juridicas.unam.mx/ijure/fed/155/default.htm?s>. Marzo 2004.

Anónimo, 1991. Ley de Equilibrio Ecológico y Protección del Ambiente de Baja California Sur. Gobierno de Baja California Sur, México.

<http://info4.juridicas.unam.mx/adprojus/leg/4/60/default.htm?s> = Marzo 2004

Anónimo, 1992. Ley de Pesca. <http://www.cddhcu.gob.mx/leyinfo/pdf/58.pdf>. Marzo 2004.

Anónimo, 1999. Plan Estatal de Desarrollo 1999-2005.

[http://www.gbcs.gob.mx/informacion/elementos/pdfs/planestatal/plan\\_desarrollo.pdf](http://www.gbcs.gob.mx/informacion/elementos/pdfs/planestatal/plan_desarrollo.pdf).

Marzo 2004.

Anónimo, 2001. Plan Nacional de Desarrollo 2001-2006. <http://pnd.presidencia.gob.mx/>

Marzo 2004.

Anónimo, 2007. Convención de Ramsar sobre los Humedales.

<http://www.ramsar.org/indexsp.htm> Enero 2007.

Arizpe, O., 1992. Los Moluscos y su Importancia Comercial en el Pacífico Mexicano. Libros Universitarios. Universidad Autónoma de Baja California Sur. La Paz, BCS, México. 219 pp.

Arizpe, O. 2004. El turismo como alternativa a la pesca en el manejo de un arrecife coralino. Caso Cabo Pulmo, Golfo de California. En: Rivera, E., G. J. Villalobos, I. Azuz y F. Rosado (Eds.). El Manejo Costero en México. Universidad Autónoma de Campeche, SEMARNAT, CETYS-Universidad, Universidad de Quintana Roo> México. XVIII + 654pp.

Arriaga, L. V. Aguilar, J. Alcocer, R. Jiménez, E. Muñoz y E. Vázquez, 2000. Regiones Hidrológicas Prioritarias. CONABIO. México, D.F., México.

Ávila, S. y L. Saad, 1998. Valuación de la ballena gris (*Escherichtius robustus*) y la ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*) en México. 123-143. En: Benítez, H., E. Vega, A. Peña y S. Ávila (Eds.). Aspectos económicos sobre la biodiversidad de México. CONABIO-INE, México, D.F., México.

Azuz, I. y E. Rivera, 2007. Estimación del crecimiento poblacional para los estados costeros de México. Papeles de Población 51: 187-211.

Casas, M. y G. Ponce (Eds.), 1996. Estudio del Potencial Pesquero y Acuícola de Baja California Sur. Vol. I y II. CIBNOR. La Paz, BCS, México. 693 pp.

Castellanos, V. A., E. R. Rodríguez y P. J. Guzmán, 1999. Bahía Magdalena-Almejas. En: Del Coro, A. M. y V. L. Márquez (Eds.). Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves en México. CONABIO. México, D. F., México. 183 pp.

Cicin-Sain, B. y R. W. Knecht, 1998. Integrated Coastal and Ocean Management. Island Press. Washington, D.C., USA. XXVI+517 pp.

Clark, J. R., 1996. Coastal zone management handbook. Lewis Publishers.  
694 pp.

CONAPO, 1995. Índice de Marginación por Localidad. Consejo Nacional de Población. México.

Chávez-López, S., 1993. Inventario de los cuerpos costeros que integran el complejo lagunar de Santo Domingo-Magdalenalmejas, BCS, México. CIBNOR, S.C. Inf. Téc.  
135 pp.

Chávez, S. y D. Sarracino, 1988. Estudio sedimentológico y morfológico de la Laguna Santo Domingo, Baja California Sur, México. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Baja California Sur. La Paz, Baja California Sur, México.

Daniel, F. T., 1997. The Acanthaceae of California and Peninsula of Baja. Proc. Cal. Acad. Sci. 49 (10): 309-403.

De la Cruz-Agüero, J., F. Galván-Magaña, L. A. Abitia Cárdenas, J. Rodríguez\_Romero y F. J. Gutiérrez-Sánchez, 1994. Lista sistemática de los peces marinos de Bahía Magdalena, Baja California Sur (México). *Ciencias Marinas* 20(1): 17-31.

Defense Mapping Agency, 1980. Carta de Navegación Bahía de Magdalena, 21121. Esc.1: 72 270. Washington, D.C.

Enríquez-Andrade, R., G. Danemann, S. Ramírez y E. Lozano, 1998. Acciones prioritarias de conservación y de uso sostenible de los recursos marinos y costeros de Bahía Magdalena, BCS, México. PRONATURA, Ensenada, México. Documento Interno.

Flores, A. y J. Euán, 2004. La acuacultura en el marco del manejo integral de la zona costera: reflexiones generales. En: Rivera, E., G. J. Villalobos, I. Azuz y F. Rosado (Eds.). *El Manejo Costero en México*. Universidad Autónoma de Campeche, SEMARNAT, CETYS-Universidad, Universidad de Quintana Roo> México. XVIII + 654pp.

FUNDEA, NIPARAJÁ y UABCS, 1998. Diagnóstico Ambiental de Baja California Sur. Universidad Autónoma de Baja California Sur. La Paz, BCS, México. XII + 443 pp.

Groves, G. W. y J. L. Reid, 1958. Estudios oceanográficos sobre las aguas de Baja California. 89-121. Mem. I Congr. Hist. Regional. Mexicali, México.

Guillén, A., 2003. Análisis de la Normatividad para el Manejo de la Zona Costera del Golfo de California. Tesis Doctoral. Universidad Autónoma de Baja California Sur. La Paz, México. 213 pp.

Hastings, M. y D. Fisher, 2001. Management priorities for Magdalena Bay, Baja California, Mexico. *J. Coastal Conserv.* 7: 193-202.

INEGI, 2000a. Anuario Estadístico del Estado de Baja California Sur. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. México.

INEGI, 2000b. Cuaderno Estadístico Municipal de Comondú, BCS. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. México.

INEGI, 2001. Indicadores de Empleo y Desempleo. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. México.

INEGI, 2005. II Censo de Población y Vivienda. <http://www.inegi.gob.mx/est/contenidos/espanol/proyectos/conteos/conteo2005/default.asp?c=6224>

INEGI, 2005. Información Estadística. <http://www.inegi.gob.mx/est/default.aspx?c=119>

INEGI, 2007. [www.inegi.gob.mx/inegi/img/imgmapdig](http://www.inegi.gob.mx/inegi/img/imgmapdig) - 8k

Instituto de Geofísica, anual. Calendario de Mareas, San Carlos, BCS. Instituto de Geofísica, UNAM. México.

Kay, R. y J. Alder, 1999. Coastal planning and management. E & FN Spon. Londres, Inglaterra. XXI+375.

Lagunas, M., 2000. Identificación del uso potencial de áreas costeras en B. C. S., para desarrollar la acuicultura del camarón con base en las condiciones del ambiente natural. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Baja California Sur. México.

Lankford, R.R.. 1977. Coastal Lagoons of Mexico. Their origin and classification. 182-215. En: Wiley, M. (Ed.). Estuarine Processes. Academic Press Inc., New York.

Latorre, D. y C. Penilla, 1988. Influencia de los ciclones en la precipitación de Baja California Sur. Rev. Atmósfera 1: 99-112.

Leatherwood, S., R. R. Reeves, W. F. Perrin y W. E. Evans, 1988. Ballenas, Delfines y Marsopas del Pacífico Nororiental y de las Aguas Árticas Adyacentes: Una Guía para su Identificación. Comisión Interamericana del Atún Tropical. Informe Especial No. 6. 245 pp.

López-Mendilaharsu, M. M. 2002. Ecología alimenticia de *Chelonia mydas agassizii* en Bahía Magdalena, B. C. S., México. Tesis de Maestría CIBNOR. 93 pp.

Pearson, K., 2002. Gender and Coastal Resource Management in Magdalena Bay, Baja California Sur, México. *Intercoast* 41:14-15,37.

PED, 1999. Plan Estatal de Desarrollo 1999-2005. Gobierno del Estado de Baja California Sur. La Paz, BCS, México.

Pérez-Gil, S., F. M. Jaramillo, A. M. Muñiz y M. G. Torres, 1995. Importancia Económica de los Vertebrados Silvestres de México. CONABIO, México, D. F., México. 170 pp.

Postma, H., 1969. Chemistry of coastal lagoons. 421-430. En: Ayala, A. y F. B. Phleger (Eds.) *Lagunas Costeras. Un Simposio. Mem. Simp. Intern. Lag. Cost. UNAM-UNESCO.*

Poutiers, J. M., 1995. Bivalvos, Gasterópodos (Acephala, Lamellibranchia, Pelecypoda). En: Fisher, W., F. Krupp, W. Schneider, C. Sommer, K. E. Carpenter y V. H. Niem (Eds.) *Guía FAO para la Identificación de Especies para los Fines de Pesca: Pacífico Centro-Oriental. Vol. I.* FAO, Roma. 83-304 pp.

PRESIDENCIA DE LA REPÚBLICA, 2005. Quinto Informe de Gobierno, 2005. México, D. F. México.

PROFEPA, 2007: <http://www.profepa.gob.mx/profepa>

Quijano, M. y B. Rodríguez-Aragón, 2004. El Marco legal de la zona costera. En: Rivera, E., G. J. Villalobos, I. Azuz y F. Rosado (Eds.). *El Manejo Costero en México.* Universidad



Autónoma de Campeche, SEMARNAT, CETYS-Universidad, Universidad de Quintana Roo> México. XVIII + 654pp.

Rivera-Arriaga, E. y G. Villalobos, 2001. The coast of Mexico: approaches for its management. *Ocean and Coastal Management* 44:729-756.

Rueda-Fernández, S., 1983. La precipitación como indicador de la variación climática de la península de Baja California y su relación dendrocronológica. Tesis de Maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. México.

Saavedra, T., 2004. Estado de derecho de la zona costera en México. En: Rivera, E., G. J. Villalobos, I. Azuz y F. Rosado (Eds.). *El Manejo Costero en México*. Universidad Autónoma de Campeche, SEMARNAT, CETYS-Universidad, Universidad de Quintana Roo. México. XVIII + 654pp.

Salinas-Zavala, C. A., A. Leyva-Contreras, D. Lluch-Belda y E. Díaz-Rivera, 1990. Distribuciones geográficas y variabilidad climática de los regímenes pluviométricos en Baja California Sur, México. *Rev. Atmósfera* 3(3): 217-237.

Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 2006. Transporte.  
<http://www.sct.gob.mx/index.php?id=35>

Secretaría de Marina, 1978. Derrotero de las Costas sobre el Océano Pacífico de México, América Central y Colombia. Dirección General de Oceanografía y Señalamiento Marino. México. Pub. S. M. 102. 349 pp.

Sorensen, J. C., S. T. McCreary y A. Brandani, 1992. Costas. Centro de Recursos Costeros, Universidad de Rhode Island. 185 pp.

SPP, 1981a. Carta de Climas. La Paz. Escala 1: 1 000 000. Secretaría de Programación y Presupuesto, México.

SPP, 1981b. Carta Hidrológica de Aguas Superficiales, La Paz, Escala 1: 1 000 000. Secretaría de Programación y Presupuesto, México.

SPP, 1981c. Carta Edafológica y de Uso de Suelo, La Paz, Escala 1: 1 000 000. Secretaría de Programación y Presupuesto, México.

Wiggins, I., 1980. Flora of Baja California. Stanford University Press. Stanford, California, USA. 1025 pp.

## 9. ANEXOS

### 9.1 ANEXO I. FIGURAS Y TABLAS

Figura 1. Longitud de costa de los estados costeros mexicanos.

Figura 2. Localización del Complejo Lagunar Bahía Magdalena.

Figura 3. Complejo Lagunar Bahía Magdalena.

Figura 4. Ubicación de los seis sitios seleccionados para el cultivo de camarón.

Figura 5. Ubicación de los siete sitios seleccionados para el cultivo de almejas.

Figura 6. Policultivo recomendado.

Tabla 1. Población ocupada por sector de actividad en el área de estudio (%).

Tabla 2. Crecimiento poblacional.

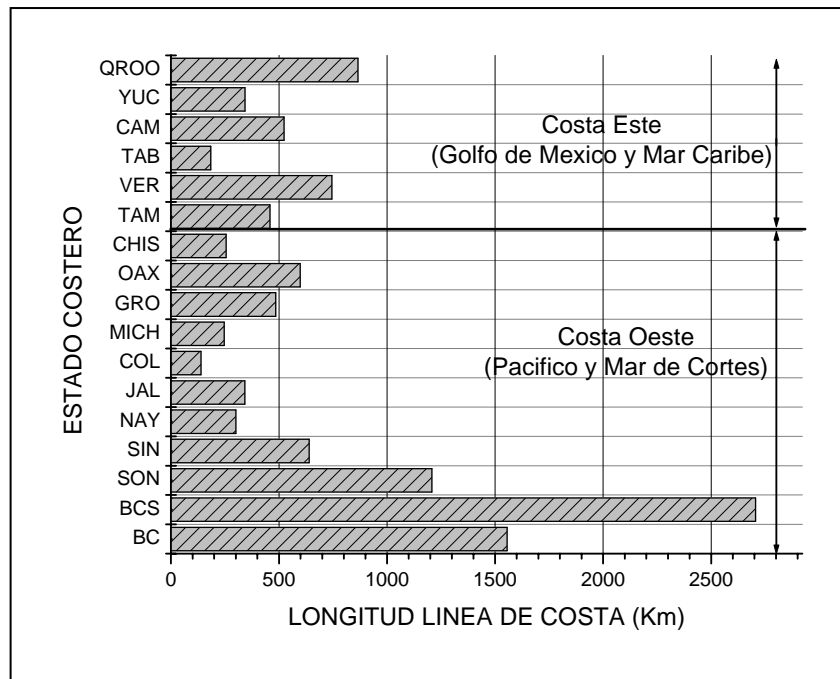
Tabla 3. Disposición de energía eléctrica (viviendas).

Tabla 4. Disposición de agua entubada (viviendas).

Tabla 5. Composición de la población por grado de alfabetización.

Tabla 6. Principales características y valores de SCS obtenidos para cada sitio seleccionado para el cultivo de camarón.

Tabla 7. Principales características y valores de SCS obtenidos para cada sitio seleccionado para el cultivo de almeja.



**Figura 1. Longitud de costa de los estados costeros mexicanos**

**(Fuente: Azuz *et al.* 2007, a partir de datos de INEGI, 2005).**



**Figura 2. Localización del Complejo Lagunar Bahía Magdalena.**

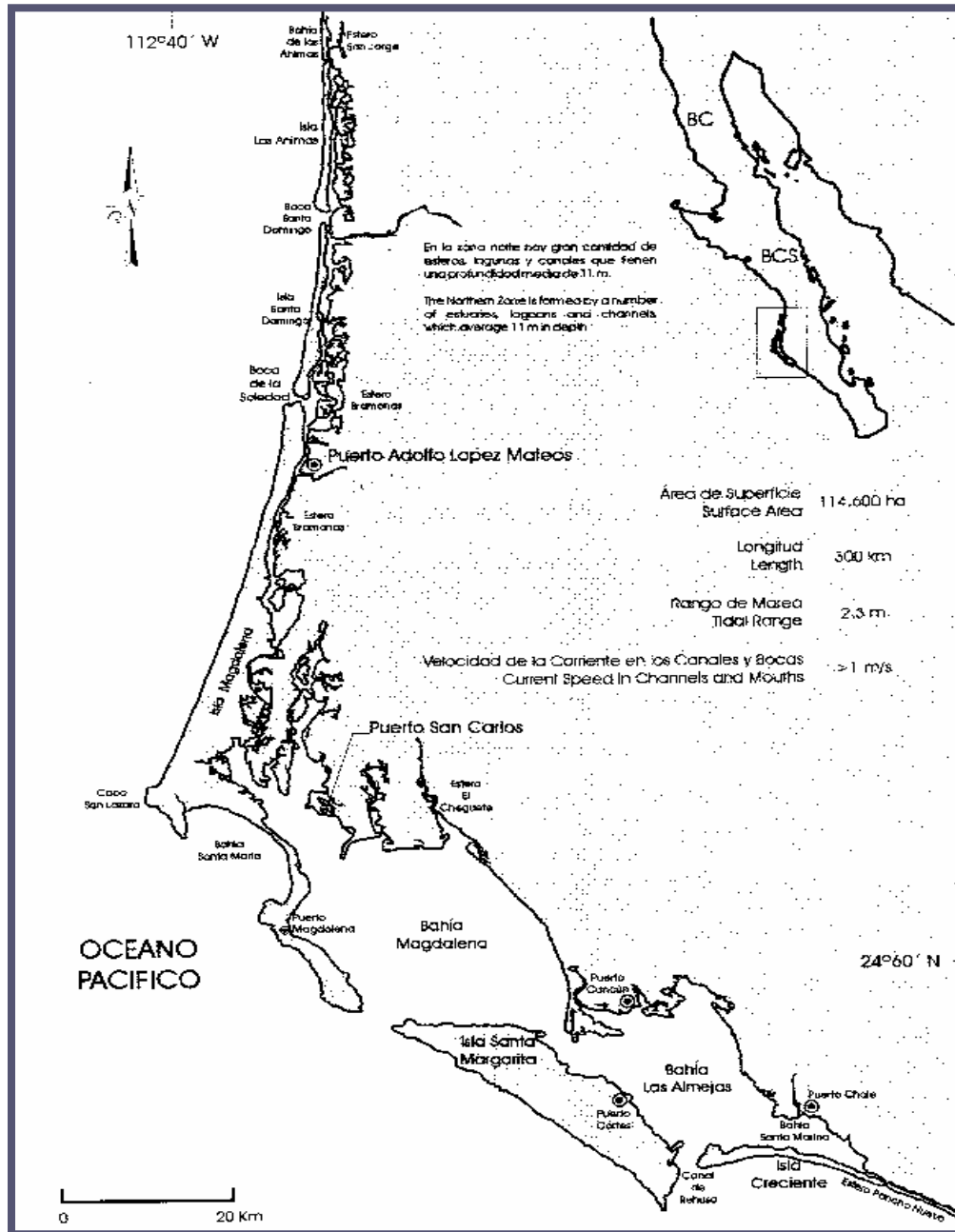
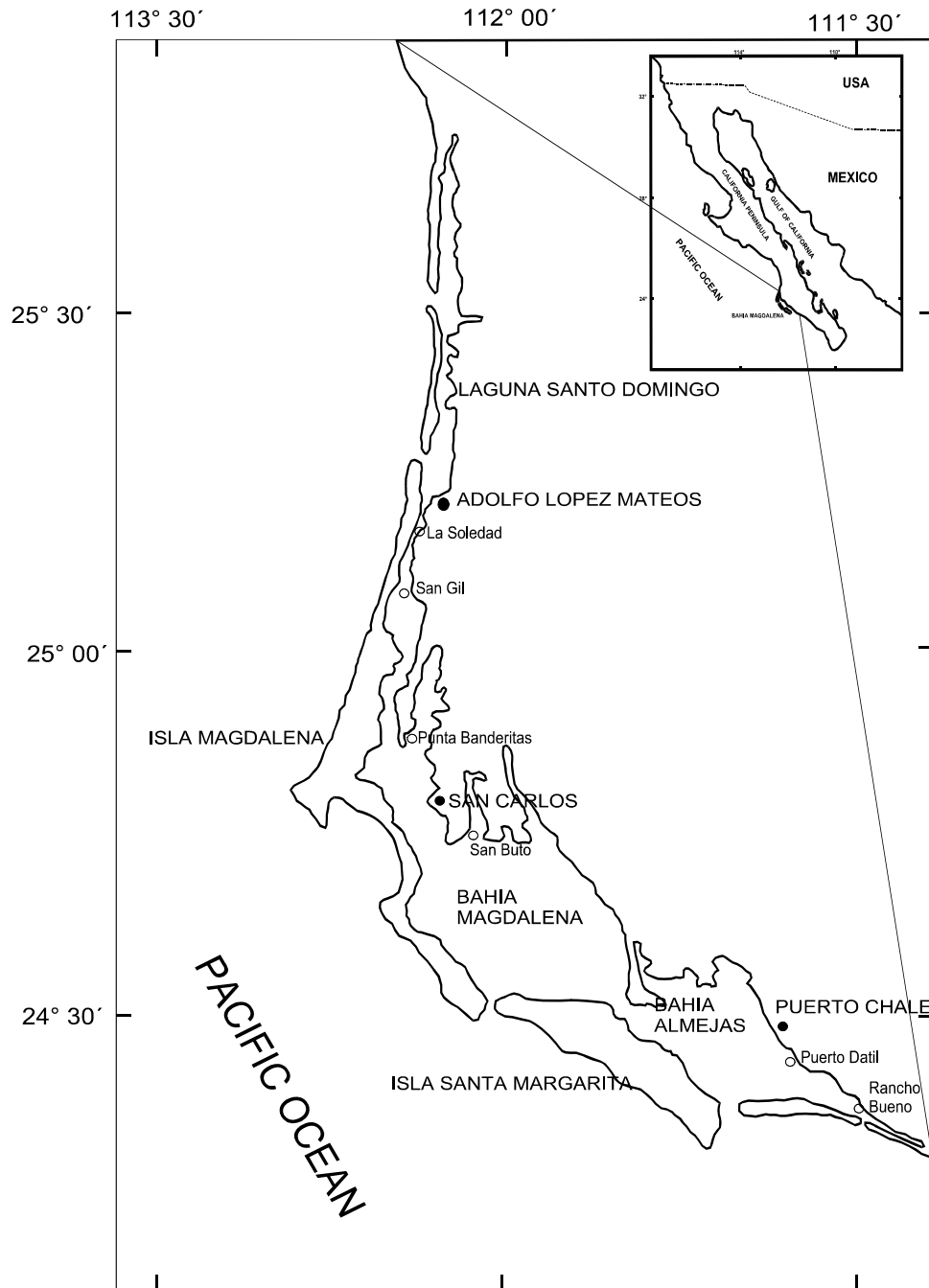


Figura 3. Complejo Lagunar Bahía Magdalena.



**Figura 4. Ubicación de los seis sitios seleccionados para el cultivo de camarón.**

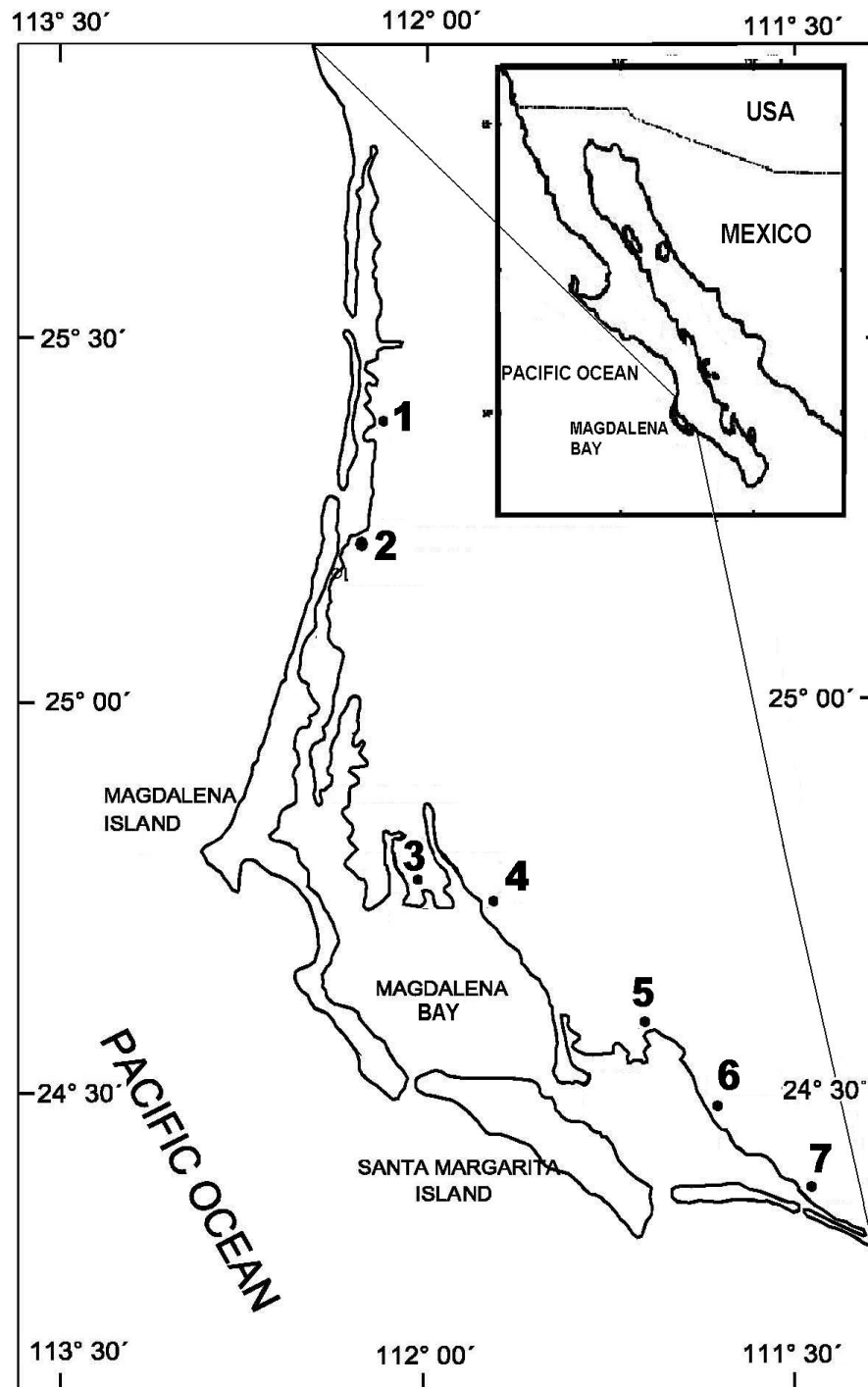
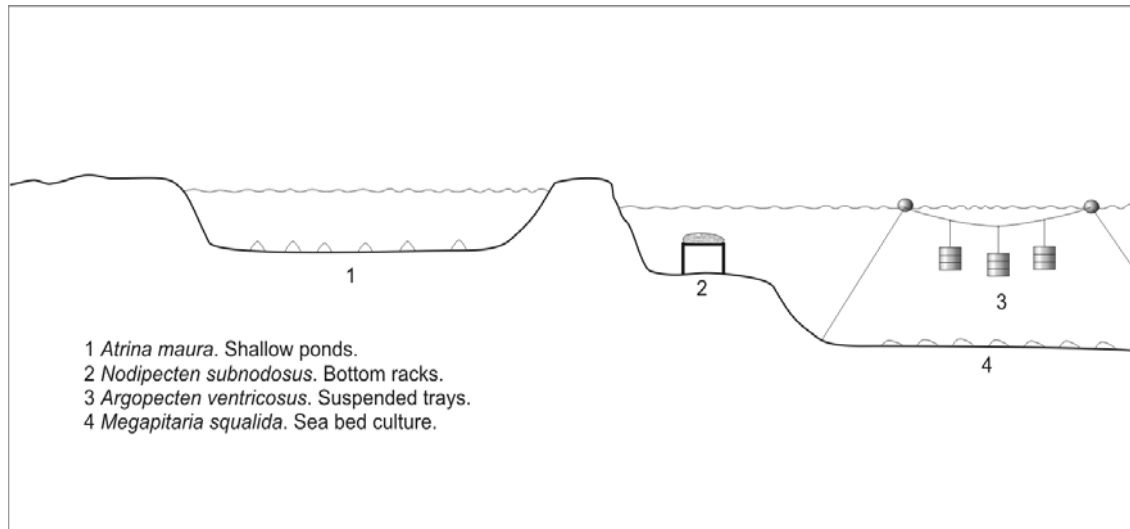


Figura 5. Ubicación de los siete sitios seleccionados para el cultivo de almejas.





**Figura 6. Policultivo recomendado.**

**Tabla 1. Población ocupada por sector de actividad en el área de estudio (%).**

|                        | Primario | Secundario | Terciario | Total |
|------------------------|----------|------------|-----------|-------|
| <b>Pto. San Carlos</b> | 34,0     | 27,4       | 38,6      | 100   |
| <b>A. López Mateos</b> | 45,1     | 36,0       | 18,9      | 100   |
| <b>Santo Domingo</b>   | 81,0     | 4,2        | 14,8      | 100   |

Fuente: Anuario Estadístico del Estado de BCS, INEGI, 2000.

**Tabla 2. Crecimiento poblacional.**

| Localidad              | 1960 | 1980  | 1990  | 1995  | 2000  |
|------------------------|------|-------|-------|-------|-------|
| <b>Pto. San Carlos</b> | 78   | 1 597 | 3 123 | 3 644 | 3 990 |
| <b>A. López Mateos</b> | 254  | 2 266 | 2 389 | 2 391 | 2 309 |
| <b>Santo Domingo</b>   | 453  | 626   | 689   | 700   | 722   |

Fuente: INEGI, Censos de Población y Vivienda, 1960-2000.

**Tabla 3. Disposición de energía eléctrica (viviendas).**

| <b>Localidad</b>       |                              | <b>1990</b>               | <b>1995</b>                  |                           |
|------------------------|------------------------------|---------------------------|------------------------------|---------------------------|
|                        | <b>Energía<br/>Eléctrica</b> | <b>% de<br/>Cobertura</b> | <b>Energía<br/>Eléctrica</b> | <b>% de<br/>Cobertura</b> |
| <b>Pto. San Carlos</b> | 588                          | 89,7                      | 818                          | 96,7                      |
| <b>A. López Mateos</b> | 493                          | 97,0                      | 543                          | 98,9                      |
| <b>Santo Domingo</b>   | 129                          | 94,1                      | 160                          | 98,1                      |

Fuente: Elaborado con datos del Censo de 1990 y Conteo 95. INEGI.

**Tabla 4. Disposición de agua entubada (viviendas).**

|                        |                          | <b>1990</b>               | <b>1995</b>              |                           |
|------------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------------|
| <b>Localidad</b>       | <b>Agua<br/>Entubada</b> | <b>% de<br/>Cobertura</b> | <b>Agua<br/>Entubada</b> | <b>% de<br/>Cobertura</b> |
| <b>Pto. San Carlos</b> | 558                      | 85,2                      | 810                      | 95,7                      |
| <b>A. López Mateos</b> | 494                      | 97,2                      | 544                      | 99,0                      |
| <b>Santo Domingo</b>   | 134                      | 97,8                      | 159                      | 97,5                      |

Fuente: Elaborado con datos del Censo de 1990 y Conteo 95. INEGI.

**Tabla 5. Composición de la población por grado de alfabetización.**

| Localidad              | 1990      |      | 1995        |     |
|------------------------|-----------|------|-------------|-----|
|                        | Alfabetas | %    | Analfabetas | %   |
| <b>Mpio. Comondú</b>   | 56 441    | 91,2 | 5 432       | 8,8 |
| <b>Pto. San Carlos</b> | 2 464     | 93,3 | 177         | 6,7 |
| <b>A. López Mateos</b> | 1 869     | 94,1 | 117         | 5,9 |
| <b>Santo Domingo</b>   | 558       | 94,4 | 33          | 5,6 |

Fuente: XI Censo General de Población y Vivienda 1990 y Conteo 95. INEGI.

**Tabla 6. Principales características y valores de SCS obtenidos para cada sitio seleccionado para el cultivo de camarón.**

| SITIO            | NMST<br>Meses con temperatura adecuada para cultivo de camarón | VC<br>Cobertura de vegetación | ST<br>Textura del suelo | MWC<br>Circulación del agua marina | ORG<br>Orografía | SS<br>Salinidad del suelo | AS<br>Accesibilidad a servicios | SCS<br>Idoneidad para el cultivo de camarón |
|------------------|--|-------------------------------|-------------------------|------------------------------------|------------------|---------------------------|---------------------------------|---|
| La Soledad       | 1  | 1                             | 2                       | 0                                  | 1                | 1                         | 3                               | 60  |
| Islote San Gil   | 1  | 0                             | 1                       | 0                                  | 0                | 1                         | 0                               | 20  |
| Punta Banderitas | 1  | 1                             | 2                       | 1                                  | 1                | 2                         | 3                               | 73  |
| Estero San Buto  | 1  | 0                             | 2                       | 0                                  | 0                | 1                         | 3                               | 46  |
| Puerto Dátil     | 1  | 3                             | 3                       | 1                                  | 1                | 2                         | 3                               | 93  |
| Rancho Bueno     | 1  | 0                             | 2                       | 2                                  | 1                | 1                         | 3                               | 66  |

**Tabla 7. Principales características y valores de SCS obtenidos para cada sitio  
seleccionado para el cultivo de almeja.**

| Sitio              | ACS           | NMST                                | AVD                  | MCAS                                      | AAPD                                    | MSK                      | CCS                            |
|--------------------|---------------|-------------------------------------|----------------------|---|---|--------------------------|--------------------------------|
|                    | Accesibilidad | Meses con temperatura adecuada para | Profundidad promedio | Velocidad promedio de la corriente marina | Densidad promedio anual de fitoplancton | Tipo de substrato marino | Idoneidad de cultivo de almeja |
| 1 Santo Domingo    | 1             | 2                                   | 1                    | 1   | 1                                       | 1                        | 57                             |
| 2 Adolfo López     | 3             | 2                                   | 1                    | 1   | 1                                       | 1                        | 65                             |
| 3 Estero San Buto  | 2             | 2                                   | 2                    | 2   | 2                                       | 2                        | 90                             |
| 4 Estero Chisguete | 2             | 2                                   | 3                    | 1   | 1                                       | 1                        | 73                             |
| 5 Punta Cayuco     | 1             | 2                                   | 1                    | 1   | 2                                       | 1                        | 69                             |
| 6 Puerto Chale     | 3             | 2                                   | 1                    | 1   | 1                                       | 2                        | 65                             |
| 7 Rancho Bueno     | 2             | 2                                   | 1                    | 1   | 1                                       | 2                        | 65                             |